



(10) **DE 10 2014 201 836 A1** 2015.08.06

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 201 836.6**

(22) Anmeldetag: **03.02.2014**

(43) Offenlegungstag: **06.08.2015**

(51) Int Cl.: **H01M 2/14 (2006.01)**

**H01M 2/18 (2006.01)**

**H01M 10/052 (2010.01)**

**H01M 10/058 (2010.01)**

**H01M 4/134 (2010.01)**

**H01M 4/136 (2010.01)**

**H01M 4/58 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Antrag auf Teilnennung; Kretschmar,  
Thomas, 96050 Bamberg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**DE 10 2011 015 830 A1**

**DE 10 2012 208 311 A1**

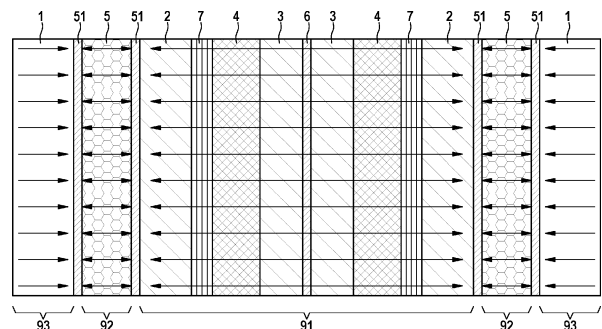
**DE 17 71 029 A**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Galvanische Batteriezelle, insbesondere wiederaufladbare Lithium-Schwefel-Batteriezelle, mit Volumenausgleichselement**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine galvanische Batteriezelle, eine insbesondere Lithium-Schwefel-Batteriezelle, mit einem Gehäuse (1), zumindest einer Anode (2), zumindest einer Schwefel-Kathode (3), einem zwischen der Anode (2) und der Kathode (3) angeordneten Separatorelement (4), und zumindest einem elastischen Volumenausgleichselement (5) zum Ausgleich einer Volumenänderung der Anode (2) und/oder der Kathode (3). Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine wiederaufladbare Lithium-Schwefel-Batterie mit zumindest zwei derartigen Lithium-Schwefel-Batteriezellen.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine galvanische Batteriezelle mit zumindest einem Volumenausgleichselement, wobei die galvanische Batteriezelle insbesondere eine wiederaufladbare Lithium-Schwefel-Batteriezelle ist. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine wiederaufladbare Lithium-Schwefel-Batterie mit zumindest zwei der erfindungsgemäßen Lithium-Schwefel-Batteriezellen. Mit dem Begriff Batterie ist hier gemeint, dass mindestens zwei Batteriezellen verschaltet sind. Die Begriffe Batteriezelle und Zelle werden in der vorliegenden Schrift synonym verwendet.

**[0002]** In verschiedenen Technologie-Bereichen kommen in letzter Zeit vermehrt hochentwickelte wiederaufladbare Batterien, auch als Sekundärbatterie oder Akkumulatoren bezeichnet, zum Einsatz, das heißt ein paralleler oder serieller Zusammenschluss mehrerer einzelner elektrisch verschalteter wiederaufladbarer Batteriezellen zu einem Batteriepack oder einem sogenannten Batteriemodul. Anwendungsmöglichkeiten für derartige Batterien sind zum Beispiel im Kraftfahrzeugbereich zum Antrieb eines Elektromotors oder eines Elektro-Zusatzmotors zu finden, der zusätzlich zu einem herkömmlichen Verbrennungsmotor vorgesehen sein kann, beispielsweise in einem Hybridfahrzeug oder dergleichen, sowie in anderen technischen Bereichen, wie zum Beispiel bei stationären Anlagen, Mobilfunktelefonen, Smartphones, tragbaren Computer, Videokameras oder MP3-Playern. Bereits für ein breites Einsatzgebiet von Applikationen bekannt ist dabei die Lithium-Ionen-Batterietechnologie, die sich durch eine hohe Energiedichte und eine äußerst geringe Selbstentladung hervorhebt. Bekannte wiederaufladbare Lithium-Ionen-Batterien bestehen dabei aus mindestens einer, üblicherweise aus zwei und mehr Lithium-Ionen-Batteriezellen, die mindestens eine positive und eine negative Elektrode besitzen, welche Lithium-Ionen reversibel ein- oder wieder auslagern können. Ein Beispiel für eine derartige bekannte Lithium-Ionen-Batteriezelle ist in DE 10 2011 015 830 A1 zu finden, die einen Elektrodenstapel enthält, welcher mehrere Elektrodenblätter und dazwischen angeordnete Separatorblätter aufweist. Ferner umfasst die darin beschriebene Lithium-Ionen-Batteriezelle ein oder mehrere Volumenkompensationseinrichtungen, die dazu dienen, Volumenänderungen der elektrochemischen Zelle, die insbesondere durch Lade- und Entladevorgänge der Zelle bedingt sind, im Verhältnis zu einer Zellhalteeinrichtung auszugleichen, damit die Zelle gleichmäßig kraft- oder reibschlüssig mit der Zellhalteeinrichtung wirkverbunden ist.

**[0003]** Lithium-Ionen-Batteriezellen haben jedoch den Nachteil, dass deren Energiedichte im Verhält-

nis zu deren Gewicht nicht hoch genug ist, um beispielsweise Elektrofahrzeuge ausreichend zu versorgen, insbesondere um zum Beispiel eine zufriedenstellende Reichweite des Elektrofahrzeugs zu erzielen. Folglich ist die Forschung auf Kraftfahrzeugtechnikgebiet bestrebt, neue Konzepte für Sekundärbatteriezellen zu entwickeln. Das gegenwärtig vielversprechendste Zukunftskonzept für Sekundärbatterien beruht dabei auf einer Lithium-Schwefel-Basis, die die bekannten Einschränkungen hinsichtlich Energiedichte und damit auch hinsichtlich der stark beschränkten Reichweite von Elektrofahrzeugen überwinden soll. Mit umfassenden Forschungsaktivitäten wird aktuell versucht, die technischen Herausforderungen der Lithium-Schwefel-Batterien zu lösen. Ein wichtiger Aspekt sind dabei die starken Volumenänderungen beziehungsweise die signifikanten Elektroden-Volumenschübe, die bei einem Lade- oder Entladevorgang der jeweiligen Batteriezelle auftreten. So wird beim Entladevorgang der Batteriezelle das metallische Lithium der Zellanode sukzessive abgebaut. Es verbindet sich in einem ersten großen Entladungsabschnitt mit Schwefel zu sogenannten Polysulfiden ( $\text{Li}_2\text{S}_x$  mit  $x > 4$ ), die im Elektrolyt löslich sind. Bei der maximal erreichbaren Konzentration an gelösten Polysulfiden im Elektrolyt wird dabei das Innenvolumen der Batteriezelle am wenigsten eingenommen. Bei fortschreitender Entladung werden die Polysulfide jedoch weiter reduziert und scheiden sich schließlich als  $\text{Li}_2\text{S}_2$  und  $\text{Li}_2\text{S}$  in beziehungsweise an der porösen Kathode ab. Hierbei ändern sich erneut das Volumen der Elektroden und damit das gesamte Zellvolumen. Diese Vorgänge finden bei einem Aufladen der Batteriezelle in entsprechend umgekehrter Reihenfolge erneut statt. Abhängig vom genauen Aufbau der jeweiligen Batteriezelle, insbesondere in Abhängigkeit von den dabei zur Anwendung kommenden Schichtdicken, kann von einer relativen Volumenänderung des Gesamtzellvolumens im Bereich von  $>12\%$  ausgegangen werden, wobei dieser Wert proportional zur praktisch erreichten spezifischen Energiedichte weiter ansteigen könnte.

**[0004]** Um insbesondere beim Laden der Zelle das Lithium dicht, gleichförmig und homogen auf der Anode abzuscheiden ist ein entsprechender Druck auf die Zelle beziehungsweise auf die jeweilige Elektrode von außen notwendig. Gewünschte Werte können im Bereich von  $100 \text{ N/cm}^2$  liegen. Wird dieser Druck nicht gewährleistet, findet die Rücklagerung des Lithiums tendenziell unerwünschterweise in einer schwammartigen, unregelmäßigen und inhomogenen Ablagerung statt. Dies führt zu stark reduzierten Lebensdauern und Zyklenfestigkeiten und zum stetigen Anschwellen der Zellen, insbesondere bei sogenannten Beutel-Batteriezellen, auch als Pouch-Zellen oder Softpacks bekannt, die eine weiche, beispielsweise auf Aluminiumverbundfolie basierende Außenverpackung besitzen. Folglich scheint es fraglich, ob eine derartige Volumenänderung bei Lithium-Schwe-

fel-Batteriezellen überhaupt komplett verhindert werden kann oder aber prinzipiell toleriert werden muss. Es kann daher von der Notwendigkeit einer gleichmäßigen Druckbelastung der Batteriezelle beziehungsweise deren Elektroden ausgegangen werden, die beispielsweise durch eine konstante, vom Volumen der Batteriezelle beziehungsweise von deren Zelldimension unabhängige Kraftereinleitung oder Druckbeaufschlagung erzielt werden kann.

**[0005]** Als Lösung zu dem vorhergehend beschriebenen Problem wurde bislang zum Zyklieren entsprechender Prototypen neuartiger Lithium-Schwefel-Batteriezellen unter anderem eine überfederte Spannvorrichtung aus Metall eingesetzt. Ein Übertrag einer derartigen experimentellen Spannvorrichtung auf ein reales Endprodukt, insbesondere ein für den Einsatz im Fahrzeug ausgelegtes Batteriemodul oder Batteriepackdesign erscheint bislang insbesondere aus Gewichtsgründen nicht sinnvoll oder würde zumindest die technologischen Vorteile der Lithium-Schwefel-Technik, wie zum Beispiel das Verhältnis der hohen Energiedichte zum geringen Gewicht der Batteriezelle, wieder durch das Zusatzgewicht für die Spannvorrichtung, Federmechanismus und Kraftereinleitung relativieren. Ein brauchbares realistisches und insbesondere gewichtssparendes Konzept zur Lösung des vorhergehend beschriebenen Problems ist bislang nicht vorhanden. Eine direkte Übertragung des aus dem oben genannten Stand der Technik, das heißt des beispielsweise aus der DE 10 2011 015 830 A1 bekannten Lösungsansatzes ist diesbezüglich nicht möglich, da sich der prinzipielle Aufbau und die Funktionsweise einer Lithium-Ionen-Batteriezelle grundlegend von dem Aufbau und der Funktionsweise einer Lithium-Schwefel-Batteriezelle unterscheiden, insbesondere in Bezug auf die durch die Entladung entstehenden potentiell giftigen Lithiumsulfide, die unter allen Umständen unter Verschluss zu halten sind.

#### Offenbarung der Erfindung

**[0006]** Um die vorhergehend beschriebenen Probleme des Stands der Technik zu lösen wird mit der vorliegenden Erfindung eine galvanische Batteriezelle, insbesondere eine Lithium-Schwefel-Batteriezelle bereitgestellt. Die erfindungsgemäße Batteriezelle hat dabei ein Gehäuse und Elektroden, das heißt zumindest eine Anode, die vorzugsweise eine metallische Lithium-Anode oder eine Anode aus einer Lithium-Legierung, aus einem Kohlenstoff oder aus einem Silizium-Kohlenstoff-Verbundwerkstoff ist, sowie zumindest eine Schwefel-Kathode. Ferner weist die erfindungsgemäße Batteriezelle ein Separatorelement auf, das zwischen den Elektroden, also zwischen der Anode, das heißt der negativen Elektrode, und der Kathode, das heißt der positiven Elektrode, angeordnet ist, um diese voneinander zu trennen, sowie zumindest ein elastisches reversibles

Volumenausgleichselement, das zum Ausgleich einer potentiellen Volumenänderung beziehungsweise der Volumenschübe der Anode und/oder der Kathode dient. Erfindungsgemäß ist folglich ein derartiges volumenausgleichendes Element, vorzugsweise in Form einer Volumina-komprimierbaren Schicht, zwischen den bekannten notwendigen Batterieelementen wie zum Beispiel den Elektroden, insbesondere zwischen der Anode oder Kathode sowie Separatorelementen eingebracht, oder aber das Volumenausgleichselement ist als Teil des Separatorelements oder als Strom-Kollektor oder Teil eines Strom-Kollektors einer der Elektroden der Batteriezelle vorgesehen. Das Volumenausgleichselement kann demnach als elastischer Separator, als Ableiter an Kathode und Anode oder als zusätzliches Element außerhalb von Anode, Separator oder Kathode vorgesehen sein. Abhängig von der Gestaltung des Gehäuses der erfindungsgemäßen Batteriezelle kann die erfindungsgemäße Batteriezelle eine Hartschalen-Batteriezelle, also eine sogenannte Hardcase-Zelle mit einem Hartschalengehäuse, zum Beispiel aus tiefgezogenem Aluminium, oder eine Beutel-Batteriezelle mit einem beutelartigen Gehäuse beziehungsweise einer weichen Verpackung beispielsweise aus Aluminiumverbundfolie sein, auch als Pouch-Zelle oder Softpack bekannt.

**[0007]** Alternativ oder zusätzlich zu der vorhergehend beschriebenen Ausführung können mehrere Volumenausgleichselemente in der erfindungsgemäßen Batteriezelle vorgesehen sein, von denen zumindest eines als Teil des Separatorelements, zumindest eines als Kollektor oder Teil des Kollektors einer der Elektroden und zumindest eines als separates Bauteil ausgebildet ist. Zumindest eines oder auch jedes Volumenausgleichselement umfasst ein elastisches, netzwerkartiges beziehungsweise poröses Gebilde, das die Volumenschübe der Elektroden beim Laden oder Entladen der wiederaufladbaren Batteriezelle aufnimmt und damit eine unerwünschte Volumenänderung der Zelle in Summe ausgleichen kann. Das Volumenausgleichselement besitzt neben seiner Elastizität vorzugsweise eine Porosität von 5 bis 95 Volumen-%, weiter vorzugsweise von 20 bis 80 Volumen-%, ganz bevorzugt von 30 bis 70 Volumen-%. Das erfindungsgemäße poröse Volumenausgleichselement kann ferner ein Flüssig-Elektrolyt oder ein Gel-Elektrolyt der Batteriezelle aufnehmen, speichern und/oder abgeben. Zudem kann das Volumenausgleichselement zur Ableitung von Wärme über das Gehäuse nach außen dienen, also zusätzliche Kühlungsfunktionen in Form einer Ableitung der Wärme über vorhandene Metalle wahrnehmen. Das Volumenausgleichselement kann dabei ein Vlies, ein Volumenvlies eine poröse Membran oder ein Schaumelement sein. Es gibt dabei unter anderem auf Polyimid, auf Polyester-Aramid aber auch auf Cellulose basierte Vlies-Separatoren. Ein Beispiel ist ein auf

Polyimid basierter Separator, der unter dem Trademarken Energain® von DuPont (USA) vertrieben wird.

**[0008]** In einer bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Batteriezelle weist das Volumenausgleichselement ein Material auf Metallbasis, insbesondere Aluminium, Nickel, Kupfer oder Edelstahl, ein Material auf Kohlenstoffbasis oder ein Material auf Cellulose-, Kunststoff- oder Glasbasis auf, wobei das Volumenausgleichselement auch vollständig aus diesem Material bestehen kann. Alternativ dazu kann das Volumenausgleichselement auch einen Verbund aus zwei oder mehreren dieser Materialien aufweisen oder auch vollständig aus diesem bestehen. Für den Fall, dass das Volumenausgleichselement als Kollektor oder Teil eines Kollektors einer Elektrode vorgesehen ist, sind die auf Glas beziehungsweise auf Kunststoff basierten Materialien vorzugsweise vollflächig mit Metall oder Kohlenstoff beschichtet, um deren Leitfähigkeit zu gewährleisten.

**[0009]** Das Volumenausgleichselement der erfindungsgemäßen Batteriezelle weist auf zumindest einer Seitenfläche eine leitfähige Schicht auf, die vorzugsweise Aluminium, Kupfer, Nickel, Edelstahl, Ruß, Graphit oder Graphen aufweist, oder auch vollständig aus diesem Material bestehen kann. Die durch das Volumenausgleichselement ausgebildete volumenausgleichende Schicht kann ferner auf beiden Seiten mit einer dünnen, elektrisch leitfähigen Schicht versehen sein. Mit „Seite“ ist dabei eine der beiden Seitenflächen des Volumenausgleichselements gemeint, deren Oberfläche groß im Vergleich zu der Oberfläche der verbleibenden Seitenflächen des Volumenausgleichselements ist. Diese Schicht liegt dabei an der Rückseite einer Elektrode an und könnte zusätzlich als Stromableiter (Synonym für Kollektor) dienen, im Englischen in dieser Form als „current collector foil“ bezeichnet.

**[0010]** Die erfindungsgemäße Batteriezelle ist vorzugsweise in Form einer Stapelanordnung ausgebildet, die zumindest aus der Schwefel-Kathode, dem Separatorelement, der Anode und dem Volumenausgleichselement in dieser Reihenfolge aufgebaut ist. Das Gehäuse umgibt dabei vorzugsweise die Stapelanordnung. Eine Richtung der Volumenänderung liegt bei dieser Anordnung in Stapelrichtung. Die Volumenänderung verläuft also in einer Richtung im Wesentlichen senkrecht zu der Hauptfläche der einzelnen Batteriezellenelemente, das heißt in einer sogenannten Dickenrichtung der Batteriezelle, wobei das Volumenausgleichselement die Volumenänderung zumindest teilweise ausgleichen kann, vorzugsweise vollständig ausgleichen kann. Die Volumenänderung kann bei einer derartigen Anordnung als Dickenänderung der Zelle beschrieben werden. Die notwendige Dicke aller Volumenausgleichselemente wird insbesondere durch das Kompressionsvermögen bestimmt. Die gesamte komprimierbare Länge

aller Volumenausgleichselemente muss mindestens in der Größenordnung der gesamten transferierten Lithium-Anoden-Schichtdicke liegen.

**[0011]** Alternativ dazu kann die erfindungsgemäße Batteriezelle eine Stapelanordnung aufweisen, die zumindest aus der Schwefel-Kathode, dem Separatorelement und der Anode in dieser Reihenfolge aufgebaut ist, wobei das Ausgleichselement als Teil des Separatorelements ausgebildet ist und die Volumenänderung zumindest teilweise ausgleicht. Das Gehäuse umgibt dabei vorzugsweise die Stapelanordnung. Dadurch wird eine funktionale Integration des Volumenausgleichs direkt in das Separatorelement erzielt, wofür insbesondere Separatoren basierend auf Polyesterbasis oder vorzugsweise Polyimid geeignet sind. Beide erwähnten Separatoren sind dabei vorzugsweise Vliese, die aus einem phasenförmigen Netz bestehen.

**[0012]** Zusätzlich könnte bei der erfindungsgemäßen Batteriezelle ein weiteres Volumenausgleichselement auch außerhalb der Batteriezelle, also außerhalb der Anordnung aus Anode, Schwefel-Kathode, Separatorelement und Volumenausgleichselement angeordnet sein, vorzugsweise wobei das zusätzliche Volumenausgleichselement als elektrische Isolierung wirkt. Bei einem Verbund aus mehreren derartigen Batteriezellen, also einer Batterie mit mehreren derartigen Batteriezellen kann ein entsprechendes weiteres oder zusätzliches Volumenausgleichselement auch zwischen den einzelnen Zellen angeordnet sein. In einem derartigen Fall wäre eine zusätzliche Funktion der elektrischen Isolierung durch das Volumenausgleichselement integrierbar.

**[0013]** Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der Erfindung wird ferner eine wiederaufladbare Lithium-Schwefel-Batterie mit zumindest zwei der vorhergehend beschriebenen Lithium-Schwefel-Batteriezellen bereitgestellt, wobei vorzugsweise ein zusätzliches Volumenausgleichselement zwischen den einzelnen Batteriezellen angeordnet ist, das hier weiter vorzugsweise als elektrische Isolierung wirkt.

#### Vorteile der Erfindung

**[0014]** Die erfindungsgemäße Batteriezelle, insbesondere das Volumenausgleichselement der erfindungsgemäßen Batteriezelle erzielt einen Volumenausgleich innerhalb jeder Batteriezelle bei einem Aufladen und/oder Entladen der jeweiligen Zelle, bei gleichzeitiger konstanter Krafteinleitung beziehungsweise Druckbeaufschlagung insbesondere auf die einzelnen Lithium-Schwefel-Batteriezellenelemente, ohne eine wesentliche Gewichtszunahme mit sich zu bringen. Sie stellt damit eine deutliche Verbesserung zu einem komplexen Batteriezellendesign mit notwendiger mechanischer Federfunktion durch eine entsprechende Metallkonstruktion oder anderer me-

chanisch belastbarer Strukturen dar, die entgegenwirkende Kräfte beziehungsweise Druck von außen in eine Zelle oder einen Zellverbund einleitet. Durch die geringe Dichte der Volumenausgleichselemente sowie die relativ geringe notwendige Materialdicke ist nur eine geringe, zu vernachlässigende Gewichtszunahme im Gesamtbatteriemodul zu erwarten. Die gesamte spezifische Energie, also der Quotient aus gespeicherter Energie und Masse des Gesamtmoduls wird nicht wesentlich herabgesetzt.

**[0015]** Die mittels des Volumenausgleichselements erzielte erfindungsgemäße Batteriezelle kann grundsätzlich sowohl bei Hardcase-Zellen als auch bei Pouch-Zellen eingesetzt werden, wobei in beiden Fällen der gewünschte Volumenausgleich im Inneren der Zelle ermöglicht wird. Durch die vollflächige Anlage des Volumenausgleichselementes wird eine sehr konstante und homogene Kraftverteilung erreicht. Dies ist wiederum sehr vorteilhaft für die Lebensdauer und Zyklenstabilität der jeweiligen Batteriezelle.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0016]** Fig. 1 der vorliegenden Erfindung zeigt einen schematischen Schichtaufbau einer Lithium-Schwefel-Batteriezelle gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

#### Bevorzugte Ausführungsform der Erfindung

**[0017]** Fig. 1 zeigt eine bevorzugte Ausführung der erfindungsgemäßen Batteriezelle, und genauer gesagt den Schichtaufbau einer Batteriezelle gemäß der bevorzugten Ausführung im Teil-Querschnitt.

**[0018]** Der gezeigte Schichtaufbau erstreckt sich von der Mitte ausgehend auf beide Seiten in einem gleichartigen Aufbau, der insgesamt in einem Gehäuse **1** angeordnet ist, von dem in der Figur in der Schnittdarstellung nur die beiden äußeren Wände dargestellt sind, die dem Schichtaufbau von außen begrenzen. Von der Mitte des Schichtaufbaus nach außen gehend weist die dargestellte Batteriezelle einen Stromableiter **6** auf, der den Strom aus einer Kathode **3** ableitet, anschließend die Kathode **3** selbst, ein Separatorelement **4**, eine Anodenschutzschicht **7**, eine Anode **2**, sowie ein Volumenausgleichselement **5** mit jeweiligen optionalen Stromableiterbeschichtungen **51**. Alle Komponenten des Schichtaufbaus liegen dabei in Schichtform vor, die entsprechend aneinander geschichtet sind. Bei der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Batteriezelle weist die Kathode **3** Schwefel auf, der vorzugsweise in einem elektrisch leitfähigen Gemisch vorliegt, beispielsweise in einem Kohlenstoffgefüge. Das Separatorelement **4** dient bei dem Schichtaufbau als Isolierung und Trennung zwischen der Schwefel-Kathode **3** und der Anode **2**,

die hier Lithium umfasst. Zwischen dem Separatorelement **4** und der Lithium-Anode **2** ist die Anodenschutzschicht **7** angeordnet, die unter anderem dazu dient, die Lithium-Anode **2** vor dem üblicherweise aggressiven Elektrolyt und den gelösten Lithium-Sulfiden zu schützen, welche des Weiteren in der Batteriezelle enthalten sind. Die Anodenschutzschicht **7** kann dabei aus einem festen organischen, anorganischen oder keramischen Lithium-Ionen-Leiter aufgebaut sein. Das Volumenausgleichselement **5** liegt bei der vorliegenden Ausführungsform als separates Bauteil vor und umfasst ein vernetztes flexibles Aluminiumgebilde mit hoher Porosität, beispielsweise 80 Volumen-%. Alternativ zu dem Aluminiumgebilde kann das Ausgleichselement **5** auch aus einem Kohlenstoffvlies aufgebaut sein, oder weiter alternativ aus Polymere-Materialien. Durch die Porosität des Volumenausgleichselements **5** erhält dieses unter anderem seine gewünschte Flexibilität, durch die eine potentielle Volumenveränderung der Elektroden **2**, **3** kompensiert werden kann. Ferner kann dadurch in der Batteriezelle enthaltenes Elektrolyt (nicht gezeigt) in dem Volumenausgleichselement **5** aufgenommen beziehungsweise gespeichert werden, das bei Bedarf entsprechend wieder abgegeben werden kann. Die Stromableiterbeschichtungen **51** des Volumenausgleichselements **5** sind, die als optionale Komponente des Volumenausgleichselements **5** vorgesehen sind, umfassen bei der vorliegenden Ausführungsform Kupfer- oder Nickelschichten, die den Strom der Lithium-Anode **2** leiten. Das Gehäuse **1** der in Fig. 1 gezeigten Batteriezelle stellt bei der bevorzugten Ausführungsform einen Teil eines Hartschalengehäuses **1** dar, in dem der beschriebene Schichtaufbau vollständig aufgenommen ist.

**[0019]** Im Betrieb der erfindungsgemäßen Batteriezelle können bei deren Laden oder Entladen, wie bereits vorhergehend beschrieben, Volumenänderungen der Elektroden **2**, **3** auftreten. Beispielsweise wird beim Entladevorgang das metallische Lithium der Anode **2** sukzessive abgebaut und verbindet sich mit dem Schwefel der Kathode **3** zu im Elektrolyt gelösten Polysulfiden. Bei fortschreitender Entladung scheiden sich die Polysulfide schließlich als  $\text{LiS}_2$  und  $\text{Li}_2\text{S}$  in oder an der porösen Kathode **3** ab, wodurch sich eine Volumenänderung der Elektroden **2**, **3** und damit des gesamten Zellvolumens ergibt. Diese Vorgänge finden bei einem Aufladen der Batteriezelle in entsprechend umgekehrter Reihenfolge erneut statt. Um insbesondere beim Laden der Zelle das Lithium dicht, gleichförmig und homogen auf der Anode **2** abzuscheiden ist ein entsprechender Druck auf die Zelle beziehungsweise die jeweilige Elektrode **2**, **3** von außen notwendig, der durch das Gehäuse **1** ausgeübt werden kann. Diese Volumenänderungen der Elektroden **2**, **3**, die in Fig. 1 im Bereich **91** mit Pfeilen dargestellt sind, welche von der Kathode **3** nach außen in Dickenrichtung der Batteriezelle verlaufen, können bei einer regulären Batteriezelle

le zu unerwünschten Schädigungen unter anderem des Gehäuses **1** führen, beispielsweise zu einem Beschädigen oder Aufplatzen des Gehäuses **1** und damit zu einer Druckerhöhung bis hin zu einem unerwünschten Austritt von gefährlichen Inhaltstoffen der Batteriezelle. Um nun die auftretenden Volumenänderungen im Bereich **91** ausgleichen zu können, die im Regelfall auf die vom Gehäuse **1** von außen nach innen wirkenden Einschlusskräfte treffen, welche im Bereich **93** durch nach innen gerichtete Pfeile dargestellt sind, sind bei der erfindungsgemäßen Batteriezelle die Volumenausgleichselemente **5** im Bereich **92** der Batteriezelle außen an der jeweiligen Anode **2** vorgesehen, die die von außen wirkenden Druckkräfte im Bereich **93** und die von innen heraus wirkenden Expansionskräfte der Elektroden **2, 3** im Bereich **91** aufnehmen und dadurch ausgleichen können, wie es im Bereich **92** durch Pfeile dargestellt ist. Demzufolge kann das Volumenausgleichselement **5** eine Beschädigung des Gehäuses **1** durch die beim Laden oder Entladen der Batteriezelle auftretenden Expansionskräfte der sich ausdehnenden Elektroden **2, 3** verhindern und dadurch einen wesentlichen Sicherheitsfaktor für die Verwendung von Lithium-Schwefel-Batteriezellen bereitstellen.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102011015830 A1 [0002, 0005]

**Patentansprüche**

1. Galvanische Batteriezelle, insbesondere Lithium-Schwefel-Batteriezelle, mit einem Gehäuse (1), zumindest einer Anode (2), zumindest einer Schwefel-Kathode (3), einem zwischen der Anode (2) und der Kathode (3) angeordneten Separatorelement (4), und zumindest einem elastischen Volumenausgleichselement (5) zum Ausgleich einer Volumenänderung der Anode (2) und/oder der Kathode (3).

2. Batteriezelle nach Anspruch 1, wobei das Volumenausgleichselement (5) eine Porosität von 5 bis 95 Volumen-% aufweist.

3. Batteriezelle nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Volumenausgleichselement (5) ein Vlies, ein Volumenvlies eine poröse Membran oder ein Schaumelement ist.

4. Batteriezelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Volumenausgleichselement (5) ein Material auf Metallbasis, insbesondere Aluminium, Kupfer, Nickel oder Edelstahl, ein Material auf Kohlenstoffbasis oder ein Material auf Kunststoffbasis oder Glasbasis aufweist, oder einen Verbund aus zwei oder mehreren dieser Materialien.

5. Batteriezelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Volumenausgleichselement (5) auf zumindest einer Seitenfläche eine leitfähige Schicht (51) aufweist, die vorzugsweise Kupfer, Nickel, Edelstahl, Aluminium, Ruß, Graphit oder Graphen aufweist.

6. Batteriezelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Anode (2) eine Lithium-Anode ist, oder eine Lithium-Legierung, Kohlenstoff oder einen Silizium-Kohlenstoff-Verbundwerkstoff aufweist.

7. Batteriezelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Batteriezelle eine Stapelanordnung aufweist, die zumindest aus der Schwefel-Kathode (3), dem Separatorelement (4), der Anode (2) und dem Volumenausgleichselement (5) in dieser Reihenfolge aufgebaut ist, wobei eine Volumenänderung in Stapelrichtung auftritt und das Volumenausgleichselement (5) die Volumenänderung zumindest teilweise ausgleicht, oder wobei die Batteriezelle eine Stapelanordnung aufweist, die zumindest aus der Schwefel-Kathode (3), dem Separatorelement (4) und der Anode (2) in dieser Reihenfolge aufgebaut ist, wobei eine Volumenänderung in Stapelrichtung auftritt, das Volumenausgleichselement (5) als Teil des Separatorelements (4) ausgebildet ist und die Volumenänderung zumindest teilweise ausgleicht.

8. Batteriezelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Batteriezelle ein zusätzliches Volumenausgleichselement aufweist, das außerhalb der Anordnung aus Anode (2), Schwefel-Kathode (3), Separatorelement (4) und Volumenausgleichselement (5) angeordnet ist, vorzugsweise wobei das zusätzliche Volumenausgleichselement als elektrische Isolierung wirkt.

9. Batteriezelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zumindest ein Volumenausgleichselement (5) Elektrolyt aufnehmen, speichern und/oder abgeben kann, und/oder wobei zumindest ein Volumenausgleichselement (5) zur Ableitung von Wärme über das Gehäuse (1) nach außen dient.

10. Batteriezelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Batteriezelle eine Hartschalen-Batteriezelle oder eine Beutel-Batteriezelle ist.

11. Wiederaufladbare Lithium-Schwefel-Batterie mit zumindest zwei der Lithium-Schwefel-Batteriezellen nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei vorzugsweise ein zusätzliches Volumenausgleichselement zwischen den einzelnen Batteriezellen angeordnet ist, wobei das zusätzliche Volumenausgleichselement weiter vorzugsweise als elektrische Isolierung wirkt.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

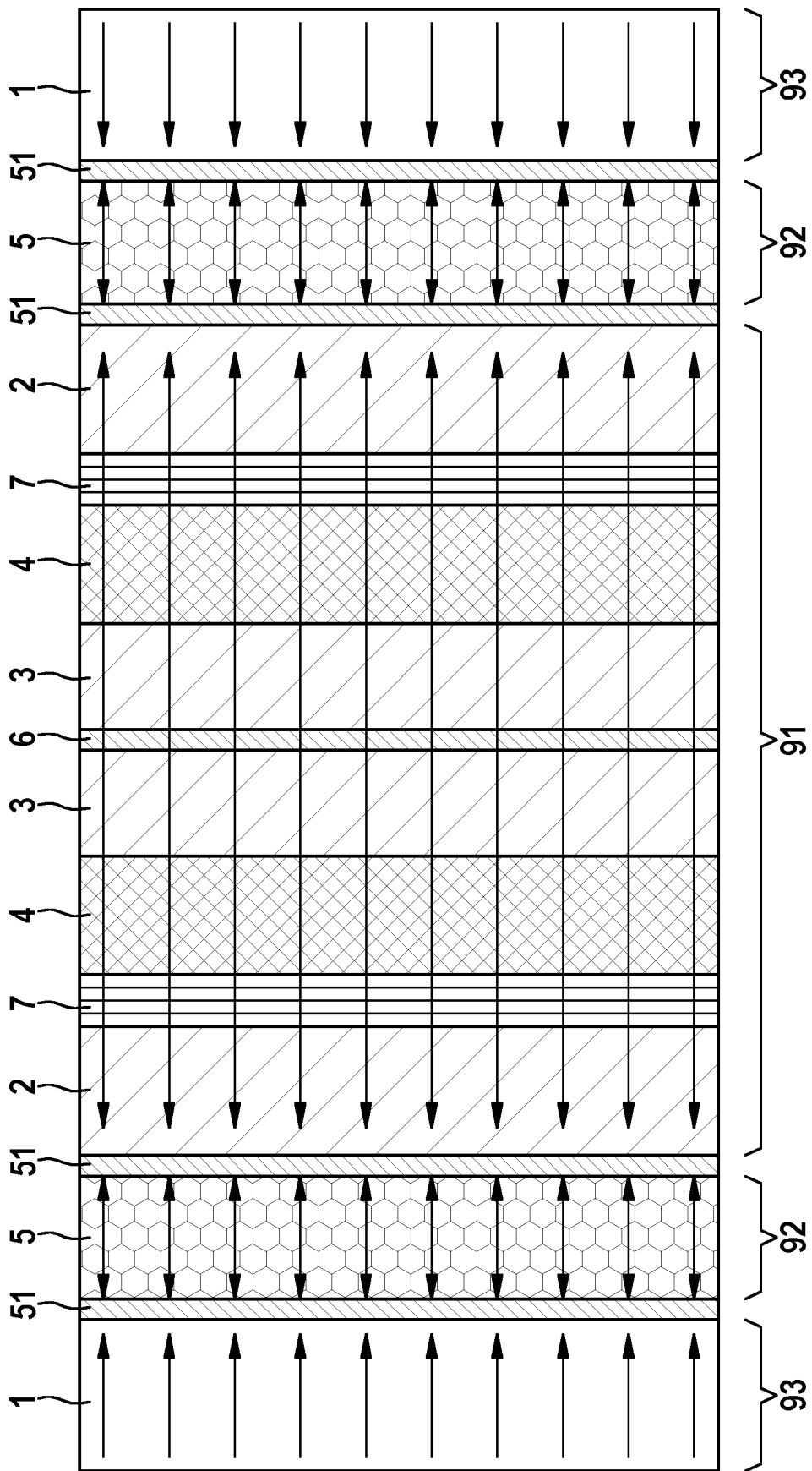


Fig. 1