

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 833/2006**
(22) Anmeldetag: **15.05.2006**
(43) Veröffentlicht am: **15.06.2007**

(51) Int. Cl.⁸: **H01M 8/20** (2006.01),
H01M 8/24 (2006.01)

(73) Patentanmelder:

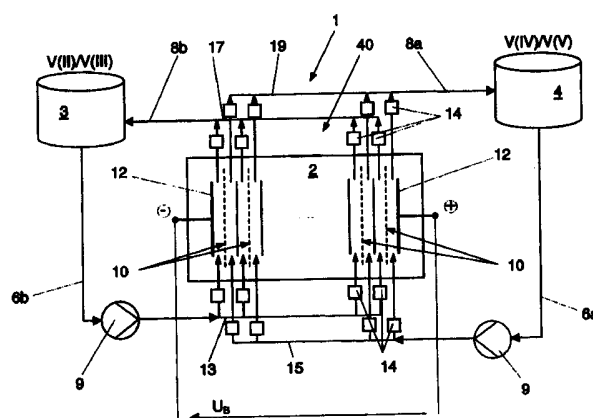
FUNKTIONSWERKSTOFFE
FORSCHUNG- U. ENTWICKLUNGS
GMBH
A-7000 EISENSTADT (AT)

(72) Erfinder:

HARDING WHITEHEAD ADAM DR.
EISENSTADT (AT)
BALVANOVIC TOMISLAV
PARNDORF (AT)
BUCSICH HERBERT
ANTAU (AT)
HARRER MARTIN DIPL.ING.
WIEN (AT)

(54) **ELEKTROCHEMISCHER STRÖMUNGSMODUL MIT EINER EINRICHTUNG ZUM
UNTERDRÜCKEN EINES ELEKTRISCHEN NEBENSCHLUSSTROMES**

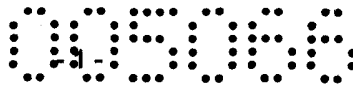
(57) In elektrochemischen Strömungsmodulen bestehend aus Strömungsreaktoren mit einer Anzahl von Zellen entstehen Nebenschlussströme, die einen Wirkungsgradverlust darstellen und die auch zu einer Selbstentladung eines solchen Strömungsmoduls führen können. Die vorliegende Erfindung beschreibt nun einen elektrochemischen Strömungsmodul (40) mit einer Einrichtung (14) zur Unterdrückung von Nebenschlussströmen (i_s), mittels der im Elektrolytflüssigkeitskreislauf eine Phase einer elektrisch nicht leitenden Flüssigkeit unterschiedlicher Dichte als die Elektrolytflüssigkeit angeordnet wird.



Zusammenfassung:

In elektrochemischen Strömungsmodulen bestehend aus Strömungsreaktoren mit einer Anzahl von Zellen entstehen Nebenschlussströme, die einen Wirkungsgradverlust darstellen und die auch zu einer Selbstentladung eines solchen Strömungsmoduls führen können. Die vorliegende Erfindung beschreibt nun einen elektrochemischen Strömungsmodul (40) mit einer Einrichtung (14) zur Unterdrückung von Nebenschlussströmen (i_s), mittels der im Elektrolytflüssigkeitskreislauf eine Phase einer elektrisch nicht leitenden Flüssigkeit unterschiedlicher Dichte als die Elektrolytflüssigkeit angeordnet wird.

Fig. 2

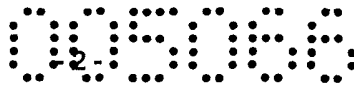


Die gegenständliche Erfindung betrifft einen elektrochemischen Strömungsmodul mit zumindest einem Strömungsreaktor mit einer Anzahl von Zellen und zumindest je einer Verteilleitung zur Zufuhr von Elektrolytflüssigkeit zu den Zellen und einer Sammelleitung zur Abfuhr von Elektrolytflüssigkeit von den Zellen und zumindest einer Einrichtung zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes, sowie eine Verwendung des elektrochemischen Strömungsmodul in einer Redox-Durchflussbatterie.

Elektrochemische Strömungsmodule, wie z.B. eine Redox-Durchflussbatterie, bestehen in der Regel aus einem oder mehreren Strömungsreaktoren aus jeweils einer oder mehreren Zellen. Jede Zelle hat zumindest eine positive und eine negative Platte, angeordnet in einem isolierenden Rahmen, der die elektrochemische Kammer festlegt. Die Kammer kann dabei durch eine Membran (Ion-Austauschmembran, mikroporöse Membran, etc.) geteilt werden. Jede Zelle oder jede Zellhälfte im Falle einer geteilten Kammer wird von einer Elektrolytflüssigkeit durchströmt, die über eine Zuführung zugeführt und nach dem Durchströmen der Zelle über eine Abführung abgeführt wird. Die Zuführungen benachbarter Zellen eines Reaktors mit mehreren Zellen sind typischerweise mit einem Zuführkanal (intern oder extern) verbunden. Die Abführungen sind in ähnlicher Weise mit einem Abführkanal (intern oder extern) verbunden. Ungeteilte Zellen haben folglich eine Zuführung und eine Abführung und geteilte Zellen eine Zuführung und eine Abführung für jede Zellhälfte. Wenn eine Spannung zwischen der positiven und negativen Endplatte angelegt wird, liegt jede dazwischen liegende Platte des Reaktors auf einem bestimmten Spannungsniveau, je nach der Position der Platte im Reaktor, also z.B. je positiver umso näher an der positiven Endplatte. Daher existieren durchgehende Elektrolytflüssigkeitsvolumen zwischen vielen Elektroden unterschiedlicher Potentiale. Das führt zu sogenannten Nebenschlussströmen, die durch die Zellen und die Abführ- bzw. Zuführkanäle fließen. Diese Nebenschlussströme verursachen einen Wirkungsgradverlust, da diese die Gesamtspannung des Elektrochemische Strömungsreaktors verringern. Im Falle einer Redox-Durchflussbatterie sind solche Nebenschlussströme auch Verursacher einer Selbstentladung.

Im Stand der Technik finden sich eine Reihe von Methoden, solche Nebenschlussströme zu unterbinden bzw. zu unterdrücken:

Die Nebenschlussströme steigen, wenn mehrere Strömungsreaktoren mit einer oder mehreren Zelle(n) seriell zusammengeschaltet werden und dieselbe Elektrolytflüssigkeit teilen. Eine Methode zur Unterdrückung solcher Nebenschlussströme liegt also darin, jede Zelle oder Reaktoren mit einer geringen Anzahl von Zellen elektrisch parallel zu schalten. Das würde jedoch den Gesamtstrom erhöhen und damit Kabel, Schalter und andere elektrische Einrichtungen mit einer höheren Nennleistung nötig machen, was wiederum teuer wäre.



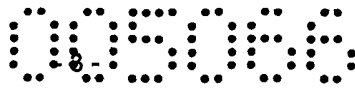
Eine andere Möglichkeit ist, getrennte Elektrolytflüssigkeitsquellen für die einzelnen Zellen oder Unterreaktoren zu verwenden, wie z.B. in der JP 2000 149 975 A beschrieben. Dazu würde man aber natürlich zusätzliche Elektrolytflüssigkeitsbehälter und -pumpen benötigen, was wiederum die Kosten einer solchen Anlage erhöhen würde.

- 5 Eine weitere einfache Methode zur Unterdrückung bzw. Verringerung von Nebenschlussströmen ist den elektrischen Widerstand der Elektrolytflüssigkeit bzw. im Elektrolytflüssigkeitskreislauf zu erhöhen. Dies könnte einfach durch Reduzieren des Durchmessers der Flüssigkeitsleitungen oder durch Verlängern der Flüssigkeitsleitungen bewirkt werden. Beide Möglichkeiten erhöhen jedoch den Strömungswiderstand und damit auch die Pumpverluste
10 und reduzieren somit den Gesamtwirkungsgrad einer solchen Anlage.

Andere Ansätze sehen Unterbrechungen im Elektrolytkreislauf vor, wie z.B. in der *CR 50* US 4 533 455 A, der CH 206 960 und der JP 62 160 664 A beschrieben. Bei all diesen Anordnungen werden im Elektrolytkreislauf eine gasförmige Unterbrechung und damit auch eine elektrische Unterbrechung vorgesehen, womit Nebenschlussströme unterbunden werden. Diese
15 Einrichtungen sind jedoch konstruktiv aufwendig und fehleranfällig. Außerdem kann eine gasförmige Unterbrechung nicht zuverlässig im Elektrolytkreislauf aufrecht erhalten werden, da sich das Gas im Elektrolyt lösen würde, womit ein ständiges Nachfüllen des Gases erforderlich wäre, womit der Aufwand einer solchen Anordnung weiter steigt.

Es ist daher eine Aufgabe der gegenständlichen Erfindung einen elektrochemischen Strömungsmodul mit einer Einrichtung zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes anzugeben, die konstruktiv einfach aufgebaut ist, die sicher und zuverlässig mit geringem Aufwand und Verlust betrieben werden kann und die einen geringen Strömungswiderstand aufweist.
20

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, indem die zumindest eine Einrichtung zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes in einer der elektrolytführenden Leitungen angeordnet wird und in der Einrichtung zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes eine durchströmbare Vorrichtung angeordnet ist, in der eine Schicht einer elektrisch nicht leitenden Flüssigkeit mit einer unterschiedlichen Dichte als die Elektrolytflüssigkeit vorgesehen ist, die eine Erhöhung des elektrischen Widerstands im Elektrolytflüssigkeitskreislauf bildet. Eine Trennschicht aus einer elektrisch nicht leitenden Flüssigkeit unterschiedlicher Dichte kann stabil aufrecht erhalten werden und bildet eine sichere elektrische Trennung im Elektrolytflüssigkeitskreislauf. Eine solche Anordnung kann auch konstruktiv sehr einfach, zuverlässig und vor allem auch ohne zusätzlicher fehleranfälliger beweglicher mechanischer Teile ausgeführt werden. An der flüssigen Trennphase bzw. in der Einrichtung
25
30
35 entstehen auch nur geringe Strömungswiderstände. Durch Wahl einer geeigneten Flüssigkeit



kann dabei sichergestellt werden, dass sich die Flüssigkeiten nicht oder nur unwesentlich vermischen und der elektrische Widerstand stark erhöht wird.

Die Vorrichtung wird in einer besonders einfachen Ausgestaltung als U-förmiges Rohr ausgebildet ist. Alternativ kann diese auch als Behälter ausgebildet sein. Beide Varianten sind konstruktiv sehr einfach zu realisieren und verursachen nur geringe Strömungswiderstände.

Wenn in der Vorrichtung eine durchströmbare perforierte Wand angeordnet wird kann die Elektrolytflüssigkeit beim Durchtritt durch die flüssige Phase sehr einfach in Tröpfchenform aufgespaltet werden, was den elektrischen Widerstand dieser Unterbrechung erhöht.

Durch die Anordnung eines durchströmbaren Netzes und/oder eines durchströmbaren Filters kann verhindert werden, dass zu große Mengen der nicht leitenden Flüssigkeit in den Elektrolytkreislauf gelangt. Außerdem verhindern solche Einrichtungen auch Turbulenzen zwischen den beiden flüssigen Phasen, was wiederum die Durchmischung der beiden Flüssigkeiten verringert. Damit wird die Zuverlässigkeit der Vorrichtung erhöht.

Durch das Anordnen einer keilförmigen Einlage stromaufwärts der perforierten Wand wird sichergestellt, dass die elektrisch nicht leitenden Flüssigkeit durch die Elektrolytumwälzung durch die perforierte Wand gedrückt wird.

Besonders bevorzugt wird eine elektrisch nicht leitende Flüssigkeit verwendet, die zusätzlich nicht vermischbar mit der und/oder chemisch inert zur Elektrolytflüssigkeit ist und deren Dichte sich um zumindest 50kg/m^3 von der Dichte der Elektrolytflüssigkeit unterscheidet. Mit einer solchen Flüssigkeit kann die Zuverlässigkeit der Anordnung noch weiter erhöht werden.

Die Einrichtung zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes wird bevorzugt zwischen allen Zellen eines Strömungsreaktors angeordnet, alternativ mit einer etwas geringeren Wirkung auch nur zwischen Gruppen von Zellen. Wenn der Strömungsmodul aus mehreren in Serie geschalteten Reaktoren gebildet wird, kann die Einrichtung auch bevorzugt zwischen den Reaktoren angeordnet werden, was günstig ist und oftmals bereits eine für die Praxis ausreichende Reduzierung der Nebenschlussströme bewirkt.

Die vorliegende Erfindung wird im Nachfolgenden anhand der Figuren 1 bis 8, die jeweils schematische, nicht einschränkende Ausführungsbeispiele der Erfindung zeigen beschrieben. Dabei zeigt

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer bekannten Redox-Durchflussbatterie,
Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Redox-Durchflussbatterie mit erfindungsgemäßen Einrichtungen zur Unterdrückung von Nebenschlussströmen,
Fig. 3 eine einfache Ausführung der Erfindung mit einem U-förmigen Rohr,

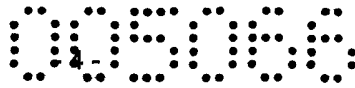


Fig. 4 eine verbesserte Ausführung der Erfindung,

Fig. 5 eine schematische Darstellung der entstehenden Nebenschlussströme in einem Strömungsmodul und

Fig. 6 bis 8 jeweils ein Diagramm der entstehenden Nebenschlussströme in einem Strömungsmodul.

In Fig. 1 ist als Beispiel eine hinlänglich bekannte Redox-Durchflussbatterie 1 mit ihren wichtigsten Komponenten dargestellt. Der elektrochemische Strömungsmodul umfasst hier einen Strömungsreaktor 2 (im Folgenden nur kurz Reaktor) bestehend aus einer Anzahl von Zellen 10, in denen eine elektrochemische Reaktion abläuft. Die Zellen 10 bestehen aus jeweils zwei Platten, die durch eine Membran getrennt sind, wie in Fig. 1 angedeutet. Die Zellen 10 werden von einer positiven Elektrolytflüssigkeit und einer negativen Elektrolytflüssigkeit durchströmt, die durch die Membran voneinander getrennt werden. Die Elektrolytflüssigkeiten sind z.B. Lösungen von 1,6 Mol Vanadiumsulfat und 2 Mol Schwefelsäure H_2SO_4 , die sich lediglich durch ihren Oxidationszustand, z.B. V(V), V(IV), V(III) oder V(II), unterscheiden. Die Elektrolytflüssigkeiten werden in zwei Tanks 3, 4 gespeichert. Von dort werden die beiden Elektrolytflüssigkeiten mittels geeigneter Pumpen 9 über Zuführleitungen 6a, 6b und Abfuhrleitungen 8a, 8b in einem Kreislauf durch die Zellen 10 gepumpt, wo sie durch Ion-Austausch-Membranen getrennt werden und wo sie reagieren und beim Entladen der Batterie 1 Strom erzeugt wird oder beim Laden die Elektrolytflüssigkeiten aufgeladen werden. Die Elektrolytflüssigkeiten werden dabei über Verteilleitungen 13, 15 zu den einzelnen Zellen 10 geführt und von dort über Sammelleitungen 17, 19 wieder abgeführt. Je nach Anzahl der in Serie geschalteten Zellen (ca. 1,1V bis 1,6V pro Zelle 10) entsteht am Reaktor 2 beim Entladen eine unterschiedliche, an den beiden Endplatten 12 abgreifbare Spannung U_B . Beim Laden ist eine entsprechende Spannung an den Reaktor 2 anzulegen. Solche Redox-Durchflussbatterie sind hinlänglich bekannt, weshalb auf deren Aufbau und deren Funktion hier nicht weiter eingegangen wird.

Wie direkt aus Fig. 1 ersichtlich, entsteht bekannter Weise durch den Elektrolytflüssigkeitskreislauf durch die Zellen 10 und in der Elektrolytflüssigkeit in den Verteil- 13, 15 und Sammelleitungen 17, 19 der Zellen 10 jedoch ein Nebenschlussstrom i_s (siehe Fig. 5), der einen Leistungsverlust darstellt und daher unerwünscht ist. Durch die serielle Aneinanderreihung mehrerer Zellen 10, haben die einzelnen Platten jeder Zelle 10 unterschiedliches elektrisches Potential, wodurch natürlich auch die in den Zellen 10 fließenden Elektrolytflüssigkeiten entsprechend unterschiedliches elektrisches Potential haben. Dadurch entsteht in den Zellen 10 ein durch die Zellen 10 und die Elektrolytflüssigkeit fließender, unerwünschter Nebenschlussstrom, der wiederum einen Wirkungsgradverlust darstellt und die Gesamtspannung U_B des Reaktors reduziert und der durch die mittleren Zellen 10 des Reaktors 2 höher ist, als durch die Zellen 10, die näher an den Endplatten 12 liegen. Außerdem führen diese

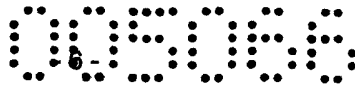


Nebenschlussströme i_s auch zu einer Selbstentladung der Batterie 1. Diese Ströme i_s sind in Fig. 5 durch die Strompfeile angedeutet, wobei die Pfeilstärke die Stromstärke symbolisiert.

Um solche elektrischen Nebenschlussströme i_s zu unterdrücken, ist z.B. in jeder einzelnen Zufuhrleitung und jeder Abfuhrleitung einer Zelle 10 eine Einrichtung 14 zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes i_s angeordnet, die eine Erhöhung des elektrischen Widerstandes im Elektrolytkreislauf bzw. eine elektrische Unterbrechung im Elektrolytkreislauf bildet und so die Bildung von Nebenschlussströmen i_s verhindert, wie in Fig. 2 gezeigt. Diese Einrichtung 14 kann natürlich extern wie in Fig. 2 dargestellt, also außerhalb des Reaktors 2, oder intern, also z.B. in den Rahmen einer Zelle 10 integriert, angeordnet sein. Wesentlich dabei ist nur, dass die Einrichtung 14 in einer der elektrolytführenden Leitungen angeordnet ist.

Die Einrichtung 14 wird im einfachsten Fall von einem U-förmigen Rohr 20 gebildet, das von der Elektrolytflüssigkeit 24 durchströmt wird (angedeutet durch die Pfeile), wie in Fig. 3 schematisch dargestellt. Als elektrische Unterbrechung wird im U-förmigen Rohr 20 eine elektrisch nicht leitende Phase 22 vorgesehen, vorzugsweise eine elektrisch nicht leitende Flüssigkeit geringerer oder höherer Dichte als die Elektrolytflüssigkeit 24. Diese nicht leitende Flüssigkeit wird sich dabei in der Rohrkrümmung 21 sammeln, wobei die Rohrkrümmung 21 bei einer leichteren Flüssigkeit oberhalb und bei einer schwereren Flüssigkeit unterhalb anzuordnen ist. Da die Elektrolytflüssigkeit 24 mit einer Pumpe 9 umgewälzt wird, wird die Elektrolytflüssigkeit 24 durch die nicht leitende flüssige Phase in einzelnen Tropfen aufgespalten und tropfenförmig durch diese elektrisch nicht leitende Phase 22 durchgepresst, womit es zu einer elektrischen Unterbrechung bzw. zumindest zu einer Erhöhung des elektrischen Widerstandes im Elektrolytkreislauf kommt. Um die Tropfenbildung zu unterstützen könnte auch vorgesehen sein, die Elektrolytflüssigkeit 24 durch eine perforierte Schicht, durch ein Netz, durch eine Düsenanordnung, etc. durchzuführen. Ebenso könnte vorgesehen sein eine Einrichtung anzuordnen, die ein Eindringen der elektrisch nicht leitenden Phase in den Elektrolytflüssigkeitskreislauf verhindert, wie z.B. ein Ablenkblech, Filter, Netz, etc.

Als Flüssigkeit mit geringerer Dichte als die Elektrolytflüssigkeit kommt z.B. ein Mineralöl in Frage. Bevorzugt wird als elektrisch nicht leitende Phase 22 jedoch eine Flüssigkeit mit höherer Dichte als die Elektrolytflüssigkeit eingesetzt. Eine solche Flüssigkeit ist weiters vorzugsweise unvernischbar mit der und chemisch inert zur Elektrolytflüssigkeit. In nicht abschließender Aufzählung kommen bei einer Elektrolytflüssigkeit wie oben beschrieben (mit einer Dichte von 1350 kg/m^3) die folgenden Flüssigkeiten in Frage: NovecTM HFE-7500 (3M) (2-trifluoromethyl-3-ethoxydodecofluorohexan) mit einer Dichte von 1610 kg/m^3 bei 25°C und einer Löslichkeit in Wasser von 45 ppmw, Galden TM HT200 (Solvay Solexis) (Perfluoropolyether) mit einer Dichte von 1790 kg/m^3 bei 25°C einer Löslichkeit in Wasser von 14 ppmw



und Krytox TM 143AZ (Du Pont) (Perfluoroalkyl Polyether) mit einer Dichte von 1860 – 1910 kg/m³ bei 24°C.

Eine andere Einrichtung 14 zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes ist in Fig. 4 dargestellt. Die Einrichtung 14 besteht hier aus einem Behälter 30, vorzugsweise aus einem elektrisch nicht leitenden Material, der von der Elektrolytflüssigkeit 24 (angedeutet durch die Pfeile) durchströmt wird. Im unteren Bereich des Behälters 30 ist eine perforierte Wand 26 angeordnet, z.B. eine 1mm dicke PVC-Wand mit davon abstehenden Düsen mit 1mm im Durchmesser großen durchgehenden Öffnungen. Stromabwärts der perforierten Wand 26 ist im Behälter 30 weiters ein Netz 28, z.B. ein Polyolefin Netz mit 250µm großen Öffnungen, und ein Filter 29, wie z.B. eine Glastextilschicht, angeordnet. Weiters ist im Behälter 30 eine elektrisch nicht leitende Phase 22 in Form einer dichteren Flüssigkeit als die Elektrolytflüssigkeit 24 angeordnet. Um zu verhindern, dass die dichtere Flüssigkeit in den Eingangskanal des Behälters 30 eintritt, kann im Eingangsbereich auch ein geeignetes Netz oder Filter vorgesehen sein.

Sobald die Elektrolytflüssigkeit 24 umgewälzt wird, also der Behälter 30 von der Elektrolytflüssigkeit 24 zwangsdurchströmt wird, wird die elektrisch nicht leitende Phase 22 in Form der dichteren Flüssigkeit, die sich im Ruhezustand natürlich am Boden des Behälters 30 sammelt, durch die perforierte Wand 26 gedrückt und sammelt sich zwischen dieser und dem Netz 28. Die Elektrolytflüssigkeit 24 wird in Folge durch die perforierte Wand 26 gedrückt und wird durch die Wirkung der perforierten Wand 26 und der elektrisch nicht leitenden Phase 22 in Tropfen 27 aufgespaltet. Die keilförmige Einlage 25 stromaufwärts der perforierten Wand 26 verhindert dabei, dass die dichtere Flüssigkeit der elektrisch nicht leitenden Phase 22 im unteren Bereich des Behälters 30 verbleibt.

In einer anderen möglichen Ausführung ohne perforierter Wand 26 würden größere Tropfen des Elektrolyts 24 durch die nicht leitende Phase 22 aufsteigen.

Das Netz 28 dient im Wesentlichen dazu, Turbulenzen am Übergang zwischen der nicht leitenden Phase und der Elektrolytflüssigkeit 24 zu dämpfen und somit die Menge der elektrisch nicht leitenden Flüssigkeit 22, die in den Elektrolytflüssigkeitskreislauf gelangt, zu reduzieren oder dies gänzlich auszuschließen. Der Filter 29 dient ebenfalls dazu, zu verhindern, dass kleine Tropfen der elektrisch nicht leitenden Flüssigkeit 22 in den Elektrolytflüssigkeitskreislauf gelangt.

Die Wahl des Materials der Einrichtung 14 und der darin enthaltenen perforierten Wände 26, Netze 28 oder Filter 29 ist vorzugsweise mit der Elektrolytflüssigkeit 24 abzustimmen, um die



Bildung von Elektrolytfilmen an den Innenflächen des Behälters 30 der Einrichtung 14 und somit die Reduzierung des elektrischen Widerstandes der Einrichtung 14 zu verhindern.

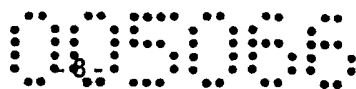
Mit einer Einrichtung 14 gemäß Fig. 4 konnte der elektrische Widerstand z.B. von ca. $1\text{k}\Omega$ auf $\gg 10\text{k}\Omega$ erhöht werden. Der Nebenschlussstrom i_s wird folglich im selben Ausmaß reduziert. Der Druckverlust durch eine solche Einrichtung 14 ist außerdem sehr niedrig, für eine konkrete Ausführung einer Redox-Durchflussbatterie wurde z.B. ein Druckverlust im mbar-Bereich gemessen. Jedenfalls ist der Druckverlust klein genug für die meisten praktischen Anwendungen eines elektrochemischen Strömungsmoduls, wie z.B. einer Redox-Durchflussbatterie.

Weiters kann eine Möglichkeit zum Nachfüllen von elektrisch nicht leitender Flüssigkeit 22, zum Beispiel in Form einer geeignet angeordneten Zuführöffnung, vorgesehen sein. Ebenfalls kann eine Vorrichtung zum Überprüfen des Flüssigkeitsstandes der nicht leitenden Flüssigkeit 22, z.B. in Form eines Sichtsfensters, vorgesehen sein.

Wie oben beschrieben, kann die Einrichtung 14 zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes bei jeder einzelnen Zelle 10 angeordnet sein. Es ist jedoch gleichermaßen möglich, eine solche Einrichtung 14 nur an bestimmten Zellen 10 oder zwischen Reaktoren 2 eines Moduls mit mehreren in Serie geschalteten Reaktoren 2 zu verwenden. Auf diesem Wege, können die verbleibenden entstehenden Nebenschlussströme i_s durch allgemeine elektrochemische Konstruktionsgrundsätze in einer akzeptablen Größenordnung gehalten werden. Das reduziert natürlich auch die Baugröße und das Gewicht einer Redox-Durchflussbatterie 1, da weniger Einrichtungen 14 benötigt werden.

Ein elektrochemischer Strömungsmodul 40 mit zwei in Serie geschalteten Reaktoren 2a, 2b ist beispielsweise schematisch in Fig. 5 dargestellt. Die beiden Reaktoren 2a, 2b sind über eine elektrische Verbindung 31 elektrisch in Serie geschaltet. Ebenso sind die Verteilleitungen 13, 15 und die Sammelleitungen 17, 19 der beiden Reaktoren 2a, 2b über Verbindungsleitungen 32, 33 hydraulisch miteinander verbunden, um mit einem Tank pro Elektrolytgruppe für den gesamte Modul 40 auszukommen. Folglich fließen natürlich auch zwischen den Reaktoren 2a, 2b des Moduls 40 gewisse Nebenschlussströme i_s , wie in Fig. 5 wieder durch Pfeile angedeutet. Die Nebenschlussströme i_s steigen dabei mit der Anzahl der Reaktoren 2 oder der Anzahl der Zellen 10 in den Reaktoren an, wie in Fig. 6 dargestellt.

Fig. 6 zeigt die Nebenschlussströme i_s durch einen Modul 40 bestehend aus vier Reaktoren 2 mit jeweils zwanzig Zellen 10. Man erkennt insbesondere, dass die Nebenschlussströme i_s in Reaktormitte und in Modulmitte jeweils am höchsten sind und doch beträchtliche Größen annehmen können.



Ein geeigneter Platz zum Anordnen einer Einrichtung 14 zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes i_s ist nun z.B. in den Verbindungsleitungen 32, 33 zwischen den Reaktoren 2 des Moduls 40, wie in Fig. 5 durch die strichlierte Einrichtung 14 angedeutet. Mit solchen Einrichtungen 14 werden die entstehenden Nebenschlussströme i_s erheblich reduziert, wie in Fig. 7 dargestellt, da zwischen den Reaktoren 2 des Moduls 40 keine Ströme mehr fließen können oder diese zumindest erheblich reduziert wären.

Wird zusätzlich noch eine Einrichtung 14 zwischen den Zellen 10 angeordnet, wie z.B. in Fig. 2 gezeigt, können dadurch die Nebenschlussströme i_s natürlich noch weiter reduziert werden, da dann auch die Nebenschlussströme i_s zwischen den Zellen 10 reduziert werden, wie in Fig. 8 gezeigt.

Der Einfluss der erfindungsgemäßen Einrichtung 14 zum Unterdrücken von Nebenschlussströmen i_s auf die Höhe der Nebenschlussströme i_s wird besonders deutlich aus der nachfolgenden Tabelle, für die für eine typische Redox-Durchflussbatterie mit vier Reaktoren 2 zu jeweils zwanzig Zellen 10 ein durchschnittlicher Nebenschlussstrom i_s und eine daraus entstehende Verlustleistung P_s für unterschiedliche Anordnungen von Einrichtungen 14 berechnet wurde.

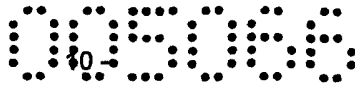
Anzahl der Einrichtungen 14	Position der Einrichtungen 14	Durchschnittlicher Nebenschlussstrom i_s [mA]	Verlustleistung durch Nebenschlussstrom P_s [W]
0	-	592	71
16	Zwischen einzelnen Reaktoren eines Moduls	298	36
320	Zwischen Zellen eines Reaktors	177	21
336	Zwischen Zellen und Reaktoren eines Moduls	34	4

Patentansprüche:



Patentansprüche:

1. Elektrochemischer Strömungsmodul mit zumindest einem Strömungsreaktor (2) mit einer Anzahl von Zellen (10) und zumindest je einer Verteilleitung (13, 15) zur Zufuhr von Elektrolytflüssigkeit (24) zu den Zellen (10) und einer Sammelleitung (17,19) zur Abfuhr von Elektrolytflüssigkeit (24) von den Zellen (10) und zumindest einer Einrichtung (14) zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes (i_s), d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die zumindest eine Einrichtung (14) zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes (i_s) in einer der elektrolytführenden Leitungen angeordnet ist und dass in der Einrichtung (14) zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes (i_s) eine durchströmbare Vorrichtung angeordnet ist, in der eine Schicht (22) einer elektrisch nicht leitenden Flüssigkeit mit einer unterschiedlichen Dichte als die Elektrolytflüssigkeit (24) vorgesehen ist, die eine Erhöhung des elektrischen Widerstands im Elektrolytflüssigkeitskreislauf bildet.
2. Elektrochemischer Strömungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die durchströmbare Vorrichtung als U-förmiges Rohr (20) oder als Behälter (30) ausgebildet ist.
3. Elektrochemischer Strömungsmodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der Vorrichtung eine durchströmbare perforierte Wand (26) angeordnet ist.
4. Elektrochemischer Strömungsmodul nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass in der Vorrichtung ein durchströmbares Netz (28) angeordnet ist.
5. Elektrochemischer Strömungsmodul nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass in der Vorrichtung ein durchströmbares Filter (29) angeordnet ist.
6. Elektrochemischer Strömungsmodul nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts der perforierten Wand (26) eine keilförmige Einlage (25) angeordnet ist.
7. Elektrochemischer Strömungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch nicht leitende Flüssigkeit nicht vermischbar mit der und/oder chemisch inert zur Elektrolytflüssigkeit (24) ist.
8. Elektrochemischer Strömungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Dichte der elektrisch nicht leitenden Flüssigkeit um zumindest 50kg/m^3 von der Dichte der Elektrolytflüssigkeit (24) unterscheidet.



9. Elektrochemischer Strömungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass an jeder Zuführung und Abführung jeder Zelle (10) eine Einrichtung (14) zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes (i_s) vorgesehen ist.
- 5 10. Elektrochemischer Strömungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass an der Zuführung und Abführung einer Gruppe von Zellen (10) eine Einrichtung (14) zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes (i_s) vorgesehen ist.
- 10 11. Elektrochemischer Strömungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungsmodul (1) aus zumindest zwei in Serie geschalteten Strömungsreaktoren (2a, 2b) gebildet ist.
12. Elektrochemischer Strömungsmodul nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (14) zum Unterdrücken eines elektrischen Nebenschlussstromes (i_s) in zumindest einer Verbindungsleitung (32, 33) zwischen den Strömungsreaktoren (2a, 2b) angeordnet ist.
- 15 13. Redox-Durchflussbatterie, insbesondere Vanadium Redox-Durchflussbatterie, mit einem elektrochemischen Strömungsmodul (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 und mit zumindest zwei Tanks (3, 4) für die Aufnahme jeweils einer Elektrolytflüssigkeit, die über Zuführ- und Abführleitungen (6a, 6b, 8a, 8b) mit den Verteil- und Sammelleitungen (13, 15, 17, 19) des Reaktors (2) verbunden sind.

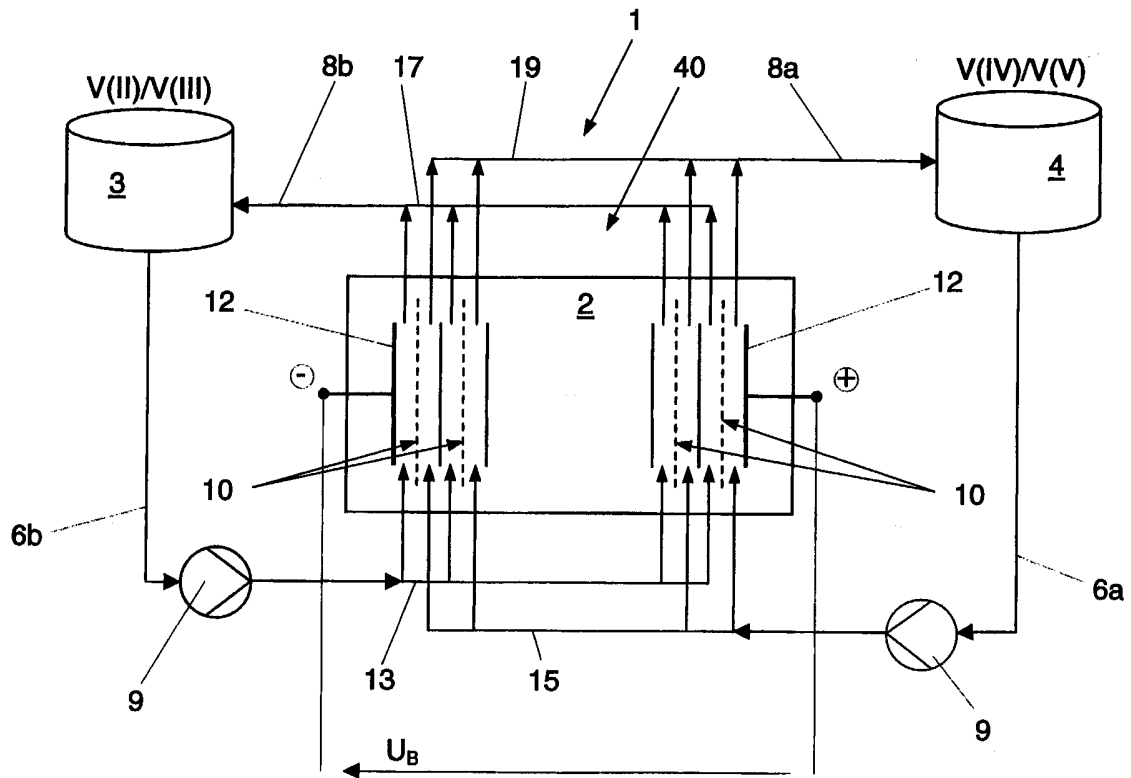


Fig. 1 (Stand der Technik)

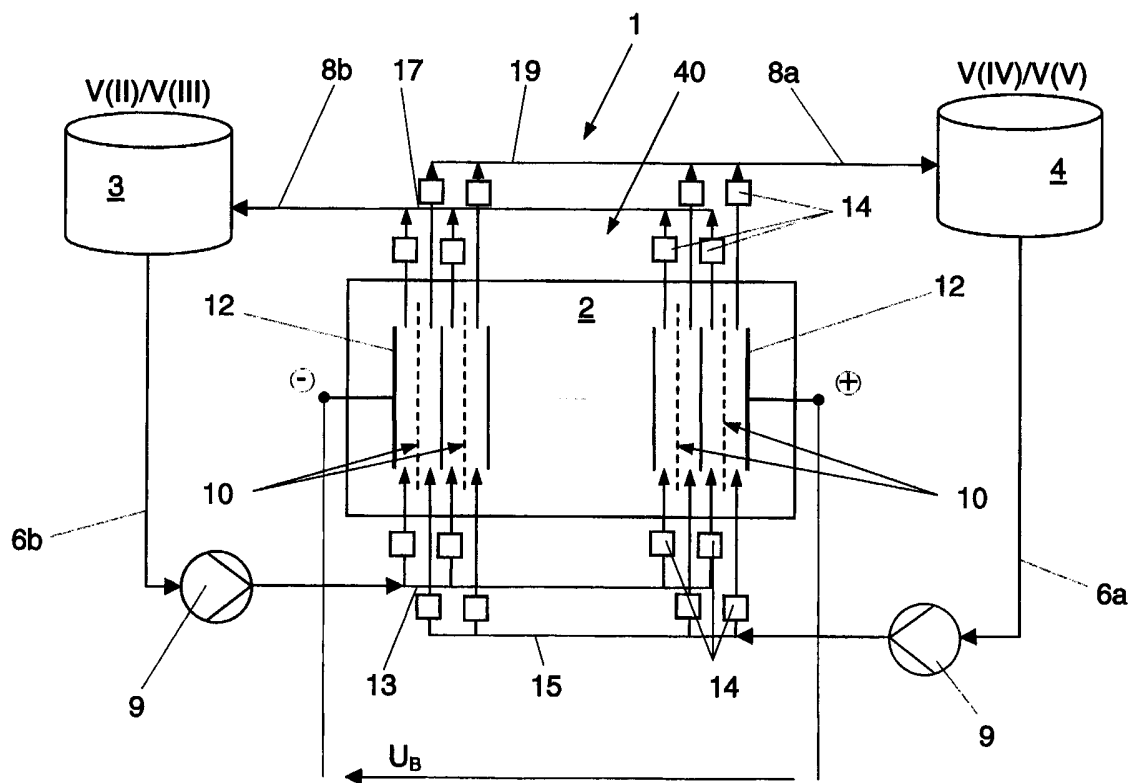


Fig. 2

005086

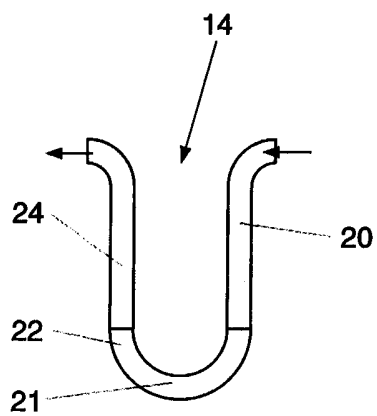


Fig. 3

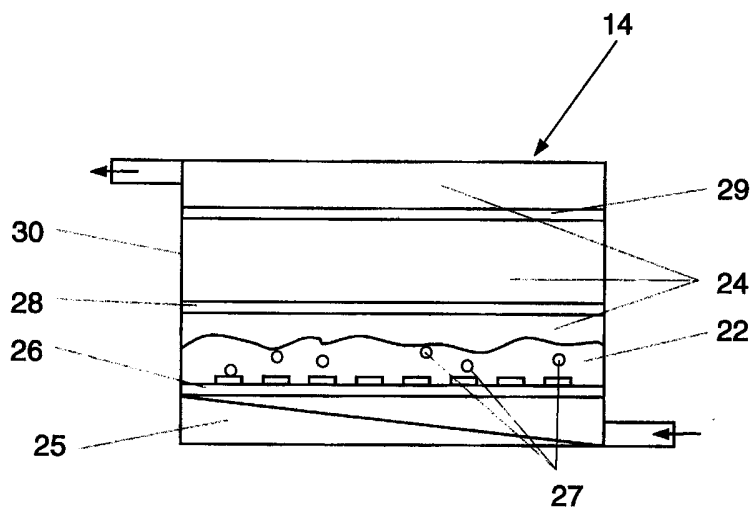


Fig. 4

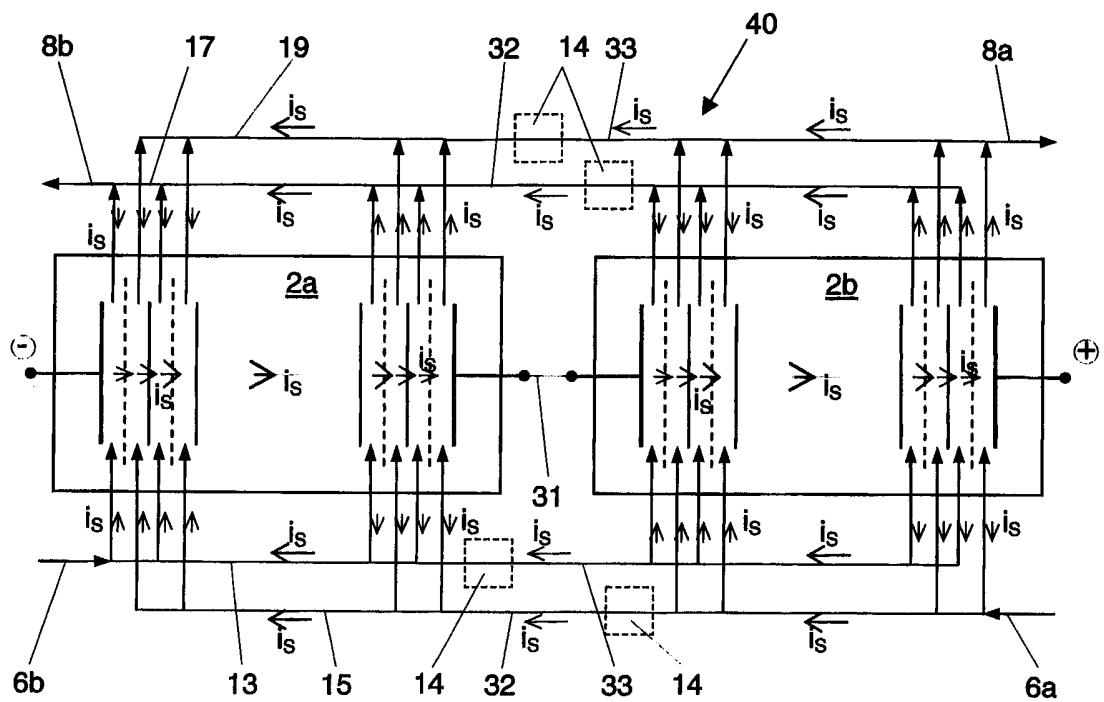


Fig. 5

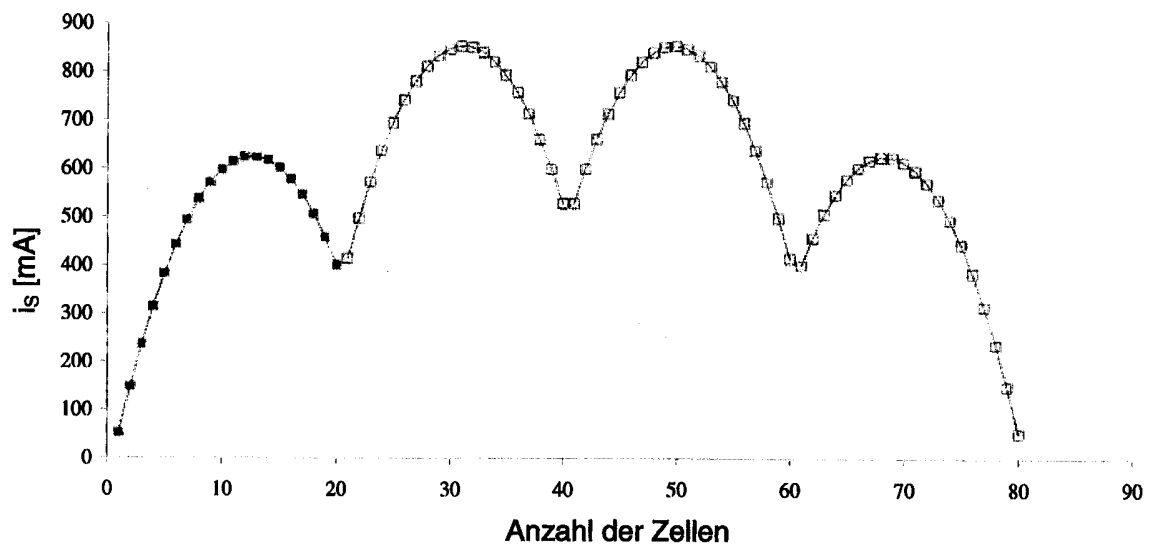


Fig. 6

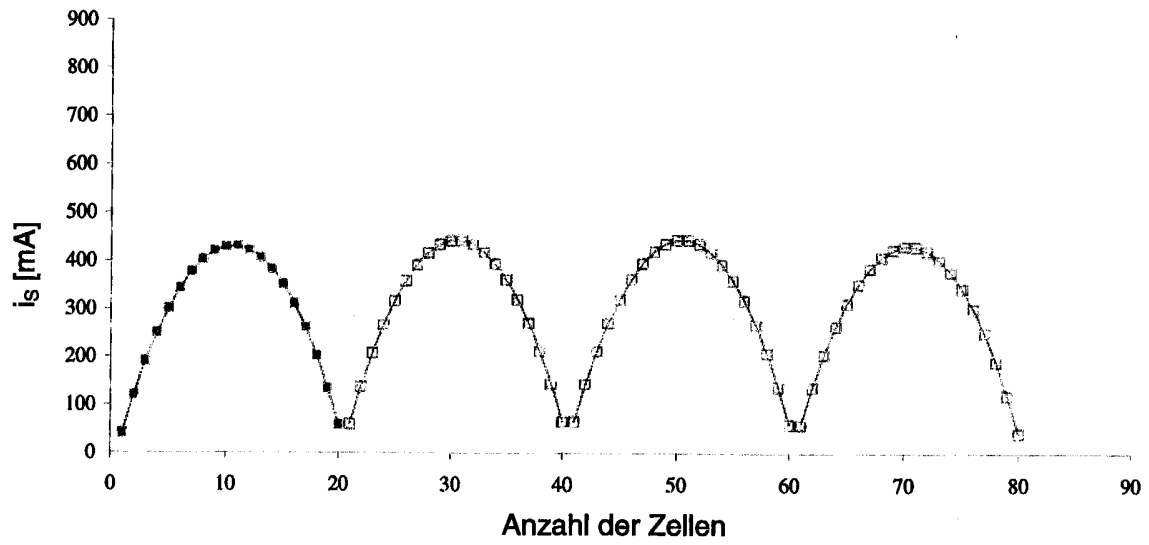


Fig. 7

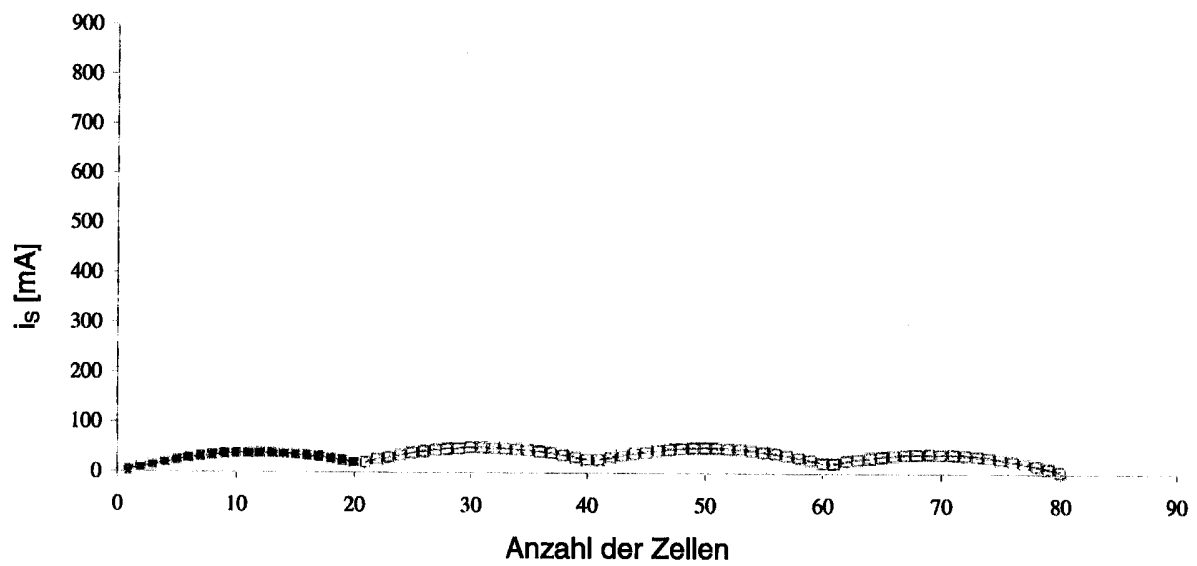


Fig. 8