



(10) **DE 10 2014 206 990 A1** 2015.10.15

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 206 990.4**

(22) Anmeldetag: **11.04.2014**

(43) Offenlegungstag: **15.10.2015**

(51) Int Cl.: **H01M 10/0587 (2010.01)**  
**H01M 10/48 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE;**  
**Samsung SDI Co., Ltd., Yongin, Kyonggi, KR**

(72) Erfinder:  
**Kohlberger, Markus, 70174 Stuttgart, DE**

(74) Vertreter:  
**Gulde & Partner Patent- und**  
**Rechtsanwaltskanzlei mbB, 10179 Berlin, DE**

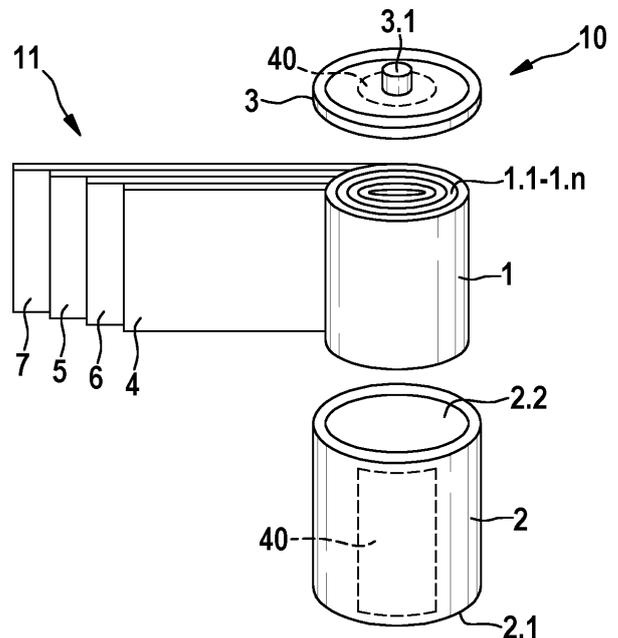
(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**DE 10 2011 015 792 A1**  
**US 2009 / 0 104 510 A1**  
**US 2013 / 0 009 604 A1**  
**US 2013 / 0 314 051 A1**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Elektrochemische Energiezelle und Akkumulator zum wiederholten Speichern von elektrischer Energie sowie Verfahren zum Ermitteln eines Elektrodenpotentials einer Elektrode einer elektrochemischen Energiespeicherzelle**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine elektrochemische Energiespeicherzelle zum wiederholten Speichern von elektrischer Energie, auf einen Akkumulator und insbesondere einen Lithium-Ionen-Akkumulator zum Versorgen eines elektrischen Verbrauchers mit elektrischer Energie sowie auf ein Verfahren zum Ermitteln eines Elektrodenpotentials einer Elektrode einer elektrochemischen Energiespeicherzelle, wobei die elektrochemische Energiespeicherzelle wenigstens ein Referenzelektrodenelement zur Ermittlung eines Elektrodenpotentials zumindest einer Elektrode der beiden Elektroden aufweist.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrochemische Energiespeicherzelle zum wiederholten Speichern von elektrischer Energie nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie einen Akkumulator und insbesondere einen Lithium-Ionen-Akkumulator zum Versorgen eines elektrischen Verbrauchers mit elektrischer Energie nach dem Oberbegriff von Anspruch 9. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren nach Anspruch 10 zum Ermitteln eines Elektrodenpotentials einer Elektrode einer elektrochemischen Energiespeicherzelle.

### Stand der Technik

**[0002]** Grundlegend ist es bekannt, dass wieder aufladbare Zellen und insbesondere elektrochemische Energiespeicherzellen, wie beispielsweise Akkumulatoren, aus zwei Elektroden und insbesondere einer positiven Elektrode bzw. einer positiv geladenen Elektrode, wie beispielsweise der Anode, und einer negativen Elektrode bzw. einer negativ geladenen Elektrode, wie beispielsweise der Kathode, bestehen, zwischen denen eine chemische Reaktion stattfindet. Basierend auf dieser chemischen Reaktion wird eine elektrische Energie freigesetzt. Bei beispielsweise einem Nickel-Cadmium-Akkumulator weist die positive Elektrode Nickelverbindungen, wie beispielsweise Nickelhydroxiden auf, während die negative Elektrode beispielsweise Cadmium aufweist. Dementsprechend weist die negative Elektrode eines Nickel-Hydrid-Akkumulators zum Beispiel eine wasserstoffspeichernde Metalllegierung auf. Wie grundlegend bekannt, finden insbesondere Lithium-Ionen-Akkumulatoren sehr häufig Anwendung, wobei deren positive Elektrode ein Lithium-Metalloxid umfasst, während die negative Elektrode vorteilhaft spezielle Kohlenstoffen, welche Lithium-Ionen einlagern können, aufweist. Es ist des Weiteren als grundlegend bekannt anzusehen, dass die einzelnen Elektroden mittels eines Separators gegeneinander beabstandet und insbesondere isoliert werden, um einen internen Kurzschluss und folglich ein Verpuffen der elektrischen Energie in Wärme zu vermeiden. Des Weiteren ist insbesondere ein Elektrolyt erforderlich, um eine elektrochemische Reaktion stattfinden zu lassen, wobei das Elektrolyt selbst beispielsweise eine Flüssigkeit sein kann, welche Leitsalze enthält. Der Elektrolyt selbst befindet sich beispielsweise in den Elektroden und dem Separator, wobei insbesondere bei Nickel-Akkumulatoren eine Kalilauge oder bei Lithium-Ionen-Akkumulatoren in speziellen organischen Lösungsmitteln gelöste Lithiumsalze verwendet werden. Zusätzlich zu einem Elektrodenwickel kann die elektrochemische Energiespeicherzelle auch ein Gehäuse aufweisen, welches beispielsweise aus einem Zellgefäß und einem Zelldeckel besteht. So ist es als grundlegend bekannt anzusehen, dass ein Zellgefäß eines derartigen Gehäuses beispielsweise auch

als negativer Ableiter, spricht dem Minuspol dienen kann, während beispielsweise der Zelldeckel als positiver Ableiter, spricht dem Pluspol Verwendung finden kann. Wieder aufladbare Zellen können in Form von Wickelzellen ausgestaltet sein, bei welchen zumindest die positive Elektrode, der Separator und die negative Elektrode beispielsweise in Form eines streifenförmigen Sandwiches derart übereinandergelagert und aufgewickelt werden, so dass die Elektrode eine größtmögliche Oberfläche bildet, was wiederum vorteilhaft hinsichtlich kurzer Ladezeiten und einer hohen Leistungsfähigkeit des Akkumulators ist.

**[0003]** Ein Indikator für den Zustand einer Batterie und insbesondere eines Akkumulators, welcher wenigstens eine elektrochemische Energiespeicherzelle und vorteilhaft eine Mehrzahl an elektrochemischen Energiespeicherzellen aufweist, und welcher sowohl bei stationären Anwendungen, wie zum Beispiel bei Windkraftanlagen, oder in Fahrzeugen, wie zum Beispiel in Hybrid- oder Elektrofahrzeugen sowie auch im Konsumentenbereich, wie zum Beispiel bei Laptops oder Mobiltelefonen, vermehrt zum Einsatz kommt, ist der Ladezustand. Dieser ist insbesondere von Bedeutung, da an die eingesetzten Batteriesysteme bzw. Akkumulatorenssysteme sehr hohe Anforderungen hinsichtlich deren Zuverlässigkeit, Leistungsfähigkeit und Lebensdauer gestellt werden. Der Ladezustand einer elektrochemischen Energiespeicherzelle und insbesondere einer galvanischen Zelle des Akkumulators, welche auch als SOC – State of Charge bezeichnet wird, wird soweit grundlegend bekannt über eine Zellspannung ermittelt. Dies bedeutet, dass insbesondere die Leerlaufspannung (OCV – Open Circuit Voltage) im Ruhezustand gemessen wird. Hierbei wird jedoch lediglich die äußere Zellspannung aufgenommen, sodass nachteilig folglich lediglich die Gesamtspannung der Zelle und insbesondere der Energiespeicherzelle gemessen werden kann, wobei jedoch die Potentiale der einzelnen Elektroden der Zelle und insbesondere der Energiespeicherzelle nicht ermittelt werden können.

**[0004]** Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile bei einer elektrochemischen Energiespeicherzelle und insbesondere einem Akkumulator, wie beispielsweise einem Lithium-Ionen-Akkumulator zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine elektrochemische Energiespeicherzelle zum wiederholten Speichern von elektrischer Energie sowie einen Akkumulator und insbesondere einen Lithium-Ionen-Akkumulator sowie ein Verfahren zum Ermitteln eines Elektrodenpotentials einer Elektrode einer elektrochemischen Energiespeicherzelle zur Verfügung zu stellen, mittels welchen auf eine einfache und kostengünstige Art und Weise eine Bestimmung der Potentiale einzelner Elektroden einer elektrochemischen Energiespeicherzelle und insbesondere eines Akkumulators,

aufweisend wenigstens eine elektrochemische Energiespeicherzelle, ermittelt werden können, wobei die Verwendung und insbesondere die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer des Akkumulators und insbesondere der elektrochemischen Energiespeicherzelle nicht negativ, auch während der Ermittlung des Elektrodenpotentials, beeinflusst werden.

**[0005]** Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch eine elektrochemische Energiespeicherzelle zum wiederholten Speichern von elektrischer Energie mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 sowie durch einen Akkumulator und insbesondere einen Lithium-Ionen-Akkumulator zum Versorgen eines elektrischen Verbrauchers mit elektrischer Energie mit den Merkmalen gemäß Anspruch 9. Ferner wird die voranstehende Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Ermitteln eines Elektrodenpotentials einer Elektrode einer elektrochemischen Energiespeicherzelle mit den Merkmalen gemäß Anspruch 10. 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 der elektrochemischen Energiespeicherzelle beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Akkumulator und/oder dem erfindungsgemäßen Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann. Außerdem kann das erfindungsgemäße Verfahren bei der erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle durchgeführt werden.

**[0006]** Die elektrochemische Energiespeicherzelle zum wiederholten Speichern von elektrischer Energie, aufweisend einen Zellkern und einen Elektrodenwickel, aufweisend zumindest eine um den Zellkern aufgebrachte Wicklung aus wenigstens zwei Elektroden sowie aus wenigstens einem zwischen diesen Elektroden angeordneten Separator, weist wenigstens ein Referenzelektrodenelement zur Ermittlung eines Elektrodenpotentials zumindest einer Elektrode der beiden Elektroden auf. Vorteilhaft weist die elektrochemische Energiespeicherzelle, welche auch als galvanische Zelle bezeichnet werden kann und in Form einer Flachzelle oder Rundzelle vorliegen kann zumindest ein Gehäuse und ein innerhalb des Gehäuses angeordneten Elektrodenwickel, welcher um einen Zellkern gewickelt ist, auf.

**[0007]** Der Elektrodenwickel, kurz Wickel, weist vorteilhaft eine Mehrzahl an Elektrodenlagen eines Wickelbandes auf, wobei die negative Elektrode, wie beispielsweise die Kathode und die positive Elektrode, wie beispielsweise die Anode mit einem zwischen ihnen liegenden Separator um den Zellkern aufgewickelt sind. Je nach Ausgestaltung der elektrochemischen Energiespeicherzelle ist auch der Elektrodenwickel entsprechend ausgestaltet und weist folglich

eine flache bzw. prismische und vorteilhaft rechteckige oder auch eine runde und insbesondere eine zylinderförmige bzw. kreiszylinderförmige Form auf. Die Elektroden und/oder der Separator sind vorteilhaft flächig und insbesondere folienartig ausgebildet um folglich in Form eines Elektrodenwickels miteinander verbunden zu werden. Der Separator, welcher zur elektrischen Isolierung und damit galvanischen Trennung der Elektroden voneinander dient, kann vorteilhaft einen Elektrolyt umfassen bzw. aus einem entsprechenden Elektrolyt bestehen. Es ist des Weiteren denkbar, dass ein weiterer Separator und ebenfalls ein weiterer Folienseparator zusätzlich zu dem zwischen den Elektroden angeordneten Separator um den Zellkern angeordnet ist, um eine galvanische Trennung zwischen wenigstens einer der Elektroden und dem Zellkern herzustellen.

**[0008]** Die vorteilhaft gasdicht arbeitende elektrochemische Energiespeicherzelle, welche einen Elektrodenwickel aufweist, weist zudem ein Referenzelektrodenelement zur Ermittlung eines Elektrodenpotentials zumindest einer der Elektroden, wie insbesondere der positiven Elektrode oder der negativen Elektrode auf. Das Referenzelektrodenelement, welches auch als Referenzelektrode bezeichnet werden kann, ist folglich eine Bezugselektrode bzw. eine Vergleichselektrode mit einem vorteilhaft konstanten Gleichgewichtspotential, welches sich reproduzierbar einstellen lässt. Das Referenzelektrodenelement dient vorteilhaft als Bezugselement für eine Messung des relativen Potentials einer der Elektroden, wobei das absolute Potential einer der Elektroden grundsätzlich nicht experimentell bestimmbar, sondern lediglich über die Potentialdifferenz zwischen zwei Elektroden definiert werden kann. Zur Ermittlung des einzelnen Elektrodenpotentials wird folglich die Differenz des Potentials der Kathode zu dem Potential der Referenzelektrode oder die Differenz des Potentials der Anode zu dem Potential der Referenzelektrode ermittelt. Als Referenzelektrodenelement kann hierbei beispielsweise eine Messzelle der Firma EL-Cell dienen. Das Referenzelektrodenelement weist vorteilhaft beispielsweise ein Nickelmaterial, ein Kupfermaterial, ein vernickeltes Kupfermaterial oder auch einem Aluminiummaterial auf oder bildet wenigstens eine Schicht des genannten Materials.

**[0009]** Vorteilhaft ist es folglich möglich, dass einzelne Elektrodenpotentiale und folglich dadurch auch die gesamte Zellspannung mittels der vorliegenden Erfindung auf eine einfache und kostengünstige Art und Weise ermittelt und verwertet werden kann, wobei insbesondere mit der Kenntnis über einzelne Anodenpotentiale eine sich abzeichnende oder beginnende Lithiumplattierungen frühzeitig erkannt und dadurch folglich gegebenenfalls vermieden werden kann. Hierbei ist zu beachten, dass eine Lithiumplattierung insbesondere dann auftreten kann,

wenn das einzelne Anodenpotential unter den Wert „0“ (Null) fällt. Eine derartig beginnende Lithiumplattierung kann bei der Ermittlung der äußeren Zellspannung, welche sich stets aus der Differenz beider Elektroden ergibt, nicht frühzeitig erkannt werden. Dies begründet sich insbesondere dadurch, weil bei der Ermittlung der reinen äußeren Zellspannung prinzipiell nicht ermittelt werden kann, ob sich die Potentiale der einzelnen Elektroden noch wie die Anfangswerte bzw. Frischwerte als Referenz verhalten oder ob die Einzelpotentiale bzw. die Potentiale der einzelnen Elektroden nach oben oder nach unten verschoben sind. Vorteilhaft wird folglich mit der vorliegenden Erfindung das Einzelpotential der Elektroden bzw. das Elektrodenpotential einzelner Elektroden, wie der Anode oder der Kathode, durch eine Messung gegen eine geeignete Referenzelektrode und insbesondere gegen ein geeignetes Referenzelektrodenelement bestimmt.

**[0010]** Im Rahmen der Erfindung ist es des Weiteren denkbar, dass der Zellkern ein Wickeldorn oder ein Wickelschwert oder ein deformierbarer Kunststofffolienwickelkern ist. Der Wickeldorn, welcher auch als Drehstift bezeichnet werden kann, weist vorteilhaft ein Kunststoffmaterial auf und ist folglich vorzugsweise in Form eines Kunststoffstabes ausgestaltet. Vorteilhaft weist der Wickeldorn eine vorzugsweise zylindrische und insbesondere kreiszylindrische und vorteilhaft hohle kreiszylindrische Form auf, wobei der Hohlraum des Wickeldorns dafür vorgesehen ist, ein Wickelelement eines Wickelautomaten aufzunehmen, welches den Wickeldorn in Drehbewegung versetzt, um Lagen des Wickelbandes, vorteilhaft bestehend aus der positiven und negativen Elektrode sowie dem dazwischenliegenden Separator, insbesondere spiralgig aufzuwickeln, wobei nach der Fixierung dieses Wickels, beispielsweise mit einem laugefesten Klebeband oder einer Metallhülse, dieser Wickel und insbesondere dieser Elektrodenwickel auch zusammen mit dem Wickeldorn bzw. dem Zellkern in ein entsprechende Gehäuse eingesetzt werden kann.

**[0011]** Das Wickelschwert ist dagegen ein vorteilhaft rechteckig und insbesondere prismisch ausgebildetes Bauteil, welches vergleichbar zum Wickeldorn zur Wicklung der Lagen eines Wickelbandes, vorteilhaft bestehend aus der negativen Elektrode und der positiven Elektrode sowie einer zwischen ihnen liegenden Lage eines Separators dient, wobei insbesondere bei der Verwendung eines Wickelschwertes ein prismischer und insbesondere rechteckiger Elektrodenwickel erzeugt wird, um folglich in ein Gehäuse zur Bildung einer Flachzelle angeordnet zu werden.

**[0012]** Es ist des Weiteren denkbar, dass als Zellkern ein deformierbarer Kunststofffolienwickelkern verwendet wird, bei welchem vorteilhaft eine Anordnung einer zusätzlichen Separatorschicht um den Wi-

ckelkern vermieden wird, insbesondere da der Kunststofffolienwickelkern selbst zur galvanischen Trennung zwischen der ersten Elektrode und dem Zellkern dienen kann. Der Kunststofffolienwickelkern ist vorteilhaft ein deformierbarer Zellkern, welcher nach der Aufwicklung der Elektroden und des wenigstens einen Separators in jedwede beliebige Gestalt deformiert werden kann, um folglich neben der Verwendung in einer Rundzelle auch in einer Flachzelle oder in einer abweichend dazu ausgestalteten elektrochemischen Energiespeicherzelle eingesetzt zu werden.

**[0013]** Des Weiteren ist es denkbar, dass das Referenzelektrodenelement ein Gehäuse der elektrochemischen Energiespeicherzelle ist, welches den Elektrodenwickel zumindest abschnittsweise umgibt. Hierbei ist es möglich, dass das Gehäuse ein Bestandteil der elektrochemischen Energiespeicherzelle ist oder diese lediglich umgibt. Vorteilhaft weist das Gehäuse ein Material auf, welches elektrische Energie leitet, wie beispielsweise ein Aluminiummaterial oder ein Edelmaterialelement. Sofern folglich das Referenzelektrodenelement das Gehäuse der elektrochemischen Energiespeicherzelle selbst ist oder zumindest ein Bestandteil des Gehäuses ist, erfolgt die Kontaktierung des Referenzelektrodenelementes direkt über das Gehäuse selbst, sodass ein Einbringen einer beispielsweise zusätzlichen Sonde oder Leitung in das Gehäuse und insbesondere in einen Bereich des Elektrodenwickels nicht erforderlich und folglich vermieden werden kann. Die Messung des über das Referenzelektrodenelement ermittelten Referenzelektrodenwertes erfolgt demzufolge in einer einfachen und kostengünstigen Art und Weise direkt über das Gehäuse.

**[0014]** Im Rahmen der Erfindung ist es des Weiteren möglich, dass das Referenzelektrodenelement an einer inneren Oberfläche eines den Elektrodenwickel zumindest abschnittsweise umgebenden Gehäuses einer elektrochemischen Energiespeicherzelle angeordnet ist. Diese Anordnung des separaten Referenzelektrodenelementes an dem Gehäuse, welches ein Bestandteil der elektrochemischen Energiespeicherzelle sein kann oder diese lediglich umgibt, ist dann insbesondere vorteilhaft, wenn das Risiko einer Korrosion des Zellgehäuses besteht, sodass es zu ungenauen Messungen durch induktive Effekte und Oberflächenreaktionen des Gehäuses kommen kann, sofern das Gehäuse selbst das Referenzelektrodenelement darstellen würde.

**[0015]** Es ist ferner denkbar, dass das Referenzelektrodenelement in Form einer Schicht auf der Innenwandung des Gehäuses aufgetragen ist, wobei sich vorteilhaft hierfür ein Lithiumtitanat ( $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ )-Material oder ein Titandioxid-Material eignet. Insbesondere, wenn das Referenzelektrodenelement in einem Bodenbereich bzw. in einem Deckelbereich des Gehäuses auf dessen innerer Oberfläche angeord-

net wird, wird hierbei vorteilhaft auch beim Anordnen bzw. Einbringen des zuvor hergestellten Elektrodenwickels in das Gehäuse dieses Referenzelektrodenelement nicht beschädigt. Aufgrund der direkten Kontaktierung des Referenzelektrodenelementes mit dem Gehäuse der elektrochemische Energiespeicherzelle erfolgt bei einer Messung der Einzelelektrodenpotentiale die Kontaktierung wieder vorteilhaft über das Gehäuse, sodass ein Einbringen einer zusätzlichen Sonde oder auch Leitung in das Gehäuse hinein und insbesondere in den Bereich des Elektrodenwickels nicht erforderlich ist.

**[0016]** Im Rahmen der Erfindung ist es des Weiteren denkbar, dass das Referenzelektrodenelement an oder in einem den Elektrodenwickel zumindest abschnittsweise umgebenden Retainer-Elements angeordnet ist, wobei das Retainer-Element ein das Retainer-Element zumindest abschnittsweise umgebendes Gehäuse, welches ein Bestandteil der elektrochemischen Energiespeicherzelle sein kann oder diese lediglich als separates Bauteil umgibt, wenigstens abschnittsweise kontaktiert. Das Retainer-Element ist vorteilhaft ein Halter- oder Stabilisierungselement zur Anordnung des Elektrodenwickels und insbesondere zur Fixierung des Elektrodenwickels und Abschirmung des Elektrodenwickels vom Gehäuse innerhalb des Gehäuses. Das Retainer-Element kann beispielsweise einen Boden-Retainer (Bottom Retainer), einen Deckel-Retainer (Top Retainer) und/oder ein Seiten-Retainer oder eine Mehrzahl von Seiten-Retainern aufweisen. Vorteilhaft ist das Retainer-Element aus einem Kunststoffmaterial, wie beispielsweise Polypropylen, gefertigt oder weist ein Kunststoffmaterial auf. Das Referenzelektrodenelement ist vorteilhaft auf einer Oberfläche und insbesondere einer inneren Oberfläche eines der genannten Retainer und insbesondere dem Retainer-Element aufgetragen oder in das Retainer-Element eingebracht. Beim Einbringen des Referenzelektrodenelementes in das Retainer-Element wird im Rahmen der Erfindung beispielsweise ein Umspritzen des Referenzelektrodenelementes beim Erzeugen des Retainer-Elementes zum Beispiel in Form des Injection-Molding-Verfahrens verstanden. Hierbei ist das Referenzelektrodenelement vorteilhaft vollständig von dem Material des Retainer-Elements umgeben.

**[0017]** Es ist des Weiteren denkbar, dass das Referenzelektrodenelement in eine Aussparung des Retainer-Elementes eingelegt bzw. eingebracht ist und folglich zumindest nur teilweise bzw. abschnittsweise von dem Material des Retainer-Elementes umgeben ist. Bei der Verwendung des oben genannten Injection-Molding-Verfahrens, bei welchem das Referenzelektrodenelement vorteilhaft vollständig von dem Material des Retainer-Elements umgeben wird, ist es vorteilhaft möglich, dass Kontaktstellen des Referenzelektrodenelementes sich zumindest teilweise aus dem Material des Retainer-Elementes hinaus erstre-

cken bzw. aus diesem herausragen, um zur Kontaktierung abgreifbar zu sein. Vorteilhaft greifen diese Kontaktstellen aus der Außenwandung des Retainer-Elementes heraus, und kontaktieren vorteilhaft das Gehäuse und insbesondere eine Innenwandung des Gehäuses, welches das Retainer-Element vorteilhaft zumindest bereichsweise umgibt. Zur Messung des Referenzelektrodenpotentials und insbesondere zur Ermittlung eines Einzelelektrodenpotentials einer der einzelnen Elektroden wird vorteilhaft das Gehäuse kontaktiert, wobei insbesondere an einer Außenwandung des Gehäuses Kontaktelemente zur Abfrage der Referenzelektrodenwerte angebracht werden, sodass ein Einbringen einer zusätzlichen Sonde oder Leitungen usw. in das Gehäuse hinein oder in den Bereich des Elektrodenwickels nicht erforderlich sind und vorteilhaft vermieden werden können.

**[0018]** Es ist des Weiteren möglich, dass das Referenzelektrodenelement auf den Kunststofffolienwickelkern aufgebracht ist, welcher ein den Elektrodenwickel zumindest abschnittsweise umgebendes Gehäuse der elektrochemischen Energiespeicherzelle zumindest abschnittsweise kontaktiert. Unter einem Aufbringen wird im Rahmen der Erfindung insbesondere ein Aufdrucken, ein Aufpressen und/oder Auflaminieren verstanden. Demzufolge ist es denkbar, dass das Referenzelektrodenelement auf einen Kunststofffolienwickelkern, auf welchen auch eine Wicklung, bestehend zumindest aus der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode und einer zwischen den Elektroden angeordneten Separatorfolie, aufgewickelt ist, aufgebracht ist. Eine Übertragung des Referenzelektrodenelementes zu dem Gehäuse kann vorteilhaft über eine Kontaktierung des Kunststofffolienwickelkerns mit dem Gehäuse erfolgen.

**[0019]** Im Rahmen der Erfindung ist es des Weiteren möglich, dass Messleitungen und/oder Kommunikationsleitungen zum Ermitteln eines Referenzelektrodenwertes an eine Außenwandung eines den Elektrodenwickel zumindest abschnittsweise umgebenden Gehäuses der elektrochemischen Energiespeicherzelle angeordnet ist bzw. sind. Unter einem Anordnen wird im Rahmen der Erfindung folglich ein Anlöten bzw. ein Anschweißen verstanden, wobei insbesondere beispielsweise ein Drahtband an eine Außenwandung des Gehäuses angelötet bzw. angeschweißt ist. Über dieses Drahtband können folglich Messwerte hinsichtlich des Referenzelektrodenelementes übertragen werden, welches beispielsweise durch das Gehäuse selbst gebildet wird, oder an einer Innenwandung des Gehäuses angeordnet ist, oder in einem Bereich eines Retainer-Elementes angeordnet ist und Kontaktstellen aufweist, welche mit dem Gehäuse verbunden sind. Es ist des Weiteren denkbar, dass insbesondere eine Powerline Kommunikation auch über entsprechende Messleitungen ermöglicht wird, sodass folglich lediglich eine Leitung

zur Übertragung von Messwerten und zur Übertragung eines elektrischen Stromes verwendet werden kann.

**[0020]** Es ist des Weiteren denkbar, dass das Referenzelektrodenelement gegenüber einem den Elektrodenwickel zumindest abschnittsweise umgebenden Gehäuse der elektrochemischen Energiespeicherzelle isoliert ist, sofern das Gehäuse mit einem der Elektroden in Wirkverbindung ist. Um insbesondere hierbei eine Abfrage der Messwerte des Referenzelektrodenelementes zu ermöglichen, wäre es denkbar eine leitungsfreie Signalübertragung per Funk zu realisieren, wobei beispielsweise Bluetooth oder WLAN Verwendung finden kann.

**[0021]** Es wird des Weiteren ein Akkumulator und insbesondere ein Lithium-Ionen-Akkumulator zum Versorgen eines elektrischen Verbrauchers mit elektrischer Energie, aufweisend wenigstens eine elektrochemische Energiespeicherzelle gemäß wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 8 beansprucht. Vorteilhaft weist folglich der Akkumulator eine elektrochemische Energiespeicherzelle gemäß der oben genannten Art auf. Als elektrischer Verbraucher wird im Rahmen der Erfindung beispielsweise ein stationärer Verbraucher, wie beispielsweise eine Windkraftanlage oder auch ein elektrisch antreibbares Fahrzeug, wie ein Hybridfahrzeug oder ein Elektrofahrzeug, welches in Form eines Landfahrzeuges, eines Wasserfahrzeuges oder eines

**[0022]** Luftfahrzeuges ausgestaltet sein kann, oder auch ein Konsumentenprodukt, wie beispielsweise ein tragbares Mobiltelefon oder ein Laptop oder Tablet verstanden. Ein Akkumulator ist insbesondere ein wieder aufladbarer Energiespeicher, welcher wenigstens eine und vorteilhaft mehr als eine und insbesondere eine Vielzahl von elektrochemischen Energiespeicherzellen der oben genannten Art aufweist, wobei die elektrochemische Energiespeicherzelle insbesondere auch als galvanische Zelle bezeichnet werden kann. Die elektrochemische Energiespeicherzelle ist vorteilhaft ein galvanisches Element zur spontanen Umwandlung einer chemischen Energie in eine elektrische Energie. Unter einem wieder aufladbaren Energiespeicher ist vorteilhaft ein Energiespeicher und insbesondere ein elektrochemischer Energiespeicher zu verstehen, welcher mehr als einmal und vorteilhaft mehrfach entladen und geladen werden kann.

**[0023]** Bei dem beschriebenen erfindungsgemäßen Akkumulator ergeben sich sämtliche Vorteile, die bereits zu einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle gemäß dem vorangegangenen Aspekt der Erfindung beschrieben worden sind.

**[0024]** Des Weiteren ist ein Verfahren zum Ermitteln eines Elektrodenpotentials einer Elektrode einer elektrochemischen Energiespeicherzelle gemäß wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 8 beansprucht, wobei über an einem den Elektrodenwickel zumindest abschnittsweise umgebenden Gehäuse der elektrochemischen Energiespeicherzelle angeordnete Messleitungen und/oder Kommunikationsleitungen Referenzelektrodenwerte des das Gehäuse zumindest abschnittsweise kontaktierenden oder wenigstens einen Teil des Gehäuses bildenden Referenzelektrodenelementes an eine Auswerteeinheit übertragen werden. Demzufolge ist es möglich, dass mittels dem erfindungsgemäßen Verfahren auf eine einfache und kostengünstige Art und Weise auch während des Betriebes der elektrochemischen Energiespeicherzelle und insbesondere während des Betriebes eines durch die elektrische Energie der elektrochemischen Energiespeicherzelle angetriebenen Verbrauchers das Elektrodenpotential zumindest einer der Elektroden, wie beispielsweise der Kathode oder der Anode einer elektrochemischen Energiespeicherzelle, abgefragt werden kann. Diesbezüglich wird insbesondere die elektrochemische Energiespeicherzelle an einem Außenbereich dessen Gehäuses kontaktiert, wobei ein Referenzelektrodenelement derart mit dem Gehäuse verbunden ist, dass Leitungen und insbesondere eine zusätzliche Sonde zur Ermittlung des Referenzelektrodenwertes zum Bestimmen der Potentiale der einzelnen Elektroden nicht in das Innere der elektrochemischen Energiespeicherzelle und folglich in das Innere des Gehäuses der elektrochemischen Energiespeicherzelle und insbesondere in den Bereich des Elektrodenwickels eingebracht werden müssen. Vielmehr wird vorteilhaft lediglich der Außenbereich des Gehäuses mittels einer Messleitung und/oder Stromleitung kontaktiert, wobei vorteilhaft über eine einzige Leitung elektrische Energie übertragen werden kann, welche beispielsweise von der elektrochemischen Energiespeicherzelle erzeugt wird und gleichzeitig der Referenzelektrodenwert abgefragt werden kann. Das Gehäuse der elektrochemischen Energiespeicherzelle kann ein Bestandteil dieser sein oder ein zu der elektrochemischen Energiespeicherzelle separat anordenbares Bauteil eines Akkumulators. So ist es denkbar, dass das Gehäuse auch mehr als eine elektrochemische Energiespeicherzelle umgibt bzw. einschließt.

**[0025]** Bei dem beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren ergeben sich sämtliche Vorteile, die bereits zu einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle und/oder einem erfindungsgemäßen Akkumulator gemäß den vorangegangenen Aspekten der Erfindung beschrieben worden sind.

**[0026]** Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle eines erfindungsgemäßen Akkumulators werden nachfol-

gend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen jeweils schematisch:

**[0027]** Fig. 1 in einer perspektivischen Ansicht eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle,

**[0028]** Fig. 2 in einer perspektivischen Ansicht eine Ausführungsform eines Elektrodenwickels der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle,

**[0029]** Fig. 3 in einer perspektivischen Ansicht eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle,

**[0030]** Fig. 4 in einer perspektivischen Ansicht eine Ausführungsform eines Elektrodenwickels der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle,

**[0031]** Fig. 5 eine Prinzipskizze einer Ausführungsform eines Elektrodenwickels mit einem Kunststofffolienwickelkern einer erfindungsgemäßen elektromagnetischen Energiespeicherzelle, während des Wickelns,

**[0032]** Fig. 6 eine Prinzipskizze der in der Fig. 5 gezeigten Ausführungsform des Elektrodenwickels nach einem Deformierungsprozess,

**[0033]** Fig. 7 in einer Seitenansicht eine Ausführungsform eines Retainer-Elementes einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle, und

**[0034]** Fig. 8 in einer perspektivischen Ansicht eine Ausführungsform eines Boden-Retainers eines Retainer-Elementes einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle.

**[0035]** Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Fig. 1 bis Fig. 8 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0036]** In der Fig. 1 ist schematisch in einer perspektivischen Ansicht eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle **10** gezeigt. Die elektrochemische Energiespeicherzelle **10**, welche gemäß der Ausführungsform der Fig. 1 in Form einer Rundzelle vorliegt, weist einen in einem Gehäuse **2** anordenbaren Elektrodenwickel **1** auf. Das Gehäuse **2** ist mittels eines Deckels **3** abdeckbar, von welchem ausgehend ein Übertragungselement **3.1** angeordnet ist. Dieses Übertragungselement dient insbesondere als Messleitung und/oder Kommunikationsleitung zum Ermitteln beispielsweise eines Referenzelektrodenwertes. Das Gehäuse **2** kann selbst als Referenzelektrode dienen. Es ist jedoch auch denkbar, dass eine zu-

sätzliche Elektrode und insbesondere ein Referenzelektrodenelement **40** innerhalb des Gehäuses **2** und insbesondere an einer Innenwandung **2.2** des Gehäuses **2** angeordnet ist. Es ist des Weiteren denkbar, dass das Referenzelektrodenelement **40** auch in einem Bodenbereich **2.1** des Gehäuses **2** und/oder in einem Deckel **3** angeordnet sein kann. Vorteilhaft ist das Referenzelektrodenelement an einer Innenwandung des Gehäuses **2** im Bodenbereich **2.1** angeordnet. Das Referenzelektrodenelement **40** ist in der Fig. 2 lediglich schematisch dargestellt. Das Gehäuse **2** kann ein Bestandteil der elektrochemischen Energiespeicherzelle **10** oder auch ein separates die elektrochemische Energiespeicherzelle umgebendes Bauteil sein. Der Elektrodenwickel **1** besteht aus einem Wickelband **11**, welches zumindest eine erste Elektrode **6** und eine zweite Elektrode **7** sowie einen ersten Separator **4** und einen zweiten Separator **5** aufweist und in Form eines Wickels in einer Mehrzahl an Lagen um einen Wickelkern bzw. Zellkern angeordnet wird.

**[0037]** In der Fig. 2 ist in einer perspektivischen Ansicht schematisch eine Ausführungsform eines Elektrodenwickels **1** gezeigt, welcher durch Aufwicklung eines Wickelbandes, bestehen aus flächigen Elektroden **6** und **7** mit Separatoren **4** und **5**, um einen Zellkern **8**, welcher in Form eines Wickeldorn **9** ausgestaltet ist, erzeugt ist. Der Zellkern **8** bzw. der Wickeldorn **9** kann zudem einen Hohlraum **8.1** aufweisen, welcher vorteilhaft dazu dient einen Wickelstab einer Wickelmaschine einzuführen, um den Wickeldorn derart in Drehbewegung zu versetzen, dass das Wickelband in mehreren Lagen bzw. Wickellagen um den Zellkern **8** gewickelt wird. Die in der Fig. 2 gezeigte Ausführungsform des Elektrodenwickels **1** weist vorteilhaft eine kreisrunde und insbesondere eine zylinderförmige, wie beispielsweise eine kreiszylinderförmige Form auf und dient vorteilhaft dazu eine Rundzelle und insbesondere eine runde Energiespeicherzelle **10**, wie beispielsweise in der Fig. 1 gezeigt, auszubilden.

**[0038]** In der Fig. 3 ist schematisch in einer perspektivischen Ansicht eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle **20** gezeigt, welche insbesondere in Form einer Flachzelle ausgestaltet ist. Wie auch bereits oben zur Fig. 1 erwähnt, kann die Energiespeicherzelle **20** ein Gehäuse **22** aufweisen oder von einem solchen umgeben sein, welches selbst als Referenzelektrodenelement **40** dienen kann. Jedoch ist es auch denkbar, dass eine separate Elektrode und insbesondere eine Referenzelektrode bzw. ein Referenzelektrodenelement **40** in einem Bereich des Gehäuses **22** angeordnet ist. Vorteilhaft ist das Referenzelektrodenelement **40** derart im Inneren des Gehäuses **22** angeordnet, dass dieses in Form beispielsweise einer dünnen Schicht oder Lage die Innenwandung des Gehäuses **22** kontaktiert, sodass über

entsprechende Übertragungselemente bzw. Übertragungsleitungen **3.1**, welche direkt mit der Außenseite des Gehäuses **22** verbunden sind, eine Übertragung des Referenzelektrodenwertes des Referenzelektrodenelementes **40** erfolgen kann. Innerhalb des Gehäuses **22** ist zudem ein Elektrodenwickel **21** angeordnet, welcher vorteilhaft die in der nachfolgend beschriebenen **Fig. 4** dargestellte Ausgestaltung aufweist.

**[0039]** In der **Fig. 4** ist schematisch in einer perspektivischen Ansicht eine weitere Ausführungsform eines Elektrodenwickels **21** und insbesondere die in der **Fig. 3** dargestellt Ausführungsform eines Elektrodenwickel **21** einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicherzelle **20** gezeigt. Der Elektrodenwickel **21** besteht vorteilhaft aus mehreren Lagen einer Wicklung eines Wickelbandes **11**, bestehend zumindest aus einem ersten Separator **4** und einem zweiten Separator **5** sowie einer ersten Elektrode **6** und insbesondere einer Kathode sowie einer zweiten Elektrode **7** und insbesondere einer Anode. Die Separatoren **4** und **5** dienen dabei vorteilhaft dazu, die Kathode **6** und die Anode **7** voneinander galvanisch zu trennen. Vorteilhaft ist zumindest der erste Separator **4** um den Zellkern **8**, welcher insbesondere in Form eines Wickelschwertes **23** vorliegt, angeordnet, um eine Kontaktierung der ersten Elektrode **6** und insbesondere der Kathode mit dem Zellkern **8** bzw. dem Wickelschwert **23** zu verhindern. Der zweite Separator **5** ist vorteilhaft zwischen der ersten Elektrode **6** und der zweiten Elektrode **7** angeordnet. Die in der **Fig. 4** gezeigte Ausführungsform des Elektrodenwickels **21** ist vorteilhaft in rechteckiger bzw. prismischer Form ausgestaltet, um als Elektrodenwickel innerhalb einer Flachzelle, wie beispielsweise in **Fig. 3** gezeigt, angeordnet werden zu können.

**[0040]** In der **Fig. 5** ist schematisch in einer Prinzipskizze eine Ausführungsform eines weiteren Elektrodenwickels **31** gezeigt, welcher als Zellkern **8** einen Kunststofffolienwickelkern **32** aufweist. Um den Kunststofffolienwickelkern **32** wird mindestens eine Wickellage eines Wickelbandes, bestehend aus einem ersten Separator **4** und/oder einem zweiten Separator **5** sowie einer ersten Elektrode **6** und insbesondere einer Kathode sowie einer zweiten Elektrode **7** und insbesondere einer Anode angeordnet. Vorteilhaft gegenüber der Verwendung eines Wickeldorns oder Wickelschwertes, wie in den **Fig. 2** bzw. **Fig. 4** gezeigt, muss um den Kunststofffolienwickelkern **32** selbst keine erste Lage eines Separators angeordnet werden, um eine Elektrode **6** oder **7** und insbesondere die erste Elektrode **6** und den Kunststofffolienwickelkern **32** voneinander zu beabstanden bzw. galvanisch zu trennen. Es ist des Weiteren denkbar, dass auch der Kunststofffolienwickelkern **32** einen Hohlraum **33** aufweist, in welchen beispielsweise ein Wickelstab einer Wickelmaschine eingebracht werden kann, um eine Drehung des Kunststofffolienwickel-

kerns **32** um dessen Drehachse **D** in Wickelrichtung **W** zu erwirken, wodurch das Wickelband **11** um den Kunststofffolienwickelkern **32** gewickelt wird. Nach dem Aufwickeln des Wickelbandes **11** um den Kunststofffolienwickelkern **32** kann dieser Elektrodenwickel **31** in jedwede Gestalt deformiert werden. Dies ist insbesondere in der **Fig. 6** gezeigt.

**[0041]** Wie in der **Fig. 5** gezeigt, kann ein Referenzelektrodenelement **40** derart auf den Kunststofffolienwickelkern **32** aufgebracht und insbesondere aufgedruckt, aufgepresst oder auflaminiert werden, dass ein zusätzliches Anordnen eines Referenzelektrodenelementes **40** in einem Bereich eines die elektrochemische Energiespeicherzelle zumindest abschnittsweise umgebenden Gehäuses nicht mehr erforderlich ist. Hierbei kontaktiert vorteilhaft der das Referenzelektrodenelement **40** aufweisende Kunststofffolienwickelkern **32** zumindest bereichsweise eine Wandung des Gehäuses, wodurch wiederum Daten des Referenzelektrodenelementes an ein Übertragungselement und insbesondere Übertragungsleitungen, wie Messleitungen und/oder Stromleitungen übertragen werden können.

**[0042]** In **Fig. 6** ist schematisch eine Prinzipskizze eines deformierten Elektrodenwickels **31** gezeigt, und insbesondere der in der **Fig. 5** gezeigte Elektrodenwickel **31** nach dessen Deformierung. Folglich weist der deformierte Elektrodenwickel **31** eine Mehrzahl an Wickellagen **1.1** bis **1.4** des Wickelbandes **11** auf, welches um den Kunststofffolienwickelkern **32** gewickelt wurde. Vorteilhaft kann mit einem Elektrodenwickel **31**, aufweisend einem Kunststofffolienwickelkern **32**, jedwede beliebige Form eines Elektrodenwickels zur Anordnung innerhalb eines Gehäuses zur Erzeugung einer elektrochemischen Energiespeicherzelle hergestellt werden.

**[0043]** In der **Fig. 7** ist schematisch eine Seitenansicht und insbesondere eine seitliche Schnittdarstellung durch ein Retainer-Element **50** der elektrochemischen Energiespeicherzelle gezeigt. Das Retainer-Element **50** weist vorteilhaft einen Deckel-Retainer **51**, wenigstens einen Seiten-Retainer **52** und einen Boden-Retainer **53** auf, welche derart miteinander verbunden sind, dass diese ein vorteilhaft geschlossenes Retainer-Element **50** bilden. Das Referenzelektrodenelement **40** kann dabei beispielsweise derart in dem Retainer-Element **50** und vorteilhaft in einem Boden-Retainer **53** des Retainer-Elementes **50** angeordnet sein, dass das Material des Retainer-Elementes **50** dieses Referenzelektrodenelement **40** vollständig umgibt, wobei Kontaktstellen **41** von dem Referenzelektrodenelement **40** in Richtung einer Außenseite **50.2** des Retainer-Elementes **50** zeigen bzw. hinaus ragen, um ein hier nicht gezeigtes Gehäuse und insbesondere eine Innenwandung eines hier nicht gezeigten Gehäuses zu kontaktieren. Durch eine derartige Kontaktierung kann vor-

teilhaft eine Verbindung zwischen dem Gehäuse und dem Referenzelektrodenelement **50** hergestellt werden.

**[0044]** Es ist demnach auch möglich, dass das Referenzelektrodenelement **40** beispielsweise an einer Innenwandung **50.1** des Retainer-Elements **50**, wie in der **Fig. 7** bei dem rechten Seiten-Retainer **52** gezeigt, angeordnet ist. Hierbei ist es erforderlich zusätzliche Kontaktstellen **41** ausgehend von dem Referenzelektrodenelement **40** durch die Materialwandung des Retainer-Elements **50** bis zu einem hier nicht gezeigten Gehäuse anzuordnen, um eine Kontaktierung des Referenzelektrodenelementes **40** mit einer Innenwandung des Gehäuses zu ermöglichen.

**[0045]** Folglich ist es auch möglich, dass das Referenzelektrodenelement **40** derart in einem Außenbereich bzw. an einer Außenwandung **50.2** des Retainer-Elements **50** angeordnet ist, dass das Referenzelektrodenelement **40** lediglich nur teilweise von dem Material des Retainer-Elements **50** umgeben wird und eine direkte Kontaktierung zwischen dem Referenzelektrodenelement **40** und dem Gehäuse ermöglicht wird. Dies ist in der **Fig. 7** beispielsweise bei der Anordnung des Referenzelektrodenelementes **40** an dem linken Seiten-Retainer **52** verdeutlicht. Vorteilhaft sind zusätzliche Kontaktstellen **41** hierbei nicht erforderlich.

**[0046]** In der **Fig. 8** ist schematisch in einer perspektivischen Ansicht ein Boden-Retainer **53** gezeigt, welcher vorteilhaft eine Mehrzahl an Vertiefungen **54** bzw. Wölbungen **54** aufweist, innerhalb welchen beispielsweise ein Referenzelektrodenelement **40** angeordnet sein kann. Je nachdem, ob eine direkte Kontaktierung des Referenzelektrodenelementes **40** mit einem hier nicht gezeigten Gehäuse einer hier nicht gezeigten elektrochemischen Energiespeicherzelle ermöglicht wird, bedarf es weiterer Kontaktstellen oder nicht, um eine Kontaktierung zwischen dem Referenzelektrodenelement **40** und dem Gehäuse der elektrochemischen Energiespeicherzelle zu verwirklichen.

### Patentansprüche

1. Elektrochemische Energiespeicherzelle (**10, 20**) zum wiederholten Speichern von elektrischer Energie, aufweisend einen Zellkern (**8**) und einen Elektrodenwickel (**1, 21, 31**), aufweisend zumindest eine um den Zellkern aufgebrachte Wicklung aus wenigstens zwei Elektroden (**6, 7**) sowie aus wenigstens einem zwischen diesen Elektroden (**6, 7**) angeordneten Separator (**4, 5**), **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrochemische Energiespeicherzelle (**10, 20**) wenigstens ein Referenzelektrodenelement (**40**) zur Ermittlung eines Elektrodenpotentials zumindest einer Elektrode (**6, 7**) der beiden Elektroden (**6, 7**) aufweist.

2. Elektrochemische Energiespeicherzelle (**10, 20**) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zellkern (**8**) ein Wickeldorn (**9**) oder ein Wickelschwert (**23**) oder ein deformierbarer Kunststofffolienwickelkern (**32**) ist.

3. Elektrochemische Energiespeicherzelle (**10, 20**) gemäß wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Referenzelektrodenelement (**40**) ein Gehäuse (**2, 22**) der elektrochemischen Energiespeicherzelle (**10, 20**) ist, welches den Elektrodenwickel (**1, 21, 31**) zumindest abschnittsweise umgibt.

4. Elektrochemische Energiespeicherzelle (**10, 20**) gemäß wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Referenzelektrodenelement (**40**) an einer inneren Oberfläche (**2.2**) eines den Elektrodenwickel (**1, 21, 31**) zumindest abschnittsweise umgebendes Gehäuses (**2, 22**) einer elektrochemischen Energiespeicherzelle (**10, 20**) angeordnet ist.

5. Elektrochemische Energiespeicherzelle (**10, 20**) gemäß wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Referenzelektrodenelement (**40**) an oder in einem den Elektrodenwickel (**1, 21, 31**) zumindest abschnittsweise umgebenden Retainerelement (**50**) angeordnet ist, wobei das Retainerelement (**50**) ein das Retainerelement (**50**) zumindest abschnittsweise umgebendes Gehäuse (**2, 22**) einer elektrochemischen Energiespeicherzelle (**10, 20**) wenigstens abschnittsweise kontaktiert.

6. Elektrochemische Energiespeicherzelle (**10, 20**) gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Referenzelektrodenelement (**40**) auf den Kunststofffolienwickelkern (**32**) aufgebracht ist, welcher ein den Elektrodenwickel (**1, 21, 31**) zumindest abschnittsweise umgebendes Gehäuse (**2, 22**) der elektrochemischen Energiespeicherzelle (**10, 20**) zumindest abschnittsweise kontaktiert.

7. Elektrochemische Energiespeicherzelle (**10, 20**) gemäß wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Messleitungen und/oder Kommunikationsleitungen (**3.1**) zum Ermitteln eines Referenzelektrodenwertes an eine Außenwandung (**2.3**) eines den Elektrodenwickel zumindest (**1, 21, 31**) abschnittsweise umgebenden Gehäuses (**2, 22**) der elektrochemischen Energiespeicherzelle (**10, 20**) angeordnet ist.

8. Elektrochemische Energiespeicherzelle (**10, 20**) gemäß wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Referenzelektrodenelement (**40**) gegenüber einem den Elektrodenwickel (**1, 21, 31**) zumindest abschnittsweise umgebenden Gehäuse (**2, 22**) der elektroche-

mischen Energiespeicherzelle (**10, 20**) isoliert ist, sofern das Gehäuse (**2, 22**) mit einem der Elektroden (**6, 7**) in Wirkverbindung ist.

9. Akkumulator und insbesondere Lithium-Ionen-Akkumulator zum Versorgen eines elektrischen Verbrauchers mit elektrischer Energie, aufweisend wenigstens eine elektrochemische Energiespeicherzelle (**10, 20**) gemäß wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 8.

10. Verfahren zum Ermitteln eines Elektrodenpotentials einer Elektrode (**2, 6**) einer elektrochemischen Energiespeicherzelle (**10, 20**) gemäß wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 8, wobei über an einem den Elektrodenwickel (**1, 21, 31**) zumindest abschnittsweise umgebenden Gehäuse (**2, 22**) der elektrochemischen Energiespeicherzelle (**10, 20**) angeordnete Messleitungen und/oder Kommunikationsleitungen (**3.1**) Referenzelektrodenwerte des das Gehäuse (**2, 22**) zumindest abschnittsweise kontaktierenden oder wenigstens einen Teil des Gehäuses (**2, 22**) bildenden Referenzelektroden-elementes (**40**) an eine Auswerteeinheit übertragen werden.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

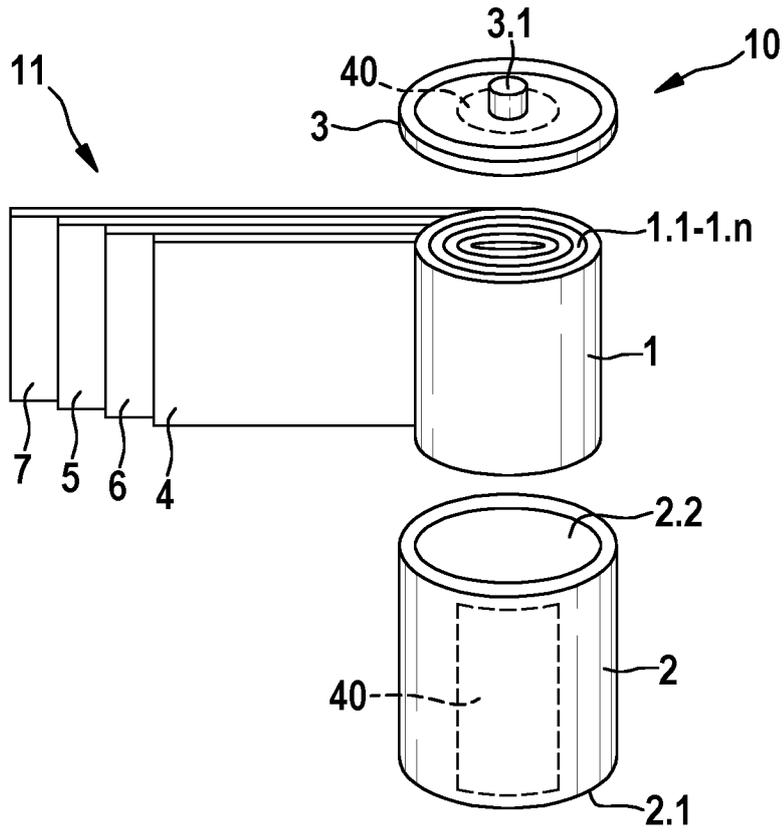


Fig. 1

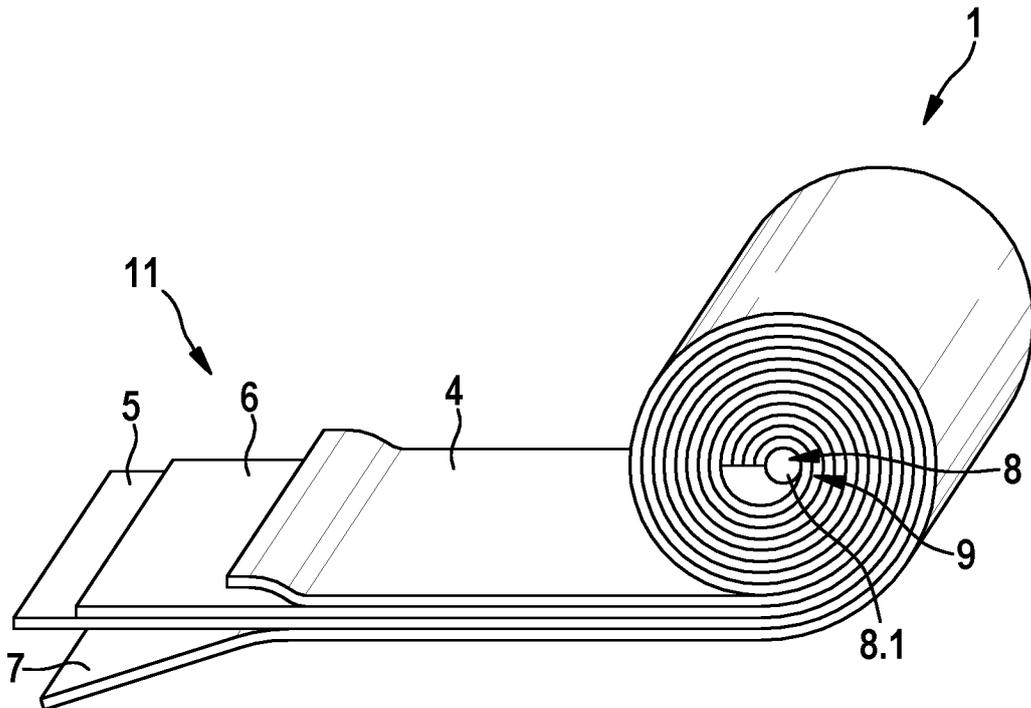


Fig. 2

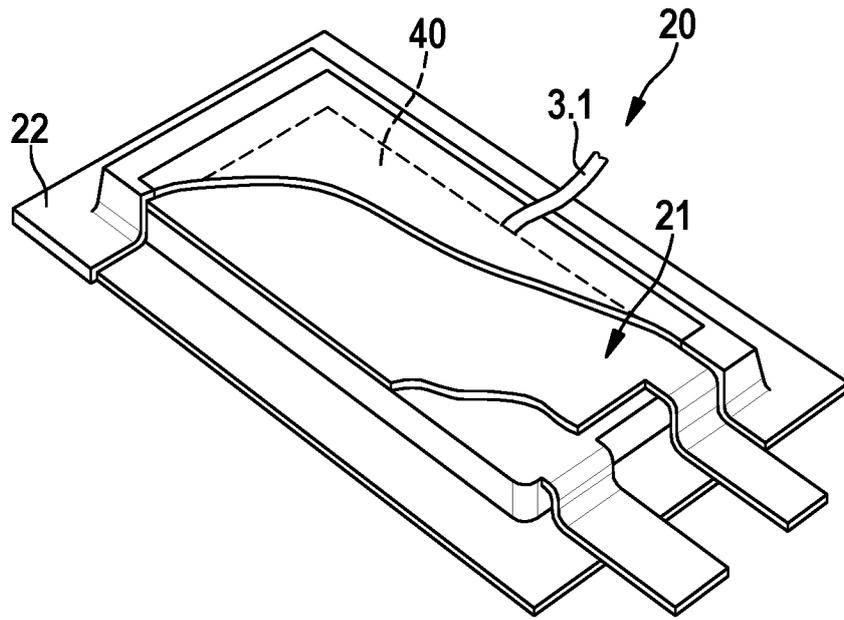


Fig. 3

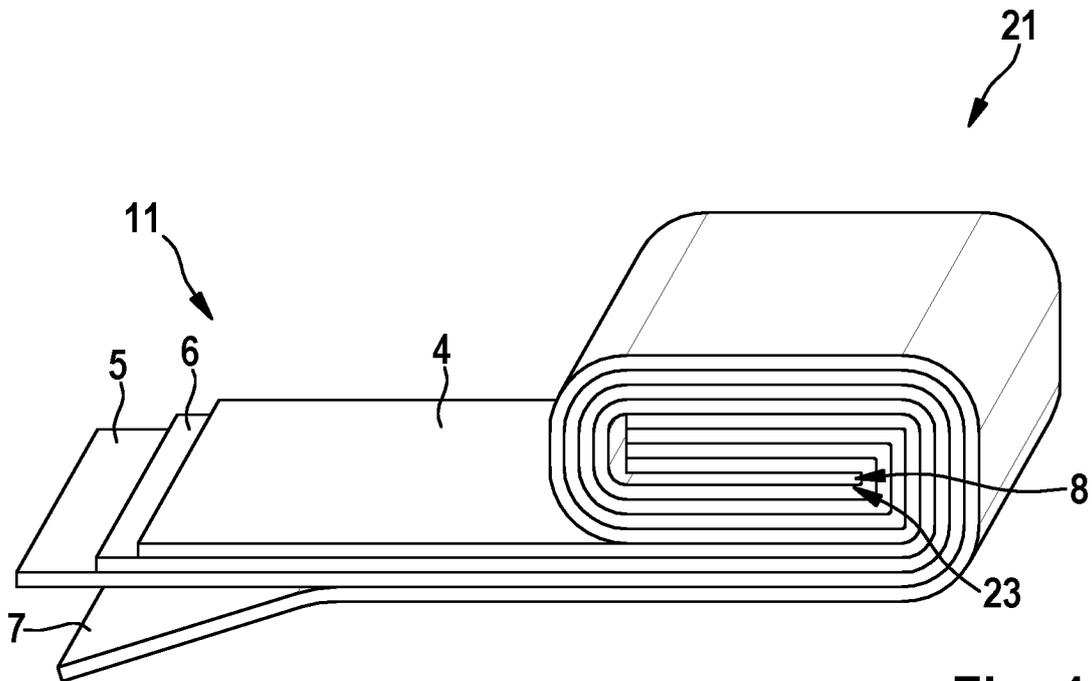


Fig. 4

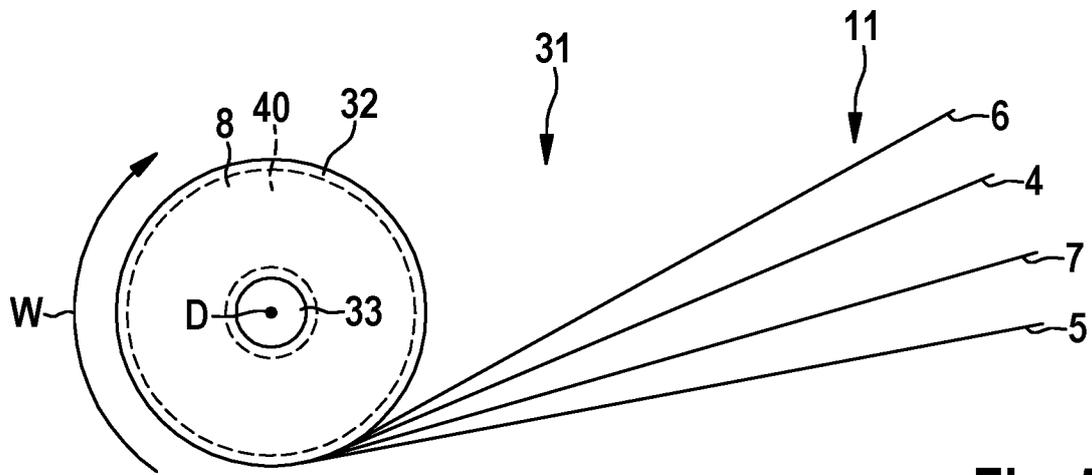


Fig. 5

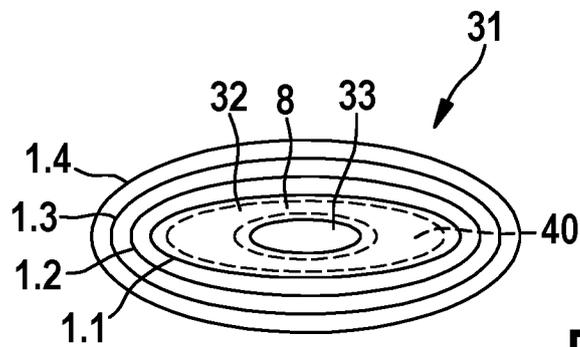


Fig. 6

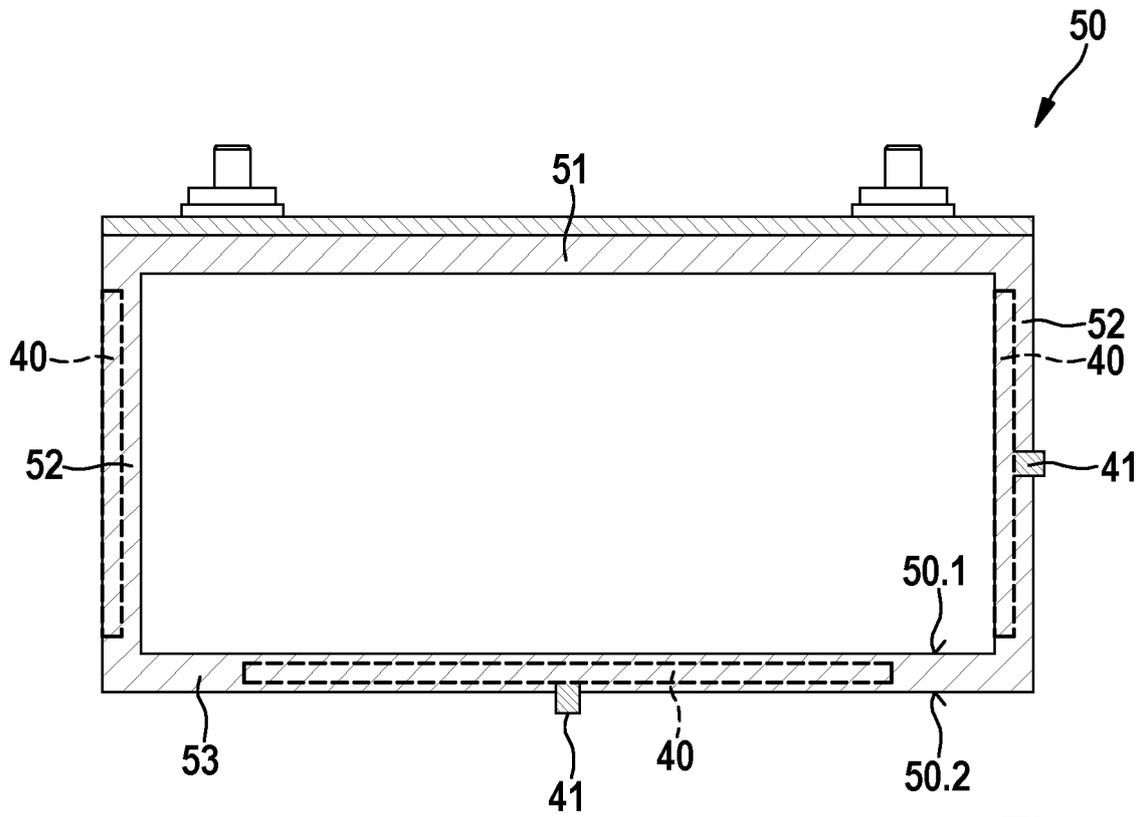


Fig. 7

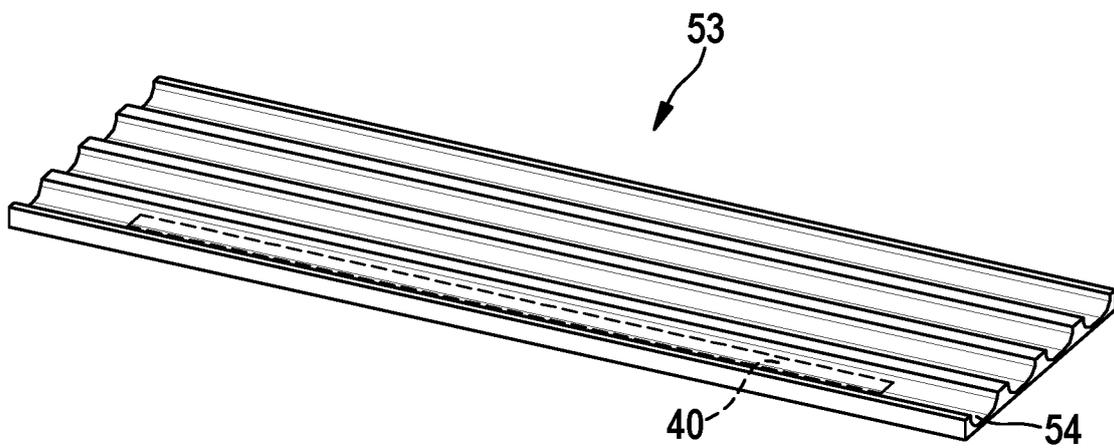


Fig. 8