

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50476/2023 (51) Int. Cl.: **H01M 8/249** (2016.01)
(22) Anmeldetag: 19.06.2023 **H01M 8/04089** (2016.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2024 **H01M 8/04082** (2016.01)
H01M 8/04223 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2023006228 A1
US 2008026268 A1
CN 115663240 A

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

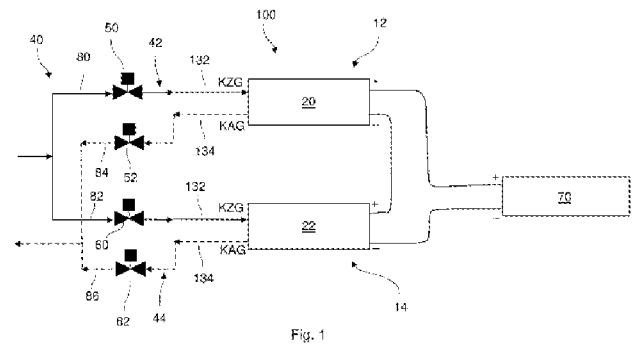
(72) Erfinder:
Weingrill David Dipl.-Ing.
8152 Stallhofen (AT)
Reiter Anton Markus Dr.
8200 Gleisdorf (AT)

(74) Vertreter:
Gamper Bettina Dr.techn.
8020 Graz (AT)

(54) **Regenerationsverfahren zum Regenerieren von Brennstoffzellenstapeln und Brennstoffzellenstapelsystem**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Regenerationsverfahren zum Regenerieren von elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln (20, 30, 22, 32), welche in Brennstoffzellenstapeleinheiten (12, 14) angeordnet sind, mittels eines Oxidationsmittelversorgungssystems (40) eines Brennstoffzellensystems (100). Das Regenerationsverfahren weist die folgenden Schritte auf:

- Versorgen von zumindest einer ersten Brennstoffzellenstapeleinheit (12) mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr gegenüber der Oxidationsmittelzufuhr bei Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit (12) mittels zumindest einem ersten Ventil (50) von zumindest einer ersten Oxidationsmittelleitungseinheit (42) des Oxidationsmittelversorgungssystems (40), und
- Versorgen von zumindest einer zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit (14) mit einer Oxidationsmittelzufuhr im Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit (14) mittels zumindest einem zweiten Ventil (60) von zumindest einer zweiten Oxidationsmittelleitungseinheit (44) des Oxidationsmittelversorgungssystems (40).



Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Regenerationsverfahren zum Regenerieren von elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln (20, 30, 22, 32), welche in Brennstoffzellenstapeleinheiten (12, 14) angeordnet sind, mittels eines Oxidationsmittelversorgungssystems (40) eines Brennstoffzellensystems (100). Das Regenerationsverfahren weist die folgenden Schritte auf:

- Versorgen von zumindest einer ersten Brennstoffzellenstapeleinheit (12) mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr gegenüber der Oxidationsmittelzufuhr bei Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit (12) mittels zumindest einem ersten Ventil (50) von zumindest einer ersten Oxidationsmittelleitungseinheit (42) des Oxidationsmittelversorgungssystems (40), und
- Versorgen von zumindest einer zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit (14) mit einer Oxidationsmittelzufuhr im Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit (14) mittels zumindest einem zweiten Ventil (60) von zumindest einer zweiten Oxidationsmittelleitungseinheit (44) des Oxidationsmittelversorgungssystems (40).

Fig. 1

Regenerationsverfahren zum Regenerieren von Brennstoffzellenstapeln und Brennstoffzellenstapelsystem

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Regenerationsverfahren zum Regenerieren von elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln, ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines solchen Regenerationsverfahrens sowie ein Brennstoffzellensystem.

Es ist bekannt, dass die Katalysatoren an den Kathoden von Brennstoffzellen mit der Zeit degradieren können, da sich auf den Katalysatoren eine Oxidschicht bildet. Durch eine verminderte Zufuhr von Oxidationsmittel, also z.B. von Luft, zu den Kathoden der Brennstoffzellen, lässt sich erreichen, dass sich eine solche Oxidschicht wieder zurückbildet. Diese Regenerationsverfahren werden bei in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln durchgeführt, in dem bei allen diesen Brennstoffzellenstapeln gleichzeitig die Zufuhr von Oxidationsmittel verringert wird. Auch wenn die Brennstoffzellenstapel elektrisch in Reihe, also seriell, geschaltet sind, ergibt sich dann eine Spannung nahe 0 V (Null Volt), da alle einzelnen Spannungen an den einzelnen Brennstoffzellenstapeln ebenfalls nahe 0 V sind. Dies führt zu Problemen mit einem herkömmlichen Konverter, welcher mit den elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln elektrisch verbunden ist. Auf diesem niedrigen Spannungsniveau von nahe 0 V sind herkömmliche Konverter nicht in der Lage, einen hohen Strom über einen längeren Zeitraum zu generieren.

Vor diesem Hintergrund besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Spannung eines in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapels während des Regenerationsprozesses nicht auf nahe 0 V sinken zu lassen.

Die voranstehenden Aufgaben werden gelöst durch ein Regenerationsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 8, und ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 9. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Regenerationsverfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem

erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt sowie dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Demgemäß wird ein Regenerationsverfahren zum Regenerieren von elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln bereitgestellt. Die in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel sind in Brennstoffzellenstapeleinheiten angeordnet. Das Regenerationsverfahren wird mittels eines Oxidationsmittelversorgungssystems eines Brennstoffzellensystems durchgeführt. Dabei weist das Regenerationsverfahren die folgenden Schritte auf:

- Versorgen von zumindest einer ersten Brennstoffzellenstapeleinheit mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr gegenüber der Oxidationsmittelzufuhr bei Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit mittels zumindest einem ersten Ventil von zumindest einer ersten Oxidationsmittelleitungseinheit des Oxidationsmittelversorgungssystems, und
- Versorgen von zumindest einer zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit mit einer Oxidationsmittelzufuhr im Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit mittels zumindest einem zweiten Ventil von zumindest einer zweiten Oxidationsmittelleitungseinheit des Oxidationsmittelversorgungssystems.

Dadurch, dass eine erste Brennstoffzellenstapeleinheit mit einer verminderten Oxidationsmittelzufuhr versorgt wird, kann sich diese Brennstoffzellenstapeleinheit regenerieren. Genauer regenerieren sich die Brennstoffzellen der Brennstoffzellenstapel der Brennstoffzellenstapeleinheit. Weiter wird eine zweite Brennstoffzellenstapeleinheit mit Oxidationsmittel versorgt, so dass jeder der Brennstoffzellenstapel der Brennstoffzellenstapeleinheit eine Spannung liefert. Da alle Brennstoffzellenstapel aller Brennstoffzellenstapeleinheiten in Reihe, d.h. seriell, geschaltet sind, liefert diese Reihenschaltung eine Spannung von deutlich größer 0 V. Die in elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel können demnach problemlos mit einem herkömmlichen Konverter zusammen betrieben werden, während ein Teil der Brennstoffzellenstapel regeneriert wird. Der Konverter kann die Stromstärke und die Spannung von den in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln in eine andere Stromstärke und in eine andere Spannung umwandeln.

Mittels dem ersten Ventil der ersten Oxidationsmittelleitungseinheit kann der Oxidationsmittelfluss zu der ersten Brennstoffzellenstapeleinheit kontrolliert werden. Dabei kann das erste Ventil den Oxidationsmittelfluss insbesondere stufenlos kontrollieren. Die einzelnen Brennstoffzellenstapel werden bevorzugt parallel mit der gleichen Oxidationsmittelmenge versorgt.

Mittels dem zweiten Ventil der zweiten Oxidationsmittelleitungseinheit kann der Oxidationsmittelfluss zu der zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit kontrolliert werden. Dabei kann das zweite Ventil den Oxidationsmittelfluss insbesondere stufenlos kontrollieren. Die einzelnen Brennstoffzellenstapel werden auch hier bevorzugt parallel mit der gleichen Oxidationsmittelmenge versorgt.

Unter der Oxidationsmittelzufuhr bei Normalbetrieb eine Brennstoffzellenstapeleinheit versteht man die Oxidationsmittelzufuhr, welche benötigt wird, damit die Brennstoffzellenstapeleinheit in der für sie bautechnisch vorgesehenen Weise optimal betrieben werden kann.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist das Regenerationsverfahren die folgenden weiteren Schritte auf:

- Wechseln von einer Versorgung der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr gegenüber der Oxidationsmittelzufuhr bei Normalbetrieb in eine Versorgung mit einer Oxidationsmittelzufuhr im Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit, und
- Wechseln von einer Versorgung der zumindest einen zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit mit einer Oxidationsmittelzufuhr im Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit in eine Versorgung mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr gegenüber der Oxidationsmittelzufuhr bei Normalbetrieb.

Dadurch, dass ein Wechsel stattfindet, welche Brennstoffzellenstapeleinheit mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr versorgt wird, und welche Brennstoffzellenstapeleinheit mit einer Oxidationsmittelzufuhr im Normalbetrieb versorgt wird, können alle Brennstoffzellenstapeleinheiten nacheinander regeneriert werden. Gleichzeitig ist sicher gestellt, dass immer eine Brennstoffzellenstapeleinheit eine ausreichend hohe Spannung zur Verfügung stellt. Prinzipiell kann es beliebig viele Brennstoffzellenstapeleinheiten geben. Dabei kann immer mindestens eine Brennstoffzellenstapeleinheit

regeneriert werden und immer mindestens eine Brennstoffzellenstapeleinheit eine ausreichend hohe Spannung zur Verfügung stellen.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Regenerationsverfahrens werden 50% der Brennstoffzellenstapel bei verminderter Oxidationsmittelzufuhr betrieben und 50% der Brennstoffzellenstapel bei einer Oxidationsmittelzufuhr im Normalbetrieb betrieben. Es werden also 1 von 2, 2 von 4, 3 von 6, 4 von 8 usw. Brennstoffzellenstapel bei verminderter Oxidationsmittelzufuhr betrieben. Vorteilhafterweise kann man damit eine schnelle Regeneration erreichen, da 50% der Brennstoffzellenstapel zur gleichen Zeit regeneriert werden können. Gleichzeitig stellen die elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel insgesamt eine ausreichend hohe Spannung zur Verfügung. Die Brennstoffzellenstapel können dabei in 2, 4, 6 usw. Brennstoffzellenstapeleinheiten angeordnet sein.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Regenerationsverfahrens wird immer nur ein Brennstoffzellenstapel bei verminderter Oxidationsmittelzufuhr gegenüber der Oxidationsmittelzufuhr bei Normalbetrieb betrieben. Dementsprechend kann die von den elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln zur Verfügung gestellte Spannung relativ hoch sein, da sich immer nur ein Brennstoffzellenstapel im Regenerationsmodus befindet.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Regenerationsverfahrens kommt bei der verminderten Oxidationsmittelzufuhr zu der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit an einzelnen Kathoden von Brennstoffzellen der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit so wenig Oxidationsmittel an, dass sich eine Oxidschicht auf Katalysatoren der einzelnen Kathoden zurückbildet. Vorteilhafterweise wird das stöchiometrische Verhältnis der für die chemische Reaktion an den Kathoden zur Verfügung gestellten Fluide so gewählt, dass es zu einer Herauslösung des Sauerstoffs aus der Oxidschicht auf den Katalysatoren der Kathoden kommt.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Regenerationsverfahrens wird immer zumindest ein Brennstoffzellenstapel mit Oxidationsmittel versorgt, so dass eine Spannung dieses Brennstoffzellenstapels immer größer als 0 V ist, und damit auch eine Spannung der elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel immer größer 0 V ist. Dadurch, dass bei den elektrisch in Reihe geschalteten

Brennstoffzellenstapeln die Spannung immer größer als 0 V ist, ist auch ein funktionsfähiges Zusammenwirken mit einem Konverter gegeben.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Regenerationsverfahrens wird eine Untergrenze für eine Spannung der elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel festgelegt, und eine Anzahl der Brennstoffzellenstapel, welche mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr betrieben werden, wird so gewählt, dass die Spannung der elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel die Untergrenze nicht unterschreitet. Da die Untergrenze der Spannung nicht unterschritten wird, kann auch ein funktionsfähiges Zusammenwirken mit einem Konverter garantiert werden.

Weiter wird ein Computerprogrammprodukt bereitgestellt. Das Computerprogrammprodukt weist Befehle auf, welche bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen die Schritte eines erfindungsgemäßen Regenerationsverfahrens auszuführen. Damit bringt auch ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Regenerationsverfahren erläutert worden sind.

Weiter wird ein Brennstoffzellensystem zum Erzeugen von elektrischer Leistung mit elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln bereitgestellt. Das Brennstoffzellensystem umfasst zumindest eine erste Brennstoffzellenstapeleinheit mit zumindest einem ersten Brennstoffzellenstapel, zumindest eine zweite Brennstoffzellenstapeleinheit mit zumindest einem zweiten Brennstoffzellenstapel, wobei alle Brennstoffzellenstapel elektrisch in Reihe geschaltet sind, und einen Konverter, welcher mit den in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln elektrisch verbunden ist. Weiter weist das Brennstoffzellensystem ein Oxidationsmittelversorgungssystem auf. Das Oxidationsmittelversorgungssystem ist zum Regenerieren der in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel eingerichtet. Weiter umfasst das Oxidationsmittelversorgungssystem zumindest eine erste Oxidationsmittelleitungseinheit mit zumindest einem ersten Ventil und zumindest eine zweite Oxidationsmittelleitungseinheit mit zumindest einem zweiten Ventil. Dabei ist die zumindest eine erste Oxidationsmittelleitungseinheit mit der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit fluidkommunizierend verbunden, um eine Oxidationsmittelzufuhr zu der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit über das zumindest eine erste Ventil zu kontrollieren. Weiter ist die zumindest eine zweite Oxidationsmittelleitungseinheit mit der

zumindest einen zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit fluidkommunizierend verbunden, um eine Oxidationsmittelzufuhr zu der zumindest einen zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit über das zumindest eine zweite Ventil zu kontrollieren.

Das Oxidationsmittelversorgungssystem ist insofern zum Regenerieren der in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel eingerichtet, als dass mit ihm der Zufluss von Oxidationsmittel zu den einzelnen Brennstoffzellenstapeleinheiten kontrolliert werden kann. Dadurch, dass der Zufluss von Oxidationsmittel zu den einzelnen Brennstoffzellenstapeleinheiten kontrolliert wird, kann auch kontrolliert werden, welche Menge an Oxidationsmittel mit den Katalysatoren der Kathoden der einzelnen Brennstoffzellen in Berührung kommt. Bei einer stark verringerten Menge an Oxidationsmittel kann es zu einer Regeneration der Katalysatoren kommen.

Dadurch, dass der Zufluss von Oxidationsmittel zu den einzelnen Brennstoffzellenstapeleinheiten kontrolliert wird, kann sichergestellt werden, dass zumindest immer eine Brennstoffzellenstapeleinheit mit ausreichend Oxidationsmittel versorgt wird. Dementsprechend wird erreicht, dass die Spannung der in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel immer einen gewissen Betrag erreicht und nicht auf 0 V sinkt.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel des Brennstoffzellensystems umfasst jeder Brennstoffzellenstapel einen Anodenabschnitt und einen Kathodenabschnitt. Dabei weist der Kathodenabschnitt einen Kathodenzuführabschnitt zum Zuführen von Kathodenzuführgas aufweisend Oxidationsmittel und einen Kathodenabführabschnitt zum Abführen von Kathodenabgas auf. Weiter weist der Anodenabschnitt einen Anodenzuführabschnitt zum Zuführen von Anodenzuführgas und einem Anodenabführabschnitt zum Abführen von Anodenabgas auf. Die Brennstoffzellenstapel können alle einheitlich aufgebaut sein. Dies ermöglicht eine einfache Skalierung des Brennstoffzellensystems.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Brennstoffzellensystems weist die zumindest eine erste Oxidationsmittelleitungseinheit eine Oxidationsmittelzuführleitung zum Zuführen von Kathodenzuführgas aufweisend Oxidationsmittel zu der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit und eine Oxidationsmittelabführleitung zum Abführen von Kathodenabgas von der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit auf. Weiter weist die zumindest eine zweite Oxidationsmittelleitungseinheit eine Oxidationsmittelzuführleitung zum Zuführen von

Kathodenzuführungsgas aufweisend Oxidationsmittel zu der zumindest einen zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit und eine Oxidationsmittelabfuhrleitung zum Abführen von Kathodenabgas von der zumindest einen zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit auf. Dabei kann das zumindest eine erste Ventil in der Oxidationsmittelzufuhrleitung der zumindest einen ersten Oxidationsmittelleitungseinheit und/oder in der Oxidationsmittelabfuhrleitung der zumindest einen ersten Oxidationsmittelleitungseinheit angeordnet sein. Weiter kann das zumindest eine zweite Ventil in der Oxidationsmittelzufuhrleitung der zumindest einen zweiten Oxidationsmittelleitungseinheit und/oder in der Oxidationsmittelabfuhrleitung der zumindest einen zweiten Oxidationsmittelleitungseinheit angeordnet sein. Vorteilhafterweise kann ein Ventil sowohl in der Oxidationsmittelzufuhrleitung als auch in der Oxidationsmittelabfuhrleitung angeordnet sein, da es keine Rolle spielt an welcher Stelle in der Leitung der Fluidfluss verzögert wird.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Brennstoffzellensystems ist die zumindest eine erste Oxidationsmittelleitungseinheit mit 50% aller Brennstoffzellenstapel fluidkommunizierend verbunden. Weiter ist die zumindest eine zweite Oxidationsmittelleitungseinheit mit 50% aller Brennstoffzellenstapel fluidkommunizierend verbunden. Dadurch, dass die Verteilung 50% zu 50% beträgt, kann sichergestellt werden, dass die Regenerierung schnell möglich ist, da 50% aller Brennstoffzellenstapel gleichzeitig regeneriert werden können. Gleichzeitig können aber die restlichen 50% der Brennstoffzellenstapel für eine ausreichend hohe Spannung der elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel sorgen. Alternativ sind auch andere Verteilungen wie zum Beispiel 90% zu 10%, 80% zu 20%, 70% zu 30% oder 60% zu 40% möglich.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Brennstoffzellensystems ist jede Oxidationsmittelleitungseinheit mit genau einem Brennstoffzellenstapel fluidkommunizierend verbunden. Vorteilhafterweise kann dann der Oxidationsmittelfluss zu jedem Brennstoffzellenstapel separat und individuell kontrolliert werden.

Weitere mögliche Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale. Dabei wird der Fachmann auch Einzelaspekte als

Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der Erfindung hinzufügen.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems;
- Fig. 2 eine schematische Ansicht eines einzelnen Brennstoffzellenstapels;
- Fig. 3 eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems; und
- Fig. 4 ein Flussdiagramm eines erfindungsgemäßen Regenerationsverfahrens.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 100 zum Erzeugen von elektrischer Leistung. Das Brennstoffzellensystem 100 weist eine erste Brennstoffzellenstapeleinheit 12, eine zweite Brennstoffzellenstapeleinheit 14, einen Konverter 70 und ein Oxidationsmittelversorgungssystem 40 auf. Die erste Brennstoffzellenstapeleinheit 12 enthält einen Brennstoffzellenstapel 20 und die zweite Brennstoffzellenstapeleinheit 14 enthält ebenfalls einen Brennstoffzellenstapel 22. Die beiden Brennstoffzellenstapel 20, 22 sind elektrisch in Reihe geschaltet und elektrisch mit dem Konverter 70 verbunden. Der Konverter 70 dient dazu die Spannung und den Strom der elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel 20, 22 entsprechend umzuwandeln.

Das Oxidationsmittelversorgungssystem 40 weist eine erste Oxidationsmittelleitungseinheit 42 und eine zweite Oxidationsmittelleitungseinheit 44 auf. Die erste Oxidationsmittelleitungseinheit 42 umfasst eine Oxidationsmittelzuführleitung 80, ein Ventil 50, eine Oxidationsmittelabführleitung 84 und ein Ventil 52. Weiter umfasst die zweite Oxidationsmittelleitungseinheit 44 eine Oxidationsmittelzuführleitung 82, ein Ventil 60, eine Oxidationsmittelabführleitung 86 und ein Ventil 62. Über die Ventile 50, 52, 60, 62 kann der Oxidationsmittelfluss zu und von den Brennstoffzellenstapeleinheiten 12, 14 kontrolliert werden.

Kathodenzuführgas KZG, welches letztendlich den Kathoden der einzelnen Brennstoffzellen der Brennstoffzellenstapel 20, 22 zugeführt werden soll, wird nach dem Eingang in das Oxidationsmittelversorgungssystem 40 zunächst in die beiden Oxidationsmittelzuführleitungen 80, 82 aufgeteilt. Das Kathodenzuführgas KZG enthält das Oxidationsmittel, z.B. Luft, reiner Sauerstoff oder dergleichen. Über die Ventile 50, 60 gelangt das Kathodenzuführgas KZG zu dem Kathodenzuführabschnitt 132 des jeweiligen Brennstoffzellenstapels 20, 22. Das während des Betriebs des Brennstoffzellensystems 100 entstehende Kathodenabgas KAG wird über die Kathodenabführabschnitte 134 und über die sich in den Oxidationsmittelabführleitungen 84, 86 befindlichen Ventile 52, 62 zur gemeinsamen Abgasstelle geleitet. Der Leitungsweg für das Anodenzuführgas AZG, welches den Brennstoff enthält, und das Anodenabgas AAG ist in Fig. 1 nicht dargestellt.

Mittels des Oxidationsmittelversorgungssystems 40 kann dementsprechend der Oxidationsmittelfluss zu den Brennstoffzellenstapeleinheiten 12, 14 kontrolliert werden. Dementsprechend kann mittels des Oxidationsmittelversorgungssystems 40 auch die Regeneration der Brennstoffzellenstapeleinheiten 12, 14 kontrolliert werden. Zudem kann deswegen auch die Spannung der elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel 20, 22 kontrolliert werden.

Wie in der Fig. 1 dargestellt, weist jede Brennstoffzellenstapeleinheiten 12, 14 genau einen Brennstoffzellenstapel 20, 22 auf. Jede Brennstoffzellenstapeleinheit 12, 14 kann aber auch mehrere Brennstoffzellenstapel 20, 30, 22, 32, z.B. zwei, drei, vier, fünf, oder noch mehr Brennstoffzellenstapel aufweisen (siehe Fig. 3). Alternativ sind auch mehrere Oxidationsmittelleitungseinheiten 42, 44 und damit fluidkommunizierend verbundene mehrere Brennstoffzellenstapeleinheiten 12, 14 möglich.

In Fig. 2 ist eine schematische Ansicht eines einzelnen Brennstoffzellenstapels 20, 30, 22, 32 zu sehen. Der Brennstoffzellenstapel 20, 30, 22, 32 kann schematisch in einen Anodenabschnitt 120 und in einen Kathodenabschnitt 130 aufgeteilt werden. Über einen Anodenzuführabschnitt 122 wird Anodenzuführgas AZG dem Anodenabschnitt 120 zugeführt. Bei dem Betrieb des Brennstoffzellensystems 100 entstehendes Anodenabgas AAG wird aus dem Anodenabschnitt 120 über den Anodenabgasabschnitt 124 abgeführt. In ähnlicher Weise wird Kathodenzuführgas KZG über den Kathodenzuführabschnitt 132 dem Kathodenabschnitt 130 zugeführt. Das ebenfalls

während dem Betrieb entstehende Kathodenabgas KAG wird in gleicher Weise über den Kathodenabführabschnitt 134 aus dem Kathodenabschnitt 130 herausgefördert. Über den Kathodenzuführabschnitt 132 und den Kathodenabführabschnitt 134 kann der Kreislauf mit dem Oxidationsmittel kontrolliert werden. Damit kann auch kontrolliert werden welche Menge an Oxidationsmittel zu dem Brennstoffzellenstapel 20, 30, 22, 32 und dementsprechend auch welche Menge an Oxidationsmittel zu den einzelnen Kathoden der Brennstoffzellen gelangt.

Fig. 3 zeigt eine schematische Ansicht eines weiteren erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 100. Im Folgenden werden nur die Unterschiede zu dem in der Fig. 1 dargestellten Brennstoffzellensystem 100 erläutert. Wie die Fig. 3 zeigt, weist die Brennstoffzellenstapeleinheit 12 den Brennstoffzellenstapel 20 und den Brennstoffzellenstapel 30 auf. Weiter enthält die Brennstoffzellenstapeleinheit 14 den Brennstoffzellenstapel 22 und den Brennstoffzellenstapel 32. Dementsprechend wird das von der Oxidationsmittelzuführleitung 80 kommende Kathodenzuführgas KZG auf die beiden Kathodenzuführabschnitte 132 der beiden Brennstoffzellenstapel 20, 30 aufgeteilt und das von der Oxidationsmittelzuführleitung 82 kommende Kathodenzuführgas KZG auf die beiden Kathodenzuführabschnitte 132 der beiden Brennstoffzellenstapel 22, 32 aufgeteilt. Das von den beiden Kathodenabführabschnitten 134 der beiden Brennstoffzellenstapel 20, 30 kommende Kathodenabgas KAG wird bei der Oxidationsmittelabführleitung 84 zusammengeführt. Weiter wird das von den beiden Kathodenabführabschnitten 134 der beiden Brennstoffzellenstapel 22, 32 kommende Kathodenabgas KAG bei der Oxidationsmittelabführleitung 86 zusammengeführt.

In Fig. 4 ist ein Flussdiagramm eines erfindungsgemäßen Regenerationsverfahrens zu sehen. Das Regenerationsverfahren dient zum Regenerieren der elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel 20, 30, 22, 32 mittels des Oxidationsmittelversorgungssystems 40 des Brennstoffzellensystems 100. Dabei sind die Brennstoffzellenstapel 20, 30, 22, 32 in Brennstoffzellenstapeleinheiten 12, 14 angeordnet. Ein solches Regenerationsverfahren kann mit den in den Fig. 1 und 3 dargestellten Brennstoffzellensystemen 100 durchgeführt werden. Das Regenerationsverfahren umfasst die folgenden Schritte:

In Schritt S1 wird die erste Brennstoffzellenstapeleinheit 12 mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr gegenüber der Oxidationsmittelzufuhr bei Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit 12 versorgt. Dabei wird die Oxidationsmittelzufuhr über ein Ventil 50, 52 der Oxidationsmittelleitungseinheit 42 des Oxidationsmittelversorgungssystems 40 kontrolliert.

In Schritt S2 wird die zweite Brennstoffzellenstapeleinheit 14 mit einer Oxidationsmittelzufuhr im Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit 14 versorgt. Dabei wird die Oxidationsmittelzufuhr über ein Ventil 60, 62 der Oxidationsmittelleitungseinheit 44 des Oxidationsmittelversorgungssystems 40 kontrolliert.

Anschließend kann ein Wechsel stattfinden, so dass dann die erste Brennstoffzellenstapeleinheit 12 eine Versorgung mit Oxidationsmittel im Normalbetrieb erhält und die zweite Brennstoffzellenstapeleinheit 14 mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr gegenüber Normalbetrieb betrieben wird.

Mittels des beschriebenen Regenerationsverfahrens wird erreicht, dass immer zumindest eine Brennstoffzellenstapeleinheit 12, 14 regeneriert wird, während weitere Brennstoffzellenstapeleinheiten 12, 14 mit ausreichend Oxidationsmittel versorgt werden und damit im Normalbetrieb laufen. Deswegen sinkt der Wert der Spannung der elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel 20, 30, 22, 32 zu keinem Zeitpunkt auf 0 V bzw. unter einen vorher festgelegten Spannungswert.

Bezugszeichenliste

12	Brennstoffzellenstapeleinheit
14	Brennstoffzellenstapeleinheit
20	Brennstoffzellenstapel
22	Brennstoffzellenstapel
30	Brennstoffzellenstapel
32	Brennstoffzellenstapel
40	Oxidationsmittelversorgungssystem
42	Oxidationsmittelleitungseinheit
44	Oxidationsmittelleitungseinheit
50	Ventil
52	Ventil
60	Ventil
62	Ventil
70	Konverter
80	Oxidationsmittelzuführleitung
82	Oxidationsmittelzuführleitung
84	Oxidationsmittelabführleitung
86	Oxidationsmittelabführleitung
100	Brennstoffzellensystem
120	Anodenabschnitt
122	Anodenzuführabschnitt
124	Anodenabführabschnitt
130	Kathodenabschnitt
132	Kathodenzuführabschnitt
134	Kathodenabführabschnitt
AZG	Anodenzuführgas
AAG	Anodenabgas
KZG	Kathodenzuführgas
KAG	Kathodenabgas
S1	Schritt 1
S2	Schritt 2

Patentansprüche

1. Regenerationsverfahren zum Regenerieren von elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln (20, 30, 22, 32), welche in Brennstoffzellenstapeleinheiten (12, 14) angeordnet sind, mittels eines Oxidationsmittelversorgungssystems (40) eines Brennstoffzellensystems (100), **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
 - Versorgen von zumindest einer ersten Brennstoffzellenstapeleinheit (12) mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr gegenüber der Oxidationsmittelzufuhr bei Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit (12) mittels zumindest einem ersten Ventil (50, 52) von zumindest einer ersten Oxidationsmittelleitungseinheit (42) des Oxidationsmittelversorgungssystems (40), und
 - Versorgen von zumindest einer zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit (14) mit einer Oxidationsmittelzufuhr im Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit (14) mittels zumindest einem zweiten Ventil (60, 62) von zumindest einer zweiten Oxidationsmittelleitungseinheit (44) des Oxidationsmittelversorgungssystems (40).
2. Regenerationsverfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die weiteren Schritte:
 - Wechseln von einer Versorgung der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit (12) mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr gegenüber der Oxidationsmittelzufuhr bei Normalbetrieb in eine Versorgung mit einer Oxidationsmittelzufuhr im Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit (12), und
 - Wechseln von einer Versorgung der zumindest einen zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit (14) mit einer Oxidationsmittelzufuhr im Normalbetrieb der Brennstoffzellenstapeleinheit (14) in eine Versorgung mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr gegenüber der Oxidationsmittelzufuhr bei Normalbetrieb.
3. Regenerationsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** 50% der Brennstoffzellenstapel (20, 30, 22, 32) bei verminderter Oxidationsmittelzufuhr betrieben werden, und dass 50% der Brennstoffzellenstapel

- (22, 32, 20, 30) bei einer Oxidationsmittelzufuhr im Normalbetrieb betrieben werden.
4. Regenerationsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** immer nur ein Brennstoffzellenstapel (20, 30, 22, 32) bei verminderter Oxidationsmittelzufuhr gegenüber der Oxidationsmittelzufuhr bei Normalbetrieb betrieben wird.
 5. Regenerationsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der verminderten Oxidationsmittelzufuhr zu der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit (12) an einzelnen Kathoden von Brennstoffzellen der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit (12) so wenig Oxidationsmittel ankommt, dass sich eine Oxidschicht auf Katalysatoren der einzelnen Kathoden zurückbildet.
 6. Regenerationsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** immer zumindest ein Brennstoffzellenstapel (20, 30, 22, 32) mit Oxidationsmittel versorgt wird, so dass eine Spannung dieses Brennstoffzellenstapels (20, 30, 22, 32) immer größer als 0 V ist, und damit auch eine Spannung der elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel (20, 30, 22, 32) immer größer 0 V ist.
 7. Regenerationsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Untergrenze für eine Spannung der elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel (20, 30, 22, 32) festgelegt wird, und eine Anzahl der Brennstoffzellenstapel (20, 30, 22, 32), welche mit verminderter Oxidationsmittelzufuhr betrieben werden, so gewählt wird, dass die Spannung der elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel (20, 30, 22, 32) die Untergrenze nicht unterschreitet.
 8. Computerprogrammprodukt, aufweisend Befehle, welche bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen die Schritte eines Regenerationsverfahrens mit Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen.
 9. Brennstoffzellensystem (100) zum Erzeugen von elektrischer Leistung mit elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln (20, 30, 22, 32), aufweisend

zumindest eine erste Brennstoffzellenstapeleinheit (12) mit zumindest einem ersten Brennstoffzellenstapel (20),

zumindest eine zweite Brennstoffzellenstapeleinheit (14) mit zumindest einem zweiten Brennstoffzellenstapel (22), wobei alle Brennstoffzellenstapel (20, 30, 22, 32) elektrisch in Reihe geschaltet sind, und

einen Konverter (70), welcher mit den in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapeln (20, 30, 22, 32) elektrisch verbunden ist,

gekennzeichnet durch

ein Oxidationsmittelversorgungssystem (40), eingerichtet zum Regenerieren der in Reihe geschalteten Brennstoffzellenstapel (20, 30, 22, 32), umfassend zumindest eine erste Oxidationsmittelleitungseinheit (42) mit zumindest einem ersten Ventil (50, 52) und zumindest eine zweite Oxidationsmittelleitungseinheit (44) mit zumindest einem zweiten Ventil (60, 62), wobei die zumindest eine erste Oxidationsmittelleitungseinheit (42) mit der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit (12) fluidkommunizierend verbunden ist, um eine Oxidationsmittelzufuhr zu der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit (12) über das zumindest eine erste Ventil (50, 52) zu kontrollieren, wobei die zumindest eine zweite Oxidationsmittelleitungseinheit (44) mit der zumindest einen zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit (14) fluidkommunizierend verbunden ist, um eine Oxidationsmittelzufuhr zu der zumindest einen zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit (14) über das zumindest eine zweite Ventil (60, 62) zu kontrollieren.

10. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Brennstoffzellenstapel (20, 30, 22, 32) einen Anodenabschnitt (120) und einen Kathodenabschnitt (130) umfasst, wobei der Kathodenabschnitt (130) einen Kathodenzuführabschnitt (132) zum Zuführen von Kathodenzuführgas (KZG) aufweisend Oxidationsmittel und einen Kathodenabführabschnitt (134) zum Abführen von Kathodenabgas (KAG) aufweist, und wobei der Anodenabschnitt (120) einen Anodenzuführabschnitt (122) zum Zuführen von Anodenzuführgas (AZG) und einem Anodenabführabschnitt (124) zum Abführen von Anodenabgas (AAG) aufweist.

11. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine erste Oxidationsmittelleitungseinheit (42) eine Oxidationsmittelzuführleitung (80) zum Zuführen von Kathodenzuführgas (KZG) aufweisend Oxidationsmittel zu der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit (12) und eine Oxidationsmittelabführleitung (84) zum Abführen von Kathodenabgas (KAG) von der zumindest einen ersten Brennstoffzellenstapeleinheit (12) aufweist, und dass die zumindest eine zweite Oxidationsmittelleitungseinheit (44) eine Oxidationsmittelzuführleitung (82) zum Zuführen von Kathodenzuführgas (KZG) aufweisend Oxidationsmittel zu der zumindest einen zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit (14) und eine Oxidationsmittelabführleitung (86) zum Abführen von Kathodenabgas (KAG) von der zumindest einen zweiten Brennstoffzellenstapeleinheit (14) aufweist, wobei das zumindest eine erste Ventil (50, 52) in der Oxidationsmittelzuführleitung (80) der zumindest einen ersten Oxidationsmittelleitungseinheit (42) und/oder in der Oxidationsmittelabführleitung (84) der zumindest einen ersten Oxidationsmittelleitungseinheit (42) angeordnet ist, und/oder wobei das zumindest eine zweite Ventil (60, 62) in der Oxidationsmittelzuführleitung (82) der zumindest einen zweiten Oxidationsmittelleitungseinheit (44) und/oder in der Oxidationsmittelabführleitung (86) der zumindest einen zweiten Oxidationsmittelleitungseinheit (44) angeordnet ist.
12. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine erste Oxidationsmittelleitungseinheit (42) mit 50% aller Brennstoffzellenstapel (20, 30) fluidkommunizierend verbunden ist, und dass die zumindest eine zweite Oxidationsmittelleitungseinheit (44) mit 50% aller Brennstoffzellenstapel (22, 32) fluidkommunizierend verbunden ist.
13. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Oxidationsmittelleitungseinheit (42, 44) mit genau einem Brennstoffzellenstapel (20, 30, 22, 32) fluidkommunizierend verbunden ist.

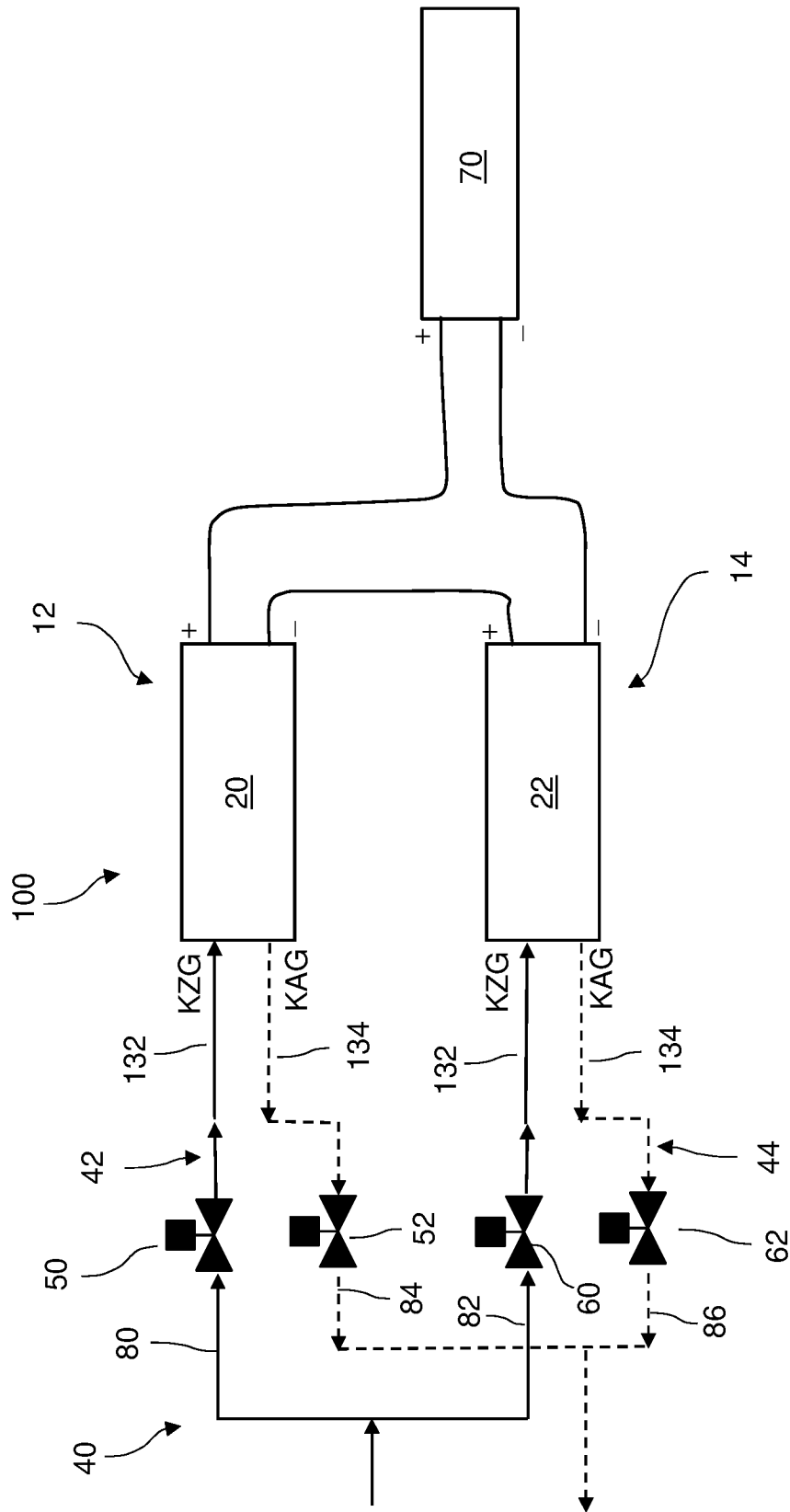


Fig. 1

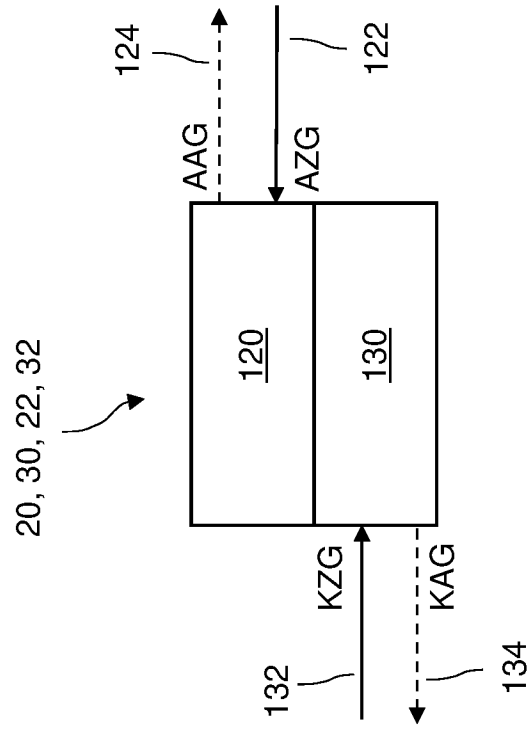


Fig. 2

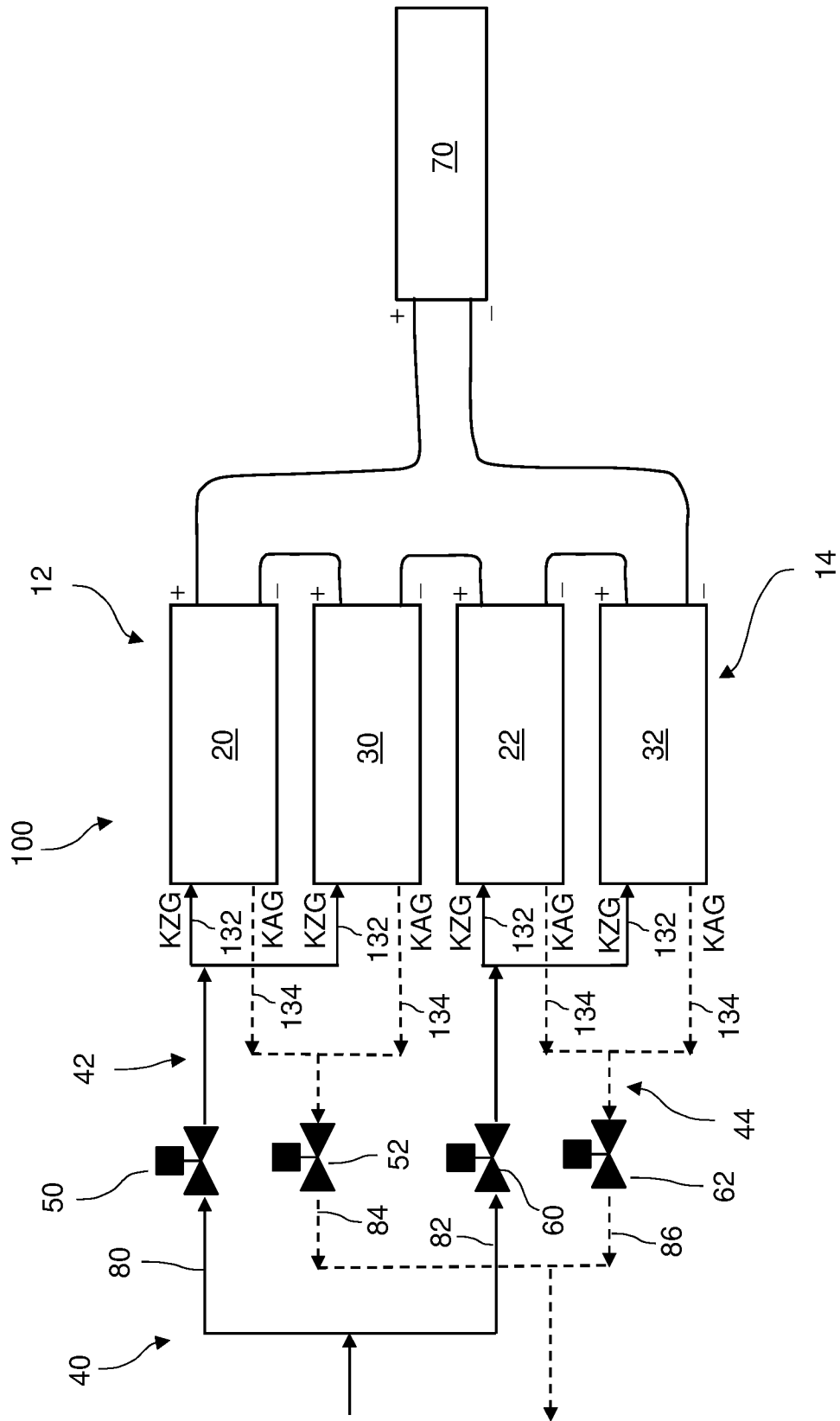


Fig. 3

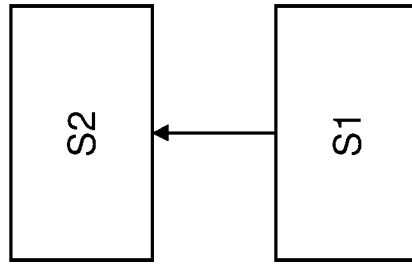


Fig. 4

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: H01M 8/249 (2016.01); H01M 8/04089 (2016.01); H01M 8/04082 (2016.01); H01M 8/04223 (2016.01)		
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: H01M 8/249 (2016.02); H01M 8/04089 (2016.02); H01M 8/04201 (2016.02); H01M 8/04238 (2016.02)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): H01M		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, Volltextpatentdatenbanken, Nichtpatentliteratur		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 19.06.2023 eingereichten Ansprüchen 1-13 erstellt.		
Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 2023006228 A1 (MICOUD FABRICE [FR], MORIN ARNAUD [FR], POIROT-CROUVEZIER JEAN-PHILIPPE [FR], VANDENBERGHE FLORENT [FR]) 05. Januar 2023 (05.01.2023) Figuren 1 bis 3, Beschreibung	1-13
A	US 2008026268 A1 (ZENG YIXIN [JP]) 31. Januar 2008 (31.01.2008) gesamtes Dokument	1-13
A	CN 115663240 A (SHANGHAI QINGCHEN NEW ENERGY TECH CO LTD) 31. Januar 2023 (31.01.2023) (übersetzt) [online] [abgerufen am 09.02.2024]. Abgerufen von EPOQUE: TXPMTCEA / EPO gesamtes Dokument	1-13
Datum der Beendigung der Recherche: 12.02.2024		Seite 1 von 1
		Prüfer(in): PLESSL Christof
*) Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.		
A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		