



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2022 207 329.0**  
(22) Anmeldetag: **19.07.2022**  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **07.12.2023**

(51) Int Cl.: **H01M 4/62 (2006.01)**  
**H01M 4/04 (2006.01)**  
**H01M 4/1393 (2010.01)**  
**H01M 4/583 (2010.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT, 38440  
Wolfsburg, DE**

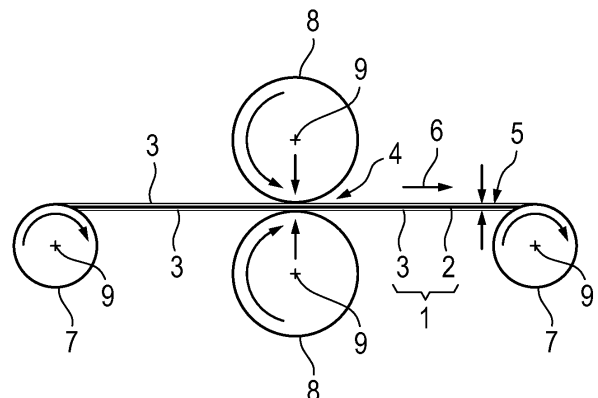
(56) Ermittelte Stand der Technik:  
**DE 10 2013 106 114 B4**

(72) Erfinder:  
**Hübner, Gerold, Dr., 38104 Braunschweig, DE;  
Kunze, Miriam, Dr., 30926 Seelze, DE; Hüsker,  
Jessica Maria, Dr., 38126 Braunschweig, DE**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer Elektrode einer Batteriezelle**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Herstellung einer Elektrode (1) einer Batteriezelle; wobei das Verfahren zumindest die folgenden Schritte aufweist:

- Bereitstellen eines Trägermaterials (2) der Elektrode (1);
- Beschichten des Trägermaterials (2) mit
  - einem Additiv, das eine Vielzahl von Poren aufweist und elastisch verformbar ist und
  - einer Aktivmaterialmischung; und Bilden einer Beschichtung (3);
- Kalandrieren des beschichteten Trägermaterials (2); wobei zumindest die Beschichtung (3) während des Kalandrierens verdichtet und damit eine Porosität der Beschichtung (3) verringert wird;
- Selbstinduziertes Vergrößern zumindest einer Dicke (4, 5) der Beschichtung (3) aufgrund einer elastischen Rückfederung des Additivs und damit Einstellung der Porosität der Beschichtung (3).



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Elektrode einer Batteriezelle. Insbesondere soll ein Aktivmaterial, das auf einem Trägermaterial angeordnet ist, auch nach einem Kalandrieren noch ausreichend Poren aufweisen, so dass eine durchgehende Benetzung mit Elektrolyt möglich ist. Das Trägermaterial umfasst insbesondere ein bandförmiges Trägermaterial.

**[0002]** Für den Antrieb von Kraftfahrzeugen werden vermehrt Batterien, insbesondere Lithium-Ionen-Batterien eingesetzt. Batterien werden üblicherweise aus Zellen zusammengesetzt, wobei jede Zelle einen Stapel von Anoden-, Kathoden- und Separator-Blättern aufweist. Zumindest ein Teil der Anoden- und Kathodenblätter sind als Stromableiter ausgeführt, zur Ableitung des von der Zelle bereitgestellten Stroms hin zu einem außerhalb der Zelle angeordneten Verbraucher.

**[0003]** Bei der Herstellung einer Lithium-Ionen-Batteriezelle wird ein sogenanntes Trägermaterial, insbesondere ein bandförmiges Trägermaterial, z. B. eine Trägerfolie, beidseitig mit einer Slurry (im Folgenden auch als Aktivmaterialmischung bezeichnet) über ein Auftragswerkzeug beschichtet. Die Slurry besteht aus mehreren Komponenten, u.a. einem Aktivmaterial, Leitruß, Binder, Lösungsmitteln und ggf. sonstigen Additiven. Nach der jeweils einseitig durchgeführten Beschichtung wird das beschichtete Trägermaterial jeweils einem Trocknungsprozess zugeführt, um das enthaltene Lösungsmittel zu verdampfen und die restlichen Bestandteile fest mit der Trägerfolie zu verbinden. Die Trägerfolie bildet einen Stromableiter der Batteriezelle.

**[0004]** Die so erzeugte Beschichtung ist porös. Die Porosität wird durch das Kalandrieren reduziert, da hier die Beschichtung verdichtet wird. Die Verdichtung ist erforderlich, um eine spezifische Kapazität (auf das Volumen bezogen) und eine elektrische Leitfähigkeit zu erhöhen. Die Aktivmaterialmischung wird beim Kalandrieren um mindestens 20 % (ca. 40 %) komprimiert. Der Kalandriervorgang ist dem Walzvorgang ähnlich.

**[0005]** Die Anode besteht insbesondere aus Graphit als Aktivmaterial; weiter enthält die Anode z. B. als Bindermaterial SBR, als Verdünner CMS und Leitkohle. Es wird insbesondere versucht, eine Dichte des Aktivmaterials von  $1,6 \text{ g/cm}^3$  [Gramm/ Kubikzentimeter] zu erreichen, um die volumetrische Energiedichte der Batteriezelle zu erhöhen. Eine hohe Dichte erhöht auch die Leitfähigkeit der Batteriezelle.

**[0006]** Zur Sicherstellung der Schnellladefähigkeit von Elektroden von Lithium-Ionen Batteriezellen ist eine Minimierung des Lithium-Ionen-Transportwider-

standes Voraussetzung. Dies lässt sich durch eine Minimierung der Elektrodendicke realisieren, was jedoch zu Lasten der Kapazität und hoher Energiedichte geht. Daher werden üblicherweise hohe Dicken der Aktivmaterialmischung angestrebt, um eine möglichst hohe Batteriereichweite zu ermöglichen. Diese großen Dicken erhöhen jedoch den Durchtrittswiderstand der Elektroden.

**[0007]** Eine hohe Lithium-Ionen-Transportrate erfordert eine möglichst intensive Durchsetzung der Elektrode mit Elektrolyt und kurze Transportwege in die gesamte Dicke der Beschichtung der Elektrode, um Lithium-Ionen auch in den inneren Bereichen der Elektrode schnell zur Verfügung zu stellen. Aktivmaterial, welches nicht ausreichend mit Elektrolyt benetzt wird, steht der Zellreaktion nicht zur Verfügung und trägt daher nicht zur Zelleistung-/Kapazität zur Verfügung, d.h. miniert die gravimetrische und volumetrische Energiedichte. Zur Minimierung der inneren Kontaktwiderstände, Sicherstellung der Anhaftung des Aktivmaterials an den Stromsammel und Einstellung einer bestimmten Energiedichte, werden Elektroden vor dem Zellbau kalandriert. Bei dem Kalandrieren kommt es zu einer Komprimierung der Beschichtung des Trägermaterials der Elektrode um mindestens 20 % und zu einer entsprechenden Erhöhung der Dichte der Beschichtung. D.h. durch den Kalandrierungsschritt vermindert sich die Porosität der Elektrode erheblich.

**[0008]** Bekannt sind z. B. Nachbehandlungen der fertig gestellten Elektroden etwa durch feinste Nadeln auf einer Rolle, um Kanäle in der Elektrodenstruktur zu bilden. Ebenfalls bekannt ist eine Laserbehandlung von Elektroden. Weiterhin ist die Aufprägung einer Vorzugsrichtung der Aktivmaterialien durch ein externes Magnetfeld und eine damit einhergehende gezielte Minimierung der Tortuosität bekannt.

**[0009]** Die bekannten Verfahren erfordern insbesondere die Integration zusätzlicher Anlagenkomponenten in der Fertigungsanlage, was mit Kosten und Aufwand verbunden ist. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass bei einer Nachbehandlung Bereiche einer Elektrode geschädigt werden, insbesondere bei einer Laserbehandlung. Bei der Laserbehandlung wird weiterhin ein hoher Betrag an Aktivmaterial abgetragen, wobei dieses entfernte Material nicht weiter genutzt wird. Hierdurch steigen die Kosten der Elektrode.

**[0010]** Aus der US 7 767 346 B2 ist ein Aktivmaterial für eine Elektrode bekannt, das eine hohe Porosität aufweist und damit eine nur reduzierte Volumenschwankung zwischen dem Laden und Entladen aufweist.

**[0011]** Die JP 2001 196 065 A1 ist auf ein Aktivmaterial gerichtet, das Aktivmaterial und polymere Zusatzstoffe aufweist, die miteinander über Bindermaterial verbunden sind. Die Zusatzstoffe sollen eine Porenkontrollfunktion aufweisen, so dass Volumenschwankungen zwischen dem Laden und Entladen reduziert sind.

**[0012]** Die JP 2001 185 152 A ist auf ein Elektrodenadditiv gerichtet, das eine elastische Struktur aufweist. Auch damit soll eine reduzierte Volumenschwankung zwischen dem Laden und Entladen erzielt werden.

**[0013]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die mit Bezug auf den Stand der Technik angeführten Probleme zumindest teilweise zu lösen. Insbesondere soll ein Verfahren vorgeschlagen werden, durch das eine Porosität eines Aktivmaterials in vorteilhafter Weise einstellbar und über das Kalandrieren hinaus aufrechterhaltbar ist.

**[0014]** Zur Lösung dieser Aufgaben trägt ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 bei. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche. Die in den Patentansprüchen einzeln aufgeführten Merkmale sind in technologisch sinnvoller Weise miteinander kombinierbar und können durch erläuternde Sachverhalte aus der Beschreibung und/oder Details aus den Figuren ergänzt werden, wobei weitere Ausführungsvarianten der Erfindung aufgezeigt werden.

**[0015]** Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Elektrode einer Batteriezelle vorgeschlagen. Das Verfahren weist zumindest die folgenden Schritte auf:

a) Bereitstellen eines (z. B. bandförmigen) Trägermaterials einer Elektrode;

b) Beschichten des Trägermaterials mit

- einem Additiv, das eine Vielzahl von Poren aufweist und elastisch verformbar ist und
- einer Aktivmaterialmischung; und

Bilden einer Beschichtung;

c) Kalandrieren des beschichteten Trägermaterials; wobei zumindest die Beschichtung während des Kalandrierens verdichtet und damit eine Porosität der Beschichtung verringert wird;

d) selbstinduziertes Vergrößern zumindest einer Dicke der Beschichtung aufgrund einer elastischen Rückfederung des Additivs und damit Einstellung der Porosität der Beschichtung.

**[0016]** Die obige (nicht abschließende) Einteilung der Verfahrensschritte in a) bis d) soll vorrangig nur zur Unterscheidung dienen und keine Reihenfolge

und/oder Abhängigkeit erzwingen. Auch die Häufigkeit der Verfahrensschritte kann variieren. Ebenso ist möglich, dass Verfahrensschritte einander zumindest teilweise zeitlich überlagern. Bevorzugt werden die Schritte a) bis d) in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt.

**[0017]** Die herzustellende Elektrode ist insbesondere für den Einsatz in einer Lithium-Ionen-Batteriezelle vorgesehen. Die Elektrode umfasst insbesondere ein Trägermaterial, z. B. eine Kupfer- oder Aluminiumfolie. Das verwendete Trägermaterial besteht insbesondere aus 4 bis 12 µm dickem Kupfer für die Anode und 8 bis 15 µm dickem Aluminium für die Kathode. Das Trägermaterial wird in Schritt b) zumindest auf einer größten Seitenfläche, ggf. auch auf den einander gegenüberliegenden größten Seitenflächen mit der Beschichtung beschichtet.

**[0018]** Insbesondere umfasst die Aktivmaterialmischung für eine Kathode zumindest (eines von) Leitruß (z. B. carbon black), NMC (Lithium-Nickel-Cobalt-Mangan als Lithium-speicherndes Aktivmaterial), PVDF (Polyvinylidenfluorid); für eine Anode zumindest (eines von) Graphit (als Lithium-speicherndes Aktivmaterial), CNT (carbon nano tubes), SBR (Styrene-Butadien Rubber als Bindermaterial), CMC (Carboxymethyl Zellulose Polymer). Die Komponenten des Materials, die nicht Bindermaterial sind, werden insbesondere dem Aktivmaterial zugerechnet.

**[0019]** Gemäß Schritt a) erfolgt insbesondere ein Bereitstellen eines Trägermaterials einer Elektrode. Das Trägermaterial wird insbesondere als bandförmiges Trägermaterial und dabei ggf. als Endlosmaterial bereitgestellt. Das bandförmige Endlosmaterial wird insbesondere entlang einer Förderrichtung gefördert, zumindest während der Schritte b) und c), bevorzugt (auch) während Schritt d).

**[0020]** Gemäß Schritt b) erfolgt das Beschichten des Trägermaterials mit einem Additiv, das eine Vielzahl von Poren aufweist und elastisch verformbar ist. Weiter wird das Trägermaterial mit der Aktivmaterialmischung beschichtet. Das Additiv und die Aktivmaterialmischung bilden zusammen die Beschichtung.

**[0021]** Insbesondere wird die Beschichtung in Schritt b) zusätzlich geglättet bzw. hinsichtlich einer Dicke der Beschichtung eingestellt.

**[0022]** Insbesondere wird die Beschichtung in Schritt b) zusätzlich erwärmt bzw. getrocknet, so dass Lösungsmittel aus der Beschichtung ausdampfen können.

**[0023]** Gemäß Schritt c) erfolgt ein Kalandrieren des beschichteten Trägermaterials bzw. der Beschichtung. Dabei wird zumindest die Beschichtung (das Trägermaterial ist üblicherweise massiv und wird

daher nicht weiter verdichtet) während des Kalandrierens verdichtet und damit eine Porosität der Beschichtung verringert.

**[0024]** Bei einem Kalandrieren wird das beschichtete Trägermaterial durch eine Walzenanordnung geführt, die ggf. temperiert sind und damit das beschichtete Trägermaterial erwärmen können. Über die Walzen wird die Beschichtung verdichtet. Es erfolgt üblicherweise eine Erhöhung einer Dichte (eine Verringerung der Porosität) der Beschichtung von mindestens 20 %.

**[0025]** Gemäß Schritt d) erfolgt ein selbstinduziertes Vergrößern zumindest einer Dicke der Beschichtung aufgrund einer elastischen Rückfederung des Additivs. Die Rückfederung verursacht insbesondere eine Vergrößerung der durch das Kalandrieren reduzierten Porosität.

**[0026]** Insbesondere erfolgt damit eine Einstellung der Porosität der Beschichtung. Insbesondere wird diese in Schritt d) hergestellte Porosität der Beschichtung durch die Eigenschaften des Additivs beeinflusst. Insbesondere haben auch die Aktivmaterialmischung bzw. die Umgebungsbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, etc.) einen (geringeren) Einfluss auf die in Schritt d) hergestellte Porosität.

**[0027]** Ein Wert für die in Schritt d) hergestellte Porosität stellt sich insbesondere zeitabhängig ein. Unmittelbar nach der Kalandrierung liegt z. B. eine nur geringe Porosität vor. Die elastische Rückfederung bedingt eine zeitabhängige sukzessive Vergrößerung der Porosität. Dabei wird nach einer gewissen Zeitspanne ein Endwert der Porosität erreicht. Dieser Endwert der Porosität kann (auch) durch eine Verspannung der Elektrode eingestellt werden, z. B. durch Anordnung der Elektrode in einem Stapel mit anderen Elektroden und/oder durch Anordnung des Stapels in einem Gehäuse einer Batteriezelle.

**[0028]** Insbesondere ist bis spätestens fünfzehn Minuten, bevorzugt bis spätestens zwei Minuten, besonders bevorzugt bis spätestens 30 Sekunden, nach Beendigung der Kalandrierung eines Bereichs der Beschichtung eine Rückfederung des Additivs zumindest zu 85 % abgeschlossen. D. h. das zu diesem Zeitpunkt die Vergrößerung der Porosität nahezu abgeschlossen ist.

**[0029]** Die Rückfederung kann z. B. in Versuchen bestimmt werden. Die Ausbildung der Porosität in Schritt d) strebt über den Verlauf der Zeit hin zu einem Endwert der Porosität. Die Porosität (bzw. deren Verlauf über der Zeit) kann z. B. anhand der Veränderung der Dicke der Beschichtung einfach bestimmt werden. Insbesondere ist also bis spätestens fünfzehn Minuten, bevorzugt bis spätestens zwei Minuten, besonders bevorzugt bis spätestens

30 Sekunden, nach Beendigung der Kalandrierung eines Bereichs der Beschichtung eine Änderung der Dicke der Beschichtung zumindest zu 85 % abgeschlossen.

**[0030]** Insbesondere ist eine erste Dicke der Beschichtung unmittelbar nach Schritt c) um mindestens 10 %, bevorzugt um mindestens 15 %, besonders bevorzugt um mindestens 20 %, kleiner als eine zweite Dicke nach Schritt d). Die zweite Dicke ist insbesondere die beabsichtigte, sich nach einer bestimmten Zeitspanne (fünfzehn Minuten, zwei Minuten, 30 Sekunden) einstellende Dicke der Beschichtung. Alternativ ist die zweite Dicke der vorstehend beschriebene Endwert der Porosität.

**[0031]** Insbesondere ist das Additiv zumindest teilweise, insbesondere überwiegend, bevorzugt vollständig, offenporig. Die Aktivmaterialmischung ist nach Schritt d) zumindest teilweise innerhalb zumindest einiger Poren, bevorzugt innerhalb aller Poren, angeordnet.

**[0032]** Alternativ oder zusätzlich ist das Additiv zumindest teilweise, insbesondere überwiegend, bevorzugt vollständig, geschlossen-porig ausgeführt. In diesem Fall kann die Aktivmaterialmischung nicht in die Poren eindringen, sondern sich nur an der Oberfläche der jeweiligen Porenwandung anlagern.

**[0033]** Insbesondere werden das Additiv und die Aktivmaterialmischung vor Schritt b) miteinander vermischt und in Schritt b) als Mischung auf das Trägermaterial aufgetragen.

**[0034]** Alternativ oder zusätzlich werden in Schritt b) zunächst das Additiv und nachfolgend die Aktivmaterialmischung separat voneinander auf das Trägermaterial aufgetragen.

**[0035]** Insbesondere umfasst das Additiv zumindest Graphit oder Graphen.

**[0036]** Insbesondere umfasst die Aktivmaterialmischung kein zusätzliches elektrisch leitendes Zusatzmaterial. Insbesondere wird die elektrische Leitfähigkeit der Beschichtung dann (wenn das Additiv z. B. Graphit oder Graphen umfasst) über das Additiv sichergestellt.

**[0037]** Insbesondere umfasst das Additiv ein Metall, eine Metalllegierung, Polyurethan oder ein Bindermaterial.

**[0038]** Insbesondere umfasst das Additiv ein sonst als Bindermaterial eingesetztes Polymermaterial (z. B. CMC, SBR, PAA) bzw. gezielte Modifikationen dieser Materialien. Insbesondere umfasst die Aktivmaterialmischung kein zusätzliches Bindermaterial.

**[0039]** Insbesondere wird das Additiv in Schritt b) als eine Vielzahl von Partikeln, als Schaum oder als elastische Fäden bereitgestellt.

**[0040]** Insbesondere wird eine Einbringung eines (teil-)elastischen Additivs bzw. mehrerer unterschiedlicher (teil-)elastischer Additive mit hoher Porosität und/ oder hoher Federkraft in eine Elektrode vorgeschlagen.

**[0041]** Das Additiv weist insbesondere (teil-)elastische Strukturen auf, die offenporig oder geschlossen-porig ausgeführt sind.

**[0042]** Insbesondere kann das Additiv in Schritt b) vor der Aktivmaterialmischung auf das Trägermaterial aufgetragen werden. Dabei kann eine Dicke von 20 µm [Mikrometer] bis 150 µm des Additivs auf dem Trägermaterial eingestellt werden. Das Additiv kann dann mit der Aktivmaterialmischung (auch als Elektrodenschlicker bezeichnet) beschichtet werden. Alternativ werden Additiv und Aktivmaterialmischung miteinander vermischt und dann gemeinsam auf das Trägermaterial aufgetragen.

**[0043]** Durch die hohe Porosität (offene oder geschlossene Porosität) des Additivs wird es mit der Aktivmaterialmischung gefüllt bzw. imprägniert. Insbesondere wird die Beschichtung noch in Schritt b) getrocknet.

**[0044]** Die Beschichtung wird in Schritt c) kalandriert. Dabei bewirkt die Rückstellkraft des Additivs gemäß Schritt d), dass die Beschichtung nicht vollständig komprimiert bleibt, sondern wieder „zurückfedert“. Je nach Federkonstante des Additivs ist die Verdichtung größer oder kleiner.

**[0045]** Dabei gilt: je größer die Federkonstante desto geringer ist die resultierende Verdichtung nach dem Kalandrieren.

**[0046]** Bei einem geschlossen-porigen Additiv dringt die Aktivmaterialmischung nicht in die Poren des Additivs ein.

**[0047]** Die bei der Kalandrierung entstandene und gewünschte Bindung zwischen Aktivmaterial, Bindematerial und Trägermaterial bleibt insbesondere auch während bzw. nach Schritt d) erhalten, so dass die beabsichtigte Minimierung des ohmschen Widerstands nicht beeinträchtigt wird.

**[0048]** Insbesondere kann für das z. B. als Polymer vorliegendes Additiv eine Abscheidung auf dem Trägermaterial schaumartig oder in elastischen Fäden erfolgen, z. B. durch Elektrospinning, oder durch Einblasen von Gasen während der Trocknungsphase des Additivs (vor dem Abscheiden auf dem Trägermaterial oder durch gezielte Auswahl der Trockenbe-

dingungen). Insbesondere kann damit eine elastische Verformbarkeit des Additivs bzw. der Beschichtung eingestellt werden.

**[0049]** Das Additiv kann insbesondere als Vielzahl von Partikeln hinzugefügt werden, wobei sich die einzelnen Partikel nach dem Kalandrieren wieder entfalten und damit die Beschichtung aufweiten bzw. deren Porosität bzw. Dicke erhöhen.

**[0050]** Die Partikel weisen insbesondere eine breite Größenverteilung auf, um damit unterschiedliche Poren in der Elektrode generieren zu können.

**[0051]** Insbesondere ist das Additiv zumindest zu 30 % aus Partikel gebildet, wobei mindestens 10 % davon eine (nicht komprimierte) Größe aufweisen, die sich zu mindestens 30 % von den größten oder kleinsten Partikeln unterscheidet.

**[0052]** Insbesondere weist die als Anode vorgesehene Elektrode ein größeres Problem mit dem Schließen bzw. Verkleinern der Poren bei hoher Kalanderkompression bzw. starker Verdichtung auf. Die vorgeschlagenen Verfahrensschritte können aber auch für als Kathode vorgesehene Elektroden durchgeführt werden.

**[0053]** Es wird weiter eine Batteriezelle vorgeschlagen, zumindest umfassend ein Batteriezellengehäuse und darin angeordnet mindestens eine Elektrode, die durch das beschriebene Verfahren hergestellt ist.

**[0054]** Die Batteriezelle umfasst insbesondere ein, ein Volumen umschließendes Batteriezellengehäuse und in dem Volumen angeordnet mindestens eine erste Elektrodenfolie einer ersten Elektrodenart, eine zweite Elektrodenfolie einer zweiten Elektrodenart und ein dazwischen angeordnetes Separatormaterial sowie einen flüssigen Elektrolyt.

**[0055]** Die Batteriezelle ist insbesondere eine Pouchzelle (mit einem verformbaren Batteriezellengehäuse bestehend aus einer Pouchfolie) oder eine prismatische Zelle (mit einem formfesten Batteriezellengehäuse). Eine Pouchfolie ist ein bekanntes verformbares Gehäuseteil, das als Batteriezellengehäuse für sogenannte Pouchzellen eingesetzt wird. Es handelt sich dabei um ein Kompositmaterial, z. B. umfassend einen Kunststoff und Aluminium.

**[0056]** Die Batteriezelle ist insbesondere eine Lithium-Ionen-Batteriezelle.

**[0057]** Die einzelnen Folien der Mehrzahl von als Elektrodenfolien ausgeführten Elektroden sind aufeinander angeordnet und bilden insbesondere einen Stapel. Die Elektrodenfolien sind jeweils unterschiedlichen Elektrodenarten zugeordnet, sind also

als eine Anode oder eine Kathode ausgeführt. Dabei sind Anoden und Kathoden wechselweise und jeweils durch das Separatormaterial getrennt voneinander angeordnet.

**[0058]** Eine Batteriezelle ist ein Stromspeicher, der z. B. in einem Kraftfahrzeug zum Speichern von elektrischer Energie eingesetzt wird. Insbesondere weist z. B. ein Kraftfahrzeug eine elektrische Maschine zum Antrieb des Kraftfahrzeuges (einen Traktionsantrieb) auf, wobei die elektrische Maschine durch die in der Batteriezelle gespeicherte elektrische Energie antreibbar ist.

**[0059]** Es wird weiter ein Kraftfahrzeug vorgeschlagen, zumindest umfassend einen Traktionsantrieb und eine Batterie mit mindestens einer der beschriebenen Batteriezellen, wobei der Traktionsantrieb durch die mindestens eine Batteriezelle mit Energie versorgbar ist.

**[0060]** Insbesondere ist zumindest ein System zur Datenverarbeitung vorgesehen, das Mittel aufweist, die zur Durchführung des Verfahrens geeignet ausgestaltet, konfiguriert oder programmiert sind bzw. die das Verfahren ausführen.

**[0061]** Die Mittel umfassen z. B. einen Prozessor und einen Speicher, in dem durch den Prozessor auszuführende Befehle gespeichert sind, sowie Datenleitungen oder Übertragungseinrichtungen, die eine Übertragung von Befehlen, Messwerten, Daten oder ähnlichem zwischen den angeführten Elementen, z. B. einer Einrichtung zur Beschichtung, einer Einrichtung zur Förderung des (beschichteten) Trägermaterials entlang einer Vorschubrichtung, einer Einrichtung zum Kalandern bzw. zum Verdichten der Beschichtung, einer Einrichtung zum Überprüfen bzw. Messen einzelner Eigenschaften der mit dem Verfahren bzw. mit einzelnen Verfahrensschritten hergestellten Elektrode, etc., ermöglichen.

**[0062]** Es wird weiter ein Computerprogramm vorgeschlagen, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das beschriebene Verfahren bzw. die Schritte des beschriebenen Verfahrens auszuführen.

**[0063]** Es wird weiter ein computerlesbares Speichermedium vorgeschlagen, umfassend Befehle, die bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen, das beschriebene Verfahren bzw. die Schritte des beschriebenen Verfahrens auszuführen.

**[0064]** Die Ausführungen zu dem Verfahren sind insbesondere auf die Batteriezelle, das Kraftfahrzeug, das System zur Datenverarbeitung und/oder das computerimplementierte Verfahren (also das Computerprogramm und das computerlesbare Speichermedium) übertragbar und umgekehrt.

**[0065]** Die Verwendung unbestimmter Artikel („ein“, „eine“, „einer“ und „eines“), insbesondere in den Patentansprüchen und der diese wiedergebenden Beschreibung, ist als solche und nicht als Zahlwort zu verstehen. Entsprechend damit eingeführte Begriffe bzw. Komponenten sind somit so zu verstehen, dass diese mindestens einmal vorhanden sind und insbesondere aber auch mehrfach vorhanden sein können.

**[0066]** Vorsorglich sei angemerkt, dass die hier verwendeten Zahlwörter („erste“, „zweite“, ...) vorrangig (nur) zur Unterscheidung von mehreren gleichartigen Gegenständen, Größen oder Prozessen dienen, also insbesondere keine Abhängigkeit und/oder Reihenfolge dieser Gegenstände, Größen oder Prozesse zueinander zwingend vorgeben. Sollte eine Abhängigkeit und/oder Reihenfolge erforderlich sein, ist dies hier explizit angegeben oder es ergibt sich offensichtlich für den Fachmann beim Studium der konkret beschriebenen Ausgestaltung. Soweit ein Bauteil mehrfach vorkommen kann („mindestens ein“), kann die Beschreibung zu einem dieser Bauteile für alle oder ein Teil der Mehrzahl dieser Bauteile gleichermaßen gelten, dies ist aber nicht zwingend.

**[0067]** Die Erfindung sowie das technische Umfeld werden nachfolgend anhand der beiliegenden Figuren näher erläutert. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Erfindung durch die angeführten Ausführungsbeispiele nicht beschränkt werden soll. Insbesondere ist es, soweit nicht explizit anders dargestellt, auch möglich, Teilaspekte der in den Figuren erläuterten Sachverhalte zu extrahieren und mit anderen Bestandteilen und Erkenntnissen aus der vorliegenden Beschreibung zu kombinieren. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren und insbesondere die dargestellten Größenverhältnisse nur schematisch sind. Es zeigen:

**Fig. 1:** einen Schritt c) des Verfahrens in einer Ansicht entlang einer Vorschubrichtung eines beschichteten Trägermaterials; und

**Fig. 2:** die Schritte c) und d) des Verfahrens in einer Seitenansicht.

**[0068]** Die **Fig. 1** zeigt einen Schritt c) des Verfahrens in einer Ansicht entlang einer Vorschubrichtung 6 eines beschichteten Trägermaterials 2. **Fig. 2** zeigt die Schritte c) und d) des Verfahrens in einer Seitenansicht. Die **Fig. 1** und **Fig. 2** werden im Folgenden gemeinsam beschrieben.

**[0069]** Gemäß Schritt a) erfolgt ein Bereitstellen eines Trägermaterials 2 einer Elektrode 1. Das Trägermaterial 2 wird als bandförmiges Trägermaterial 2 und dabei als Endlosmaterial bereitgestellt. Das bandförmige Endlosmaterial wird während der dargestellten Schritte c) und d) entlang einer Vorschubrichtung 6 (Förderrichtung) gefördert.

**[0070]** Gemäß Schritt b) erfolgt das Beschichten des Trägermaterials 2 mit einem Additiv, das eine Vielzahl von Poren aufweist und elastisch verformbar ist. Weiter wird das Trägermaterial 2 mit der Aktivmaterialmischung beschichtet. Das Additiv und die Aktivmaterialmischung bilden zusammen die Beschichtung 3.

**[0071]** Gemäß Schritt c) erfolgt ein Kalandrieren des beschichteten Trägermaterials 2 bzw. der Beschichtung 3. Dabei wird die Beschichtung 3 während des Kalandrierens verdichtet und damit eine Porosität der Beschichtung 3 verringert.

**[0072]** Das Endlosmaterial, umfassend das Trägermaterial 2 und die beidseitig aufgetragene Beschichtung 3 wird zwischen zwei Förderrollen 7 entlang einer Vorschubrichtung 6 durch Kalandrierwalzen 8 hindurch gefördert. Die Förderrollen 7 und die Kalandrierwalzen 8 rotieren dabei jeweils um ihre jeweilige Drehachse 9.

**[0073]** Bei dem Kalandrieren wird das beschichtete Trägermaterial 2 durch eine Walzenanordnung mit Kalandrierwalzen 8 geführt, die ggf. temperiert sind und damit das beschichtete Trägermaterial 2 erwärmen können. Über die Kalandrierwalzen 8 wird die Beschichtung 3 verdichtet. Es erfolgt üblicherweise eine Erhöhung einer Dichte (eine Verringerung der Porosität) der Beschichtung 3 von mindestens 20 %.

**[0074]** Gemäß Schritt d) (also entlang der Vorschubrichtung 6 unmittelbar nach den Kalandrierwalzen 8) erfolgt ein selbstinduziertes Vergrößern einer Dicke 4, 5 der Beschichtung 3 aufgrund einer elastischen Rückfederung des Additivs. Die Rückfederung verursacht eine Vergrößerung der durch das Kalandrieren reduzierten Porosität.

**[0075]** Eine Dicke 4,5 der Beschichtung 3, die in Vorschubrichtung 6 vor den Kalandrierwalzen 8 vorliegt, wird durch die Kalandrierwalzen 8 auf eine erste Dicke 4 reduziert. Die erste Dicke 4, die unmittelbar nach Schritt c), also in Vorschubrichtung 6 unmittelbar nach den Kalandrierwalzen 8 vorliegt, ist geringer als eine zweite Dicke 5, die nach Schritt d) vorliegt. Die zweite Dicke 5 ist die beabsichtigte, sich nach einer bestimmten Zeitspanne (fünf Minuten, zwei Minuten, 30 Sekunden) einstellende Dicke der Beschichtung 3, die sich hier kurz vor dem Aufwickeln der Elektrode 1 auf der hinteren Förderrolle 7 einstellt.

#### Bezugszeichenliste

- |   |                |
|---|----------------|
| 1 | Elektrode      |
| 2 | Trägermaterial |
| 3 | Beschichtung   |
| 4 | erste Dicke    |

- |   |                  |
|---|------------------|
| 5 | zweite Dicke     |
| 6 | Vorschubrichtung |
| 7 | Förderrollen     |
| 8 | Kalandrierwalze  |
| 9 | Drehachse        |

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Elektrode (1) einer Batteriezelle; wobei das Verfahren zumindest die folgenden Schritte aufweist:

- Bereitstellen eines Trägermaterials (2) der Elektrode (1);
- Beschichten des Trägermaterials (2) mit
  - einem Additiv, das eine Vielzahl von Poren aufweist und elastisch verformbar ist und
  - einer Aktivmaterialmischung; und Bilden einer Beschichtung (3);
- Kalandrieren des beschichteten Trägermaterials (2); wobei zumindest die Beschichtung (3) während des Kalandrierens verdichtet und damit eine Porosität der Beschichtung (3) verringert wird;
- Selbstinduziertes Vergrößern zumindest einer Dicke (4, 5) der Beschichtung (3) aufgrund einer elastischen Rückfederung des Additivs und damit Einstellung der Porosität der Beschichtung (3).

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, wobei eine erste Dicke (4) der Beschichtung (3) unmittelbar nach Schritt c) um mindestens 5 % kleiner ist als eine zweite Dicke (5) nach Schritt d).

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei das Additiv zumindest teilweise offenporig und die Aktivmaterialmischung nach Schritt d) zumindest teilweise innerhalb zumindest einiger Poren angeordnet ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei das Additiv zumindest teilweise geschlossen-porig ausgeführt ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei das Additiv und die Aktivmaterialmischung vor Schritt b) miteinander vermischt und in Schritt b) als Mischung auf das Trägermaterial (2) aufgetragen werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche 1 bis 4, wobei in Schritt b) zunächst das Additiv und nachfolgend die Aktivmaterialmischung separat voneinander aufgetragen werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei das Additiv zumindest Graphit oder Graphen umfasst.

8. Verfahren nach Patentanspruch 7, wobei die Aktivmaterialmischung kein zusätzliches elektrisch leitendes Zusatzmaterial umfasst.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche 1 bis 7, wobei das Additiv ein Metall, eine Metalllegierung, Polyurethan oder ein Bindermaterial umfasst.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei das Additiv in Schritt b) als eine Vielzahl von Partikeln, als Schaum oder als elastische Fäden bereitgestellt wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

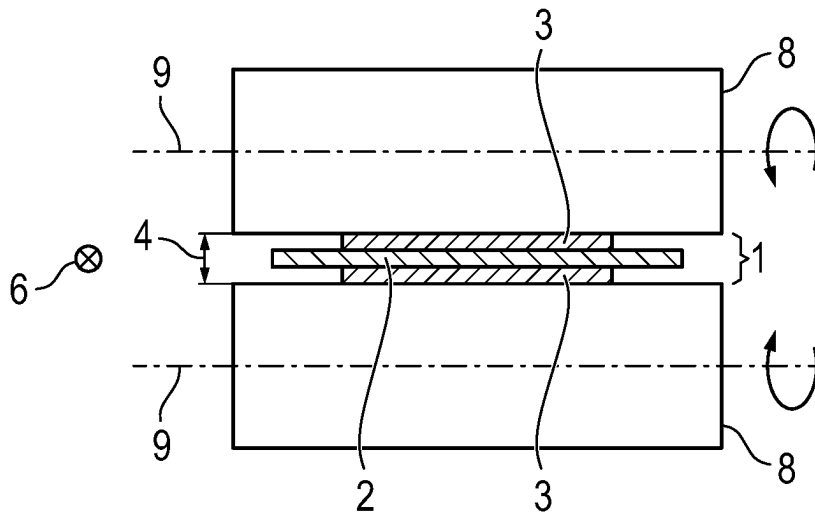


Fig. 1

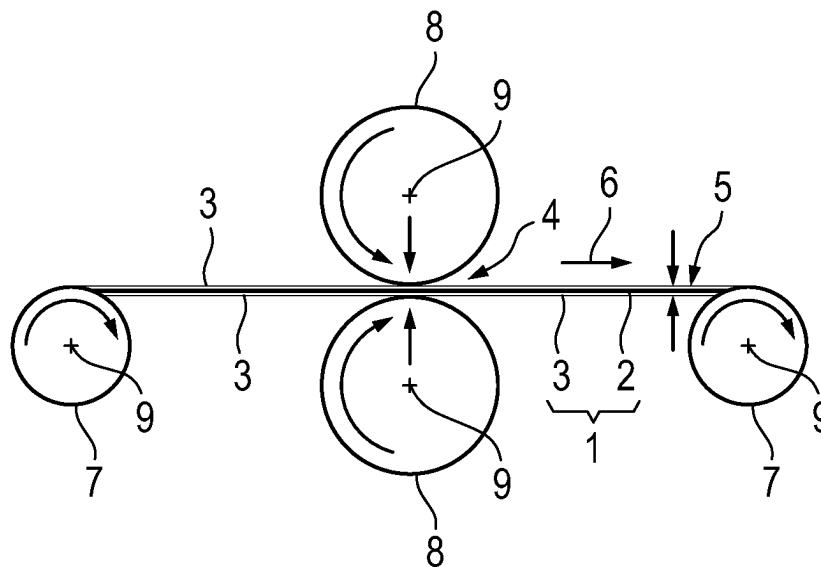


Fig. 2