

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
07. Februar 2019 (07.02.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2019/025336 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*H01M 4/04* (2006.01) *H01M 4/13* (2010.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/070536
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
30. Juli 2018 (30.07.2018)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2017 213 403.8  
02. August 2017 (02.08.2017) DE
- (71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE). **LITHIUM ENERGY AND POWER GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Heilbronner Str. 358-360, 70469 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder: **BAUER, Harald**; Kinzigweg 5, 71139 Ehningen (DE). **REINSCH, Bernd**; Schaeferstr. 22, 71642 Ludwigsburg (DE). **WEYDANZ, Wolfgang**; Am Alten Weiher 8, 91054 Buckenhof (DE). **GLANZ, Leonore**; Weimar Stras-

se 5, 71679 Asperg (DE). **WURM, Calin Iulius**; St.-Wolfgang-Strasse 19, 86405 Meitingen (DE).

(74) **Anwalt: ISARPATENT - PATENT- UND RECHTSANWÄLTE BEHNISCH BARTH CHARLES HASSA PECKMANN & PARTNER MBB**; Friedrichstrasse 31, 80801 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,

(54) **Title:** METHOD FOR PRODUCING ELECTRODES BY MEANS OF BINDER FIBRILLATION

(54) **Bezeichnung:** ELEKTRODENHERSTELLUNGSVERFAHREN MITTELS BINDERFIBRILLIERUNG

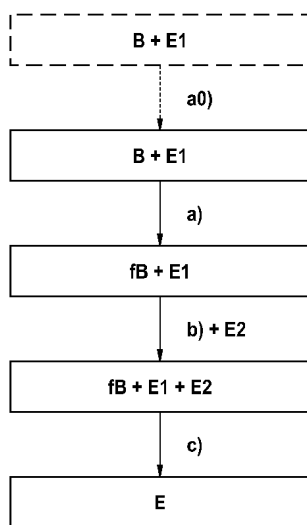


FIG. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing an electrode (E) for an electrochemical cell, in particular for a battery cell, for example for a lithium cell. In order to produce a homogeneous mixture enabling, for example by dry coating, an electrode (E) with improved properties and/or with a layer thickness significantly greater than 100 µm, for example for car batteries, in particular for electric and/or hybrid vehicles, to be produced in a time-saving and cost-effective manner, at least one binding agent (B) and at least one electrode component (E1) are mixed in a mixing process with a high shear load to form a mixture (fB+E1) containing a fibrillated binding agent, and at least one other electrode component (E2) is then added to the mixture (fB+E1) containing the fibrillated binding agent by the mixing process with a lower shear load. The invention also relates to a thus produced electrode (E) and to a cell equipped with said type of electrode (E).

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Elektrode (E) für eine elektrochemische Zelle, insbesondere für eine Batteriezelle, beispielsweise für eine Lithium-Zelle. Um eine homogene Mischung zu erzeugen, aus welcher, beispielsweise durch Trockenbeschichten, eine Elektrode (E) mit verbesserten Eigenschaften und/oder mit einer Schichtdicke von deutlich mehr als 100 µm, zum Beispiel für Fahrzeugbatterien, beispielsweise für Elektro- und/oder Hybridfahrzeuge, auf zeitsparende und kostengünstige Weise hergestellt werden kann, wird in dem Verfahren mindestens ein Binder (B) und mindestens eine Elektrodenkomponente (E1) durch einen Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung zu einer fibrillierten Binder enthaltenden Mischung (fB+E1) vermischt und zu der den fibrillierten Binder enthaltenden Mischung (fB+E1) mindestens eine weitere Elektrodenkomponente (E2) durch einen Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung zugemischt. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein derartig hergestellte Elektrode (E) und eine mit einer derartigen Elektrode (E) ausgestattete Zelle.



WO 2019/025336 A1

DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,  
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,  
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,  
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

5 Beschreibung

Titel

Elektrodenherstellungsverfahren mittels Binderfibrillierung

10

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Elektrode für eine elektrochemische Zelle, insbesondere für eine Batteriezelle, eine dadurch hergestellte Elektrode und eine mit einer derartigen Elektrode ausgestattete elektrochemische Zelle.

15

Stand der Technik

20

Batterien, beispielsweise auf der Basis von Lithium-Zellen oder Natrium-Zellen, wie Lithium-Ionen-Zellen oder Natrium-Ionen Zellen, bieten für mobile und stationäre Anwendungen ein sehr hohes Potential zur Energieeinsparung und lokalen Vermeidung von Emissionen.

25

Herkömmlicherweise werden die Elektroden von Lithium-Zellen durch Nassbeschichtungsverfahren hergestellt. Dabei werden in der Regel die Elektrodenkomponenten mit mindestens einem Lösungsmittel zu einem (zäh-) flüssigen Schlicker beziehungsweise Slurry vermischt, aus welchem dann, beispielsweise mittels einer Schlitzdüse, eines Rakel oder eines Walzenauftrags, eine Schicht beziehungsweise Beschichtung ausgebildet wird.

30

35

Um das mindestens eine Lösungsmittel wieder zu entfernen, müssen die Schichten beziehungsweise Beschichtungen in langen Trockentunneln langsam und kontrolliert getrocknet werden. Dies führt jedoch zu einer langen Herstellungsdauer und hohen Herstellungskosten, beispielsweise in Form von Energiekosten für die Trocknung sowie Bereitstellung, Rückgewinnung und/oder katalytische Verbrennung des mindestens einen Lösungsmittels.

Zudem können durch Nassbeschichtungsverfahren lediglich Elektroden mit einer begrenzten Schichtdicke, beispielsweise von bis zu 100 µm, hergestellt werden. Für große Batterien, wie sie in Elektrofahrzeugen benötigt werden, wären jedoch dickere Elektroden wünschenswert.

5

Die Druckschriften US 2015/0303481 A1, WO 2005/008807 A2 (EP 1 644 136 A2), WO 2005/049700 A1, US 4,556,618, US 4,379,772, US 4,354,958, US 3,898,099 und US 6,335,857 B1, betreffen Verfahren zur Herstellung von Elektroden.

10

#### Offenbarung der Erfindung

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer Elektrode, beispielsweise einer Anode und/oder einer Kathode, für eine elektrochemische Zelle. Dabei kann das Verfahren insbesondere zur Herstellung einer Elektrode, beispielsweise einer Anode und/oder einer Kathode, für eine Batteriezelle, insbesondere für eine Lithium-Zelle oder für eine Natrium-Zelle oder für eine Metall-Luft-Zelle, zum Beispiel für eine Lithium-Ionen-Zelle und/oder Lithium-Metall-Zelle oder für eine Natrium-Ionen-Zelle, ausgelegt sein. Insbesondere kann das Verfahren zur Herstellung einer Elektrode, beispielsweise einer Anode und/oder einer Kathode, für eine Lithium-Zelle, beispielsweise für eine Lithium-Ionen-Zelle und/oder Lithium-Metall-Zelle, ausgelegt sein.

25

In dem Verfahren wird, insbesondere in einem Verfahrensschritt a), mindestens ein, insbesondere polymerer, Binder und mindestens eine Elektrodenkomponente durch einen Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung zu einer fibrillierten Binder enthaltenden Mischung vermischt.

30

In dem Verfahren wird (dann), insbesondere in einem Verfahrensschritt b), zu der den fibrillierten Binder enthaltenden Mischung, insbesondere aus Verfahrensschritt a), mindestens eine weitere Elektrodenkomponente durch einen Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung zugemischt.

35

Durch den Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung kann insbesondere eine Scherbelastung realisiert werden, welche höher als die durch den Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung realisierte Scherbelastung ist und durch welche eine Fibrillierung des mindestens einen Binders erzielt werden kann. Daher kann der Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung insbesondere auch als Mischprozess mit einer höheren Scherbelastung bezeichnet werden.

Durch den Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung kann insbesondere eine Scherbelastung realisiert werden, welche geringer als die durch den Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung realisierte Scherbelastung ist. Daher kann der Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung insbesondere auch als Mischprozess mit einer geringeren Scherbelastung bezeichnet werden.

Unter einem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung kann insbesondere ein Mischprozess verstanden werden, in welchem Partikel - insbesondere ohne Schmiermittel, wie Flüssigkeit - relativ zueinander bewegt werden, insbesondere wobei hohe Scherbelastungen bei großen Geschwindigkeitsgradienten von Partikeln zueinander und/oder von Partikeln zu einer Wand des Mischers auftreten. Dabei können die Partikel unter hohen Scherbelastungen insbesondere durchbrechen, zum Beispiel gerade durchbrechen. Zum Beispiel kann ein Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung durch ein Strahlverfahren, insbesondere durch eine Strahlmühle, und/oder durch einen Drei-Walzen-Stuhl und/oder durch einen Zwei-Schnecken-Extruder durchgeführt werden.

Unter einem Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung kann insbesondere ein Mischprozess verstanden werden, in welchem Stoffströme miteinander verschränkt werden, insbesondere wobei zwischen den Partikeln zueinander und/oder von Partikeln zu einer Wand des Mischer lediglich geringe Geschwindigkeitsgradienten und damit geringe Scherbelastungen auftreten. Dabei können die Partikel unter geringen Scherbelastungen insbesondere ihre Form erhalten und/oder lediglich abgerieben werden. Zum Beispiel kann ein Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung durch einen Pflugschar- und/oder Schaufelmischer, auch Paddelmischer genannt, und/oder durch einen statischen Mischer, beispielsweise auf der Basis von Dehnströmungen, zum

Beispiel durch eine Abfolge von Erweiterungen und Verengungen in einem Kanalsystem, und/oder durch einen Freifallmischer durchgeführt werden.

5 Durch den Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung, beispielsweise durch eine Strahlmühle (Englisch: Jet Mill), kann der mindestens eine Binder, beispielsweise durch Relativbewegung und/oder Aufprall/Aufschließen auf Partikel der mindestens einen Elektrodenkomponente, fibrilliert werden. Dabei kann der mindestens eine Binder insbesondere zu langen Fibrillen (Binderfäden) ausgeformt werden. Die Fibrillen (Binderfäden) des mindestens einen fibrillierten Binders können dann auf der Oberfläche der mindestens einen Elektrodenkomponente verteilt angebunden werden. Dies ermöglicht es aus der resultierenden Mischung eine Elektrode durch einen trockenen Herstellungprozess, also einen Herstellungprozess, beispielsweise ein Beschichtungsverfahren, welcher/s ohne Lösungsmittel auskommt, zum Beispiel 10 durch Trockenbeschichten, auszubilden. Dadurch können Elektroden mit einer Schichtdicke von deutlich mehr als 100 µm, zum Beispiel für Fahrzeugbatterien, beispielsweise für Elektrofahrzeuge und/oder Hybridfahrzeuge und/oder Plug-In-Hybridfahrzeuge, und/oder für stationäre Speicherbatterien, auf zeitsparende und kostengünstige Weise - und insbesondere ohne die Verwendung von 20 brennbaren, toxischen und/oder krebserregenden Lösungsmitteln - hergestellt werden.

25 Durch den Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung wird die mindestens eine Elektrodenkomponente jedoch stark mechanisch belastet.

Zum Beispiel können bei Mischprozessen mit hohen Scherbelastungen, beispielsweise durch eine Strahlmühle (Englisch: Jet Mill), weiche, spröde, brüchige und beschichtete Elektrodenkomponenten, wie als Anodenaktivmaterial dienender, relativ weicher, lagiger Interkalationsgraphit und/oder als 30 Anodenaktivmaterial dienende, spröde und/oder brüchige Speicherlegierungen, wie Silizium- und/oder Zinn-Legierungen, und/oder als Anodenaktivmaterial oder Kathodenaktivmaterial dienende beschichtete Elektrodenkomponenten, zum Beispiel in Form von Partikeln mit einem Partikelkern und einer den Partikelkern umgebenden Partikelschale (Core-Shell-Partikel), und/oder in Form von 35 Gradientenmaterialpartikeln durch darauf einwirkende mechanische Kräfte beeinträchtigt und/oder verändert werden.

5 Unter Gradientenmaterialpartikeln können insbesondere Partikel verstanden werden, welche innerhalb des Partikels und/oder von der Oberfläche beziehungsweise vom Rand des Partikels zum Kern des Partikels variierende Eigenschaften und/oder einen Materialgradienten aufweisen.

10 Durch Mischprozesse mit hohen Scherbelastungen können zum Beispiel weiche, spröde und/oder brüchige Elektrodenkomponenten zerkleinert und/oder gemahlen werden, was eine Reduzierung von deren durchschnittlicher Partikelgröße und/oder gegebenenfalls auch eine Veränderung von deren Partikelform zur Folge haben kann.

15 Dies kann wiederum zum Einen, beispielsweise im Fall von Interkalationsgraphit und/oder Speicherlegierungen, zu einer Verringerung von deren reversibler Speicherkapazität und/oder zu einer Erhöhung von irreversiblen Verlusten durch, insbesondere verstärkte, Deckschichtbildungen, beispielsweise durch Bindung von Lithium an deren Oberfläche, bei der ersten Inbetriebnahme der Zelle führen.

20 Zum Anderen können durch eine Schaffung von kleinteiligen Partikeln und/oder eine Änderung der Partikelform, zum Beispiel in dem kugelige Graphitpartikel durch Scherung entlang der Graphitgleitebenen in plättchenförmige Graphitpartikel umgewandelt werden, Eigenschaften, wie die Morphologie der Elektrode, zum Beispiel deren Porosität, und damit unter anderem beispielsweise deren Benetzungsverhalten, Stromtragfähigkeit und/oder Kapazität sowie deren  
25 Oberflächenstruktur und -reaktivität negativ beeinflusst werden.

Darüber hinaus können durch Mischprozesse mit hohen Scherbelastungen zum Beispiel funktionale und/oder schützende Partikel-Deckschichten von beschichteten Elektrodenkomponenten, beispielsweise in Form von Partikeln mit einem Partikelkern und einer den Partikelkern umgebenden Partikelschale (Core-Shell-Partikel), und/oder Gradientenmaterialpartikel zerstört werden. Dies kann ebenfalls zu einer Verringerung von deren reversibler Speicherkapazität und/oder zu einer Erhöhung von irreversiblen Verlusten durch, insbesondere verstärkte, Deckschichtbildungen, beispielsweise durch Bindung von Lithium an deren  
30 Oberfläche, bei der ersten Inbetriebnahme der Zelle führen und einen negativen Einfluss auf die Langzeitstabilität haben.  
35

Das Unterteilen in mindestens zwei separate Mischstufen ermöglicht es vorteilhafterweise in den einzelnen Mischstufen die einzelnen Elektrodenkomponenten entsprechend ihren Eigenschaften und/oder ihrer Funktionalität einzusetzen. Zum Beispiel können mechanisch stabile Elektrodenkomponenten und/oder als Leitzusatz beziehungsweise Leitmittel dienende Elektrodenkomponenten, deren Funktionalität auch bei kleinen durchschnittlichen Partikelgrößen noch gegeben und insbesondere vorteilhaft sein kann, im Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung und/oder mechanisch empfindliche Elektrodenkomponenten und/oder als Elektrodenaktivmaterial dienende Elektrodenkomponenten, deren Funktionalität durch eine Zerkleinerung beeinträchtigt werden kann, im Mischprozess mit geringer Scherbelastung eingesetzt werden.

Dadurch, dass in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung mindestens eine Elektrodenkomponente eingesetzt wird, kann zudem vorteilhafterweise die Fibrillierung des mindestens einen Binders durch ein Material bewirkt werden, welches in der herzustellenden Elektrode eine Funktion erfüllt, was sich vorteilhaft auf die spezifische Energiedichte auswirken kann.

So kann eine homogene Mischung erzeugt werden, insbesondere in welcher der mindestens eine Binder an, beispielsweise alle, Partikel der mindestens einen Elektrodenkomponente und der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente gleichermaßen anbindet, aus welcher, beispielsweise durch einen trockenen Herstellungsprozess und/oder durch Beschichten, beispielsweise durch Trockenbeschichten, zum Beispiel eines Stromableiters oder eines Trägersubstrats, eine Elektrode, zum Beispiel eine Anode oder eine Kathode, mit verbesserten Eigenschaften und/oder (auch) mit einer Schichtdicke von deutlich mehr als 100  $\mu\text{m}$ , zum Beispiel für Fahrzeugbatterien, beispielsweise für Elektrofahrzeuge und/oder Hybridfahrzeuge und/oder Plug-In-Hybridfahrzeuge, und/oder für stationäre Speicherbatterien, auf zeitsparende und kostengünstige Weise hergestellt werden kann.

Die mindestens eine Elektrodenkomponente und/oder die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente kann zum Beispiel mindestens einen Leitzusatz, insbesondere zur Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit, und/oder



mindestens ein Elektrodenaktivmaterial, insbesondere zur Energiespeicherung, beispielsweise zur Speicherung von Lithium, und/oder oberflächenbeschichtete Partikel und/oder Gradientenmaterialpartikel umfassen oder daraus ausgebildet sein.

5

Beispielsweise kann die mindestens eine Elektrodenkomponente und/oder die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente mindestens einen Leitkohlenstoff, zum Beispiel Leitgraphit und/oder mindestens einen amorphen Leitkohlenstoff, insbesondere in Form von unporösen Kohlenstoffpartikeln, wie Leitruß, und/oder Kohlenstofffasern (Englisch: Carbon Fibres) und/oder Kohlenstoffnanoröhren (Englisch: Carbon Nano Tubes, CNT) und/oder Graphen und/oder expandierten Graphit, und/oder mindestens ein Leitmetall, zum Beispiel Silicium und/oder Zinn und/oder ein anderes Metall und/oder eine Legierung, beispielsweise in Form eines metallischen Pulvers, und/oder mindestens ein Anodenaktivmaterial und/oder mindestens ein Kathodenaktivmaterial, beispielsweise mindestens ein Interkalationsmaterial und/oder Insertionsmaterial und/oder Rekombinationsmaterial, insbesondere mindestens ein Lithium- oder Natrium-Interkalations- und/oder -Insertions- und/oder -Rekombinationsmaterial, zum Beispiel Interkalationsgraphit und/oder mindestens einen insertions- und/oder interkalationsfähigen, amorphen Kohlenstoff, beispielsweise Hard Carbons und/oder Soft Carbons, und/oder mindestens eine Speicherlegierung, beispielsweise mindestens eine Lithium-Speicherlegierung, zum Beispiel eine Silicium- und/oder Zinn-Legierung, insbesondere als Anodenaktivmaterial, und/oder mindestens ein Metalloxid und/oder -Phosphat, zum Beispiel Siliciumoxid, insbesondere zur Ausbildung eines Anodenaktivmaterials oder als Anodenaktivmaterial, und/oder mindestens ein Metalloxid, zum Beispiel mindestens ein Schichtoxid und/oder mindestens ein Spinell, beispielsweise mindestens ein Nickel- und/oder -Cobalt- und/oder -Mangan-Oxid, zum Beispiel Lithium-Nickel- und/oder -Cobalt- und/oder Mangan-Oxid, und/oder mindestens ein Metallphosphat, beispielsweise mindestens ein Eisen- und/oder -Mangan- und/oder -Cobalt-Phosphat, zum Beispiel mindestens ein Lithium-Eisen- und/oder -Mangan- und/oder -Cobalt-Phosphat, beispielsweise basierend auf der Formel:  $\text{LiMPO}_4$  mit  $M = \text{Fe, Mn und/oder Co}$ , insbesondere als Kathodenaktivmaterial, und/oder mindestens einen Leitzusatz-Elektrodenaktivmaterial-Komposit, beispielsweise mindestens einen Leitzusatz-Anodenaktivmaterial-Komposit oder Leitzusatz-Kathodenaktivmaterial-Komposit,

35

zum Beispiel mindestens einen Kohlenstoff-Elektrodenaktivmaterial-Komposit, beispielsweise mindestens einen Kohlenstoff-Anodenaktivmaterial-Komposit oder mindestens einen Kohlenstoff-Kathodenaktivmaterial-Komposit, zum Beispiel mindestens einen Kohlenstoff-Metallphosphat-Komposit, beispielsweise in Form von leitzusatzbeschichteten, zum Beispiel kohlenstoffbeschichteten, Elektrodenaktivmaterialpartikeln, insbesondere Anodenaktivmaterialpartikeln oder Kathodenaktivmaterialpartikeln, zum Beispiel in Form von kohlenstoffbeschichteten Metallphosphatpartikeln, und/oder oberflächenbeschichtete Partikel, beispielsweise Partikel mit einem Partikelkern und einer den Partikelkern umgebenden Partikelschale, so genannte Core-Shell-Partikel, und/oder Gradientenmaterialpartikel umfassen oder daraus ausgebildet sein.

Unter expandiertem Graphit kann insbesondere ein Material verstanden werden, welches durch Expansion von Graphit hergestellt wird und zur Bereitstellung von Graphen dient und/oder Graphen umfasst.

Unter einem Rekombinationsmaterial kann insbesondere ein Aktivmaterial verstanden werden, dessen Wirkungsweise auf einer Rekombinations- und/oder Phasenumwandlungsreaktion, wie zum Beispiel  $\text{Li} + \text{Al} \rightarrow \text{LiAl}$ , basiert.

Unter Hard Carbons können insbesondere insertions- und/oder interkalationsfähige, insbesondere stabilere, amorphe Kohlenstoffe verstanden werden, insbesondere welche nicht-graphitierbar sind und als Anodenaktivmaterial eingesetzt werden können.

Unter Soft Carbons können insbesondere insertions- und/oder interkalationsfähige, insbesondere stabilere, amorphe Kohlenstoffe verstanden werden, insbesondere welche graphitierbar sind und als Anodenaktivmaterial eingesetzt werden können.

Der Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung, insbesondere in Verfahrensschritt a), kann insbesondere durch eine Strahlmühle (Englisch: Jet Mill) und/oder durch einen Drei-Walzen-Stuhl und/oder durch einen Zwei-Schnecken-Extruder und/oder durch eine Fließbettgegenstrahlmühle und/oder eine Kugelmühle und/oder eine Mörsermühle und/oder ein Walzwerk

(sogenanntes Ausrollen) und/oder eine Tablettenpresse erfolgen beziehungsweise durchgeführt werden. Die hohen Scherkräfte können dabei beispielsweise durch eine Relativbewegung der mindestens einen Elektrodenkomponente gegen den mindestens einen Fibrillen bildenden, insbesondere polymeren, Binder ausgebildet werden. Besonders einfach kann die Relativbewegung der Materialien zueinander dabei durch ein Walzwerk und/oder eine Tablettenpresse realisiert werden.

Bei dem Mischprozess mit einer hohen Scherrate, insbesondere in Verfahrensschritt a), kann die Verwendung einer geeigneten Partikelgrößenverteilung des mindestens einen Binders und der einzelnen Elektrodenkomponenten von Vorteil sein. Insbesondere kann die mindestens eine Elektrodenkomponente eine größere durchschnittliche Partikelgröße als der mindestens eine Binder aufweisen.

Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform erfolgt der Mischprozess mit einer hohen Scherrate, insbesondere in Verfahrensschritt a), durch eine Strahlmühle (Englisch: Jet Mill) beziehungsweise wird dadurch durchgeführt. Durch eine Strahlmühle kann vorteilhafterweise eine homogene Verteilung des mindestens einen Binders auf der mindestens einen Elektrodenkomponente auf besonders einfache und zeitsparende Weise erzielt werden. Bei einer Strahlmühle wird insbesondere ein Gas, beispielsweise Luft, mit einer sehr hohen Geschwindigkeit, welche bis hin zur Schallgeschwindigkeit reichen kann, zum Mischen von Komponenten verwendet. Der eigentliche Mischprozess kann dabei vorteilhafterweise lediglich etwa 1-2 Sekunden dauern und sehr hohe Scherkräfte und damit eine sehr hohe Scherbelastung zur Folge haben. Dadurch kann vorteilhafterweise eine sehr gute und schnelle Fibrillierung des mindestens einen Binders erzielt werden. Aufgrund von mit den sehr hohen Scherbelastung einhergehenden sehr hohen mechanischen Belastungen und beispielsweise Zerstörungseffekten, sind bei einem Einsatz einer Strahlmühle für den Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung, die vor- und nachstehend erläuterten Ausführungsformen im Hinblick auf den Einsatz von mindestens einer Elektrodenkomponente, beispielsweise mit einer hohen mechanisch Stabilität und/oder einer möglichst zerkleinerungsunabhängigen Funktionalität, im Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung und von mindestens einer weiteren Elektrodenkomponente, beispielsweise mit einer größeren

Empfindlichkeit und/oder einer zerkleinerungsabhängigen Funktionalität, im Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung von besonderem Interesse.

5 Die Strahlmühle wird vorzugsweise derart betrieben, dass das mindestens eine Elektrodenmaterial nicht oder zumindest möglichst wenig oder gegebenenfalls nur kontrolliert geschädigt wird. Beispielsweise kann die Strahlmühle mit einer minimal nötigen Geschwindigkeit und/oder Verweilzeit zur Aufbringung des mindestens einen Binders betrieben werden. Die Betriebsbedingungen für die Strahlmühle können beispielsweise durch Versuchsreihen ermittelt werden.  
10 Dabei kann die Beschaffenheit der mindestens einen Elektrodenkomponente beispielsweise mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) untersucht werden.

In dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung kann insbesondere mindestens eine Elektrodenkomponente zur Fibrillierung des mindestens einen Binders eingesetzt werden, welche, insbesondere in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung beziehungsweise unter den Bedingungen des Mischprozesses mit einer hohen Scherbelastung, mechanisch stabiler als die, insbesondere in dem Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung zu mischende, mindestens eine weitere Elektrodenkomponente ist und/oder deren  
20 mechanische Belastung und beispielsweise Zerkleinerung keine oder weniger nachteilige Auswirkungen auf die Funktionsfähigkeit einer damit ausgestatteten Elektrode als die, insbesondere in dem Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung zu mischende, mindestens eine weitere Elektrodenkomponente hat. Dabei kann eine mechanische Belastung beziehungsweise Zerkleinerung  
25 der mindestens einen Elektrodenkomponente in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung insbesondere toleriert werden und/oder die mindestens eine Elektrodenkomponente als Opfermaterial dienen.

In dem nachfolgenden separaten Mischprozess mit einer geringen  
30 Scherbelastung kann dann die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente, welche - beispielsweise aufgrund ihrer mechanischen Stabilität und/oder einer empfindlichen Beschichtung - weniger mechanisch stabil beziehungsweise empfindlicher/sensibler als die in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung gemischte mindestens eine Elektrodenkomponente ist, mit einer  
35 geringeren mechanischen Belastung homogen in die den fibrillierten Binder enthaltende Mischung eingearbeitet werden.

5 Im Rahmen einer Ausführungsform ist die mindestens eine  
Elektrodenkomponente, insbesondere in dem Mischprozess mit einer hohen  
Scherbelastung beziehungsweise unter den Bedingungen des Mischprozesses  
mit einer hohen Scherbelastung, mechanisch stabiler als die mindestens eine  
weitere Elektrodenkomponente und/oder wird die Funktionalität der mindestens  
einen Elektrodenkomponente weniger, insbesondere durch den Mischprozess  
mit einer hohen Scherbelastung beziehungsweise unter den Bedingungen des  
10 Mischprozesses mit einer hohen Scherbelastung und/oder durch eine  
mechanische Belastung, beispielsweise Zerkleinerung, beeinträchtigt als die  
Funktionalität der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente. So können  
die einzelnen Elektrodenkomponenten entsprechend ihren Eigenschaften  
und/oder ihrer Funktionalität vorteilhaft eingesetzt werden.

15 Eine höhere mechanische Stabilität und/oder eine geringere Beeinträchtigung  
der Funktionalität der mindestens einen Elektrodenkomponente bezüglich der  
mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente kann auf verschiedene  
Weisen realisiert werden.

20 Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform weist zum Beispiel die mindestens  
eine Elektrodenkomponente, beispielsweise im Fall von sphärischen Partikeln,  
eine durchschnittliche Partikelgröße, insbesondere Primärpartikelgröße, von  
< 10  $\mu\text{m}$  und/oder, beispielsweise im Fall von faserförmigen und/oder  
röhrenförmigen Partikeln, eine durchschnittliche Partikellänge, beispielsweise  
25 durchschnittliche Faserlänge und/oder Röhrenlänge, von < 10  $\mu\text{m}$  und/oder,  
beispielsweise im Fall von plättchenförmigen Partikeln, einen durchschnittlichen  
Partikelebenendurchmesser von < 10  $\mu\text{m}$  auf beziehungsweise wird mit  
einer/einem solchen eingesetzt. Beispielsweise kann die mindestens eine  
Elektrodenkomponente eine durchschnittliche Partikelgröße, insbesondere  
30 Primärpartikelgröße, von  $\leq 8 \mu\text{m}$ , insbesondere von  $\leq 6 \mu\text{m}$ , und/oder eine  
durchschnittliche Partikellänge, beispielsweise durchschnittliche Faserlänge  
und/oder Röhrenlänge, von  $\leq 8 \mu\text{m}$ , insbesondere von  $\leq 6 \mu\text{m}$ , und/oder einen  
durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser von  $\leq 8 \mu\text{m}$ , insbesondere von  
 $\leq 6 \mu\text{m}$ , aufweisen beziehungsweise mit einer/einem solchen eingesetzt werden.

35

Experimentelle Untersuchungen haben ergeben, dass Mischprozesse mit einer hohen Scherbelastung, beispielsweise durch eine Strahlmühle, zu einer kleinsten erzielbaren und damit stabilen durchschnittlichen Partikelgröße beziehungsweise Partikellänge, beispielsweise Faserlänge und/oder Röhrenlänge, beziehungsweise Partikelebenendurchmesser, insbesondere in einem Bereich von  $\geq 4 \mu\text{m}$  bis  $\leq 6 \mu\text{m}$ , führen und dass Partikel, deren Partikelgröße beziehungsweise Partikellänge, beispielsweise Faserlänge und/oder Röhrenlänge, beziehungsweise Partikelebenendurchmesser in diesem Bereich liegen, dabei - insbesondere aus den physikalischen Randbedingungen des Mischers, beispielsweise der Mühle, und den Materialeigenschaften - nicht weiter zerkleinert werden.

Dadurch, dass die mindestens eine Elektrodenkomponente eine durchschnittliche Partikelgröße beziehungsweise eine durchschnittliche Partikellänge, beispielsweise durchschnittliche Faserlänge und/oder Röhrenlänge, beziehungsweise einen durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser von  $< 10 \mu\text{m}$ , beispielsweise von  $\leq 8 \mu\text{m}$ , insbesondere von  $\leq 6 \mu\text{m}$ , aufweist, kann der durch den Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung darauf einwirkende zerkleinernde Effekt reduziert werden, da die Partikel dann meist lediglich auf eine durchschnittliche Partikelgröße beziehungsweise auf eine durchschnittliche Partikellänge, beispielsweise auf durchschnittliche Faserlänge und/oder Röhrenlänge, beziehungsweise auf einen durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser, beispielsweise in einem Bereich von  $\geq 4 \mu\text{m}$  bis  $\leq 6 \mu\text{m}$ , zerkleinert werden. Auf diese Weise kann eine mechanische Stabilität der mindestens einen Elektrodenkomponente in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung erzielt werden.

Im Rahmen einer speziellen Ausgestaltung weist die mindestens eine Elektrodenkomponente eine durchschnittliche Partikelgröße in einem Bereich von  $\geq 0,01 \mu\text{m}$  bis  $\leq 6 \mu\text{m}$ , beispielsweise in einem Bereich von  $\geq 4 \mu\text{m}$  bis  $\leq 6 \mu\text{m}$ , und/oder eine durchschnittliche Partikellänge, beispielsweise durchschnittliche Faserlänge und/oder Röhrenlänge, in einem Bereich von  $\geq 0,01 \mu\text{m}$  bis  $\leq 6 \mu\text{m}$ , beispielsweise in einem Bereich von  $\geq 4 \mu\text{m}$  bis  $\leq 6 \mu\text{m}$ , und/oder einen durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser in einem Bereich von  $\geq 0,01 \mu\text{m}$  bis  $\leq 6 \mu\text{m}$ , beispielsweise in einem Bereich von  $\geq 4 \mu\text{m}$  bis  $\leq 6 \mu\text{m}$ , auf beziehungsweise wird mit einer/einem solchen eingesetzt. So kann der durch

den Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung darauf einwirkende zerkleinernde Effekt minimiert und eine hohe mechanische Stabilität der mindestens einen Elektrodenkomponente in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung erzielt werden.

5

Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform weist die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente, beispielsweise im Fall von sphärischen Partikeln, eine größere durchschnittliche Partikelgröße, insbesondere Primärpartikelgröße, und/oder, beispielsweise im Fall von faserförmigen und/oder röhrenförmigen Partikeln, eine größere durchschnittliche Partikellänge, beispielsweise eine größere durchschnittliche Faserlänge und/oder Röhrenlänge, und/oder, beispielsweise im Fall von plättchenförmigen Partikeln, einen größeren durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser als die mindestens eine Elektrodenkomponente auf beziehungsweise wird mit einer/einem solchen eingesetzt. Dadurch, dass die mindestens eine Elektrodenkomponente eine kleinere durchschnittliche Partikelgröße und/oder eine kleinere durchschnittliche Partikellänge, beispielsweise eine kleinere durchschnittliche Faserlänge und/oder Röhrenlänge, und/oder einen kleineren durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser aufweist als die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente kann die mindestens eine Elektrodenkomponente bezüglich der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente mechanisch stabiler in dem Mischprozess mit einer hohen Scherrate sein.

15

20

25

30

35

Zum Beispiel kann die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente eine durchschnittliche Partikelgröße, insbesondere Primärpartikelgröße, und/oder eine durchschnittliche Partikellänge, beispielsweise eine durchschnittliche Faserlänge und/oder Röhrenlänge, und/oder einen durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser von  $\geq 10 \mu\text{m}$  oder  $> 8 \mu\text{m}$  oder  $> 6 \mu\text{m}$  aufweisen beziehungsweise mit einer/einem solchen eingesetzt werden. Beispielsweise kann die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente eine durchschnittliche Partikelgröße, insbesondere Primärpartikelgröße, von  $\geq 10 \mu\text{m}$  oder  $\geq 12 \mu\text{m}$  oder  $\geq 15 \mu\text{m}$ , zum Beispiel in einem Bereich von  $\geq 10 \mu\text{m}$  bis  $\leq 20 \mu\text{m}$ , und/oder eine durchschnittliche Partikellänge, beispielsweise eine durchschnittliche Faserlänge und/oder Röhrenlänge, von  $\geq 10 \mu\text{m}$  oder  $\geq 12 \mu\text{m}$  oder  $\geq 15 \mu\text{m}$ , zum Beispiel in einem Bereich von  $\geq 10 \mu\text{m}$  bis  $\leq 20 \mu\text{m}$ , und/oder einen durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser von  $\geq 10 \mu\text{m}$  oder  $\geq 12 \mu\text{m}$  oder

≥ 15 µm, zum Beispiel in einem Bereich von ≥ 10 µm bis ≤ 20 µm, aufweisen beziehungsweise mit einer/einem solchen eingesetzt werden.

5           Dadurch, dass die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente in dem Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung eingesetzt wird, kann die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente. beispielsweise vor starken mechanischen Belastungen beziehungsweise Zerkleinerungseffekten, insbesondere durch den Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung, verschont werden, was es ermöglicht auch empfindlichere beziehungsweise  
10           mechanisch weniger stabile Materialien, wie relativ weichen, lagigen Interkalationsgraphit und/oder beschichtete Partikel, wie Core-Shell-Partikel, und/oder Gradientenmaterialpartikel, möglichst materialschonend zu verarbeiten.

15           Alternativ oder zusätzlich zu der vorstehend beschriebenen Abstufung im Hinblick auf die mechanischen Stabilität zwischen der mindestens einen Elektrodenkomponente und der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente auf Basis von deren durchschnittlicher Partikelgröße, Partikellänge, beispielsweise Faserlänge und/oder Röhrenlänge, und/oder Partikelebenendurchmesser, kann die mindestens eine Elektrodenkomponente  
20           im Hinblick auf eine geringere Beeinträchtigung ihrer Funktionalität durch den Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung bezüglich der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente ausgewählt werden.

25           Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform umfasst zum Beispiel die mindestens eine Elektrodenkomponente mindestens einen Leitzusatz, insbesondere zur Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit, oder ist daraus ausgebildet. Insbesondere kann die mindestens eine Elektrodenkomponente mindestens einen Leitkohlenstoff und/oder mindestens ein Leitmetall umfassen oder daraus ausgebildet sein.

30           Die Funktionalität von Leitzusätzen, insbesondere zur Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit, beispielsweise von Leitkohlenstoffen, zum Beispiel Leitgraphit und/oder amorphen Leitkohlenstoffen, wie Leitruß, und/oder Kohlenstofffasern (Englisch: Carbon Fibres) und/oder Kohlenstoffnanoröhren  
35           (Englisch: Carbon Nano Tubes, CNT) und/oder Graphen und/oder expandiertem Graphit, und/oder Leitmetallen, wird durch eine hohe mechanische Belastung



und/oder durch eine Zerkleinerung in der Regel deutlich weniger beeinträchtigt als beispielsweise die Funktionalität von Elektrodenaktivmaterialien, insbesondere zur Energiespeicherung, beispielsweise zur Speicherung von Lithium, zum Beispiel von Anodenaktivmaterialien und/oder  
5 Kathodenaktivmaterialien, zum Beispiel von Interkalations- und/oder Insertions- und/oder Rekombinationsmaterialien, wie Interkalationsgraphit und/oder insertions- und/oder interkalationsfähigen, amorphen Kohlenstoffen, wie Hard Carbons und/oder Soft Carbons, und/oder Speicherlegierungen. Zudem kann durch eine Anlagerung von Leitzusätzen, beispielsweise von Leitkohlenstoffen,  
10 wie Leitgraphit und/oder Leitruß, eine Deagglomeration und die nachfolgende Fibrillierung des mindestens einen Binders vorteilhaft unterstützt werden.

Im Rahmen einer Ausgestaltung dieser Ausführungsform umfasst die mindestens eine Elektrodenkomponente Leitgraphit oder ist daraus ausgebildet. Leitgraphit  
15 weist eine geringere durchschnittliche Partikelgröße, beispielsweise in einem Bereich von  $\geq 4 \mu\text{m}$  bis  $\leq 10 \mu\text{m}$ , sowie eine geringere reversible Speicherkapazität und/oder eine höhere reaktive Oberfläche und damit einen höheren irreversiblen Kapazitätsverlust bei der ersten Lithiierung beziehungsweise bei der Inbetriebnahme der Zelle als zum Beispiel  
20 Interkalationsgraphit auf und ist da daher zur Interkalation von Lithium nicht optimal. Die in dem stark mechanisch belastenden Prozessschritt, insbesondere in Verfahrensschritt a), verwendete mindestens eine Elektrodenkomponente kann zum Beispiel ein Leitgraphit sein, welcher unter dem Handelsnamen KS4 und/oder KS6 von der Firma Imerys (Timcal) oder unter einem anderen  
25 Handelsnamen von einem anderen Hersteller vertrieben wird.

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausgestaltung dieser Ausführungsform umfasst die mindestens eine Elektrodenkomponente amorphen  
30 Leitkohlenstoff, insbesondere in Form von unporösen Kohlenstoffpartikeln, oder ist daraus ausgebildet. Beispielsweise kann die mindestens eine Elektrodenkomponente dabei Leitruß umfassen oder daraus ausgebildet sein.

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausgestaltung dieser Ausführungsform umfasst die mindestens eine Elektrodenkomponente  
35 Kohlenstofffasern (Englisch: Carbon Fibres) und/oder Kohlenstoffnanoröhren (Englisch: Carbon Nano Tubes, CNT) oder ist daraus ausgebildet.

Kohlenstofffasern und/oder Kohlenstoffnanoröhren eignen sich vorteilhafterweise besonders gut zur Fibrillierung des mindestens einen Binders. Zudem können durch eine Verwendung von Kohlenstofffasern und/oder Kohlenstoffnanoröhren in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung Kohlenstofffasern und/oder Kohlenstoffnanoröhren besonders gut dispergiert und - gegebenenfalls bei anderen Mischprozessen, insbesondere mit einer geringen Scherbelastung, auftretende - Probleme bei der Dispersion beziehungsweise beim homogenen Einmischen von Kohlenstofffasern und/oder Kohlenstoffnanoröhren gelöst werden. Durch eine Strahlmühle können Kohlenstofffasern und/oder Kohlenstoffnanoröhren besonders einfach eingemischt beziehungsweise dispergiert werden. Zum Beispiel kann die mindestens eine Elektrodenkomponente Kohlenstofffasern mit einem durchschnittlichen Durchmesser von  $\ll 1 \mu\text{m}$ , üblicherweise von  $\leq 200 \text{ nm}$  und/oder mit einer durchschnittlichen Partikellänge, beispielsweise Faserlänge und/oder Röhrenlänge, in einem Bereich von  $\geq 2 \mu\text{m}$  bis  $\leq 200 \mu\text{m}$ , zum Beispiel von  $\geq 2 \mu\text{m}$  bis  $\leq 20 \mu\text{m}$ , und/oder Kohlenstoffnanoröhren mit einem durchschnittlichen Durchmesser von  $\leq 50 \text{ nm}$ , beispielsweise in einem Bereich von  $\geq 0,3 \text{ nm}$  bis  $\leq 50 \text{ nm}$ , und/oder mit einer durchschnittlichen Partikellänge, beispielsweise mit einer durchschnittlichen Faserlänge und/oder Röhrenlänge, in einem Bereich von  $\geq 10 \text{ nm}$  bis  $\leq 50 \text{ cm}$ , zum Beispiel von  $\geq 10 \text{ nm}$  bis  $\leq 20 \mu\text{m}$ , umfassen oder daraus ausgebildet sein.

Insofern zusätzlich der bereits beschriebene mechanisch stabilisierende Effekt durch eine geringe durchschnittliche Partikellänge, beispielsweise Faserlänge und/oder Röhrenlänge, erzielt werden soll, kann die mindestens eine Elektrodenkomponente beispielsweise Kohlenstofffasern mit einer durchschnittlichen Partikellänge, beispielsweise mit einer durchschnittlichen Faserlänge und/oder Röhrenlänge, in einem Bereich von  $\geq 2 \mu\text{m}$  bis  $< 10 \mu\text{m}$  oder  $\leq 8 \mu\text{m}$  oder  $\leq 6 \mu\text{m}$  und/oder Kohlenstoffnanoröhren mit einer durchschnittlichen Partikellänge, beispielsweise mit einer durchschnittlichen Faserlänge und/oder Röhrenlänge, in einem Bereich von  $\geq 10 \text{ nm}$  bis  $< 10 \mu\text{m}$  oder  $\leq 8 \mu\text{m}$  oder  $\leq 6 \mu\text{m}$  umfassen beziehungsweise mit einer solchen eingesetzt werden.

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausgestaltung dieser Ausführungsform umfasst die mindestens eine Elektrodenkomponente Graphen und/oder expandierten Graphit oder ist daraus ausgebildet.

5 Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausgestaltung dieser Ausführungsform umfasst die mindestens eine Elektrodenkomponente  
mindestens einen Leitzusatz-Elektrodenaktivmaterial-Komposit, beispielsweise  
mindestens einen Leitzusatz-Anodenaktivmaterial-Komposit oder mindestes  
einen Leitzusatz-Kathodenaktivmaterial-Komposit, zum Beispiel mindestens  
10 einen Kohlenstoff-Elektrodenaktivmaterial-Komposit, wie mindestens einen  
Kohlenstoff-Anodenaktivmaterial-Komposit oder mindestens einen Kohlenstoff-  
Kathodenaktivmaterial-Komposit, zum Beispiel mindestens einen Kohlenstoff-  
Metallphosphat-Komposit, insbesondere in Form von leitzusatzbeschichteten  
Elektrodenaktivmaterialpartikeln, beispielsweise in Form von  
15 leitzusatzbeschichteten Anodenaktivmaterialpartikeln oder in Form von  
leitzusatzbeschichteten Kathodenaktivmaterialpartikeln, zum Beispiel in Form  
von kohlenstoffbeschichteten Elektrodenaktivmaterialpartikeln, wie in Form von  
kohlenstoffbeschichteten Anodenaktivmaterialpartikeln oder in Form von  
kohlenstoffbeschichteten Kathodenaktivmaterialpartikeln, zum Beispiel in Form  
20 von kohlenstoffbeschichteten Metallphosphatpartikeln, insbesondere mit einer  
durchschnittlichen Partikelgröße von  $< 10 \mu\text{m}$ , beispielsweise von  $\leq 8 \mu\text{m}$  oder  
 $\leq 6 \mu\text{m}$ , zum Beispiel von  $\leq 4 \mu\text{m}$  oder  $\leq 2 \mu\text{m}$  oder  $\leq 1 \mu\text{m}$ . Derartige Komposite  
können als Leitzusatz verarbeitet werden, partiell als Aktivmaterial dienen und  
mechanisch stabil sein.

25 Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausgestaltung dieser  
Ausführungsform umfasst die mindestens eine Elektrodenkomponente  
mindestens ein Leitmetall, zum Beispiel Silicium und/oder Zinn und/oder ein  
anderes Metall und/oder eine Legierung, beispielsweise in Form eines  
30 metallischen Pulvers, oder ist daraus ausgebildet.

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform  
umfasst die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente mindestens ein  
Elektrodenaktivmaterial, insbesondere zur Energiespeicherung, beispielsweise  
35 zur Speicherung von Lithium. Beispielsweise kann die mindestens eine weitere  
Elektrodenkomponente mindestens ein Anodenaktivmaterial und/oder

Kathodenaktivmaterial, zum Beispiel mindestens ein Interkalationsmaterial und/oder Insertionsmaterial und/oder Rekombinationsmaterial, beispielsweise mindestens ein Lithium- oder Natrium-Interkalations- und/oder -Insertions- und/oder -Rekombinationsmaterial, umfassen oder daraus ausgebildet sein.

5

Im Rahmen einer Ausgestaltung dieser Ausführungsform umfasst die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente Interkalationsgraphit und/oder insertions- und/oder interkalationsfähigen, amorphen Kohlenstoff, beispielsweise Hard Carbons und/oder Soft Carbons, insbesondere als Anodenaktivmaterial, oder ist daraus ausgebildet. Dadurch, dass der relativ weiche, lagige Interkalationsgraphit in dem Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung - und insbesondere nicht in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung - zugemischt wird, kann vorteilhafterweise verhindert werden, dass in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung, zum Beispiel durch eine Strahlmühle, die Partikelgröße des Interkalationsgraphits stark verkleinert und/oder der Interkalationsgraphit, zum Beispiel durch ein Auseinandergleiten von dessen Lagen, stark geschädigt wird.

10

15

20

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausgestaltung dieser Ausführungsform umfasst die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente eine Speicherlegierung oder ist daraus ausgebildet. Insbesondere kann die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente eine Lithium-Speicherlegierung, beispielsweise eine Silicium- und/oder Zinn-Legierung, umfassen oder daraus ausgebildet sein.

25

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausgestaltung dieser Ausführungsform umfasst die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente mindestens ein Metalloxid und/oder -Phosphat oder ist daraus ausgebildet. Beispielsweise kann die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente Siliciumoxid, insbesondere zur Ausbildung eines Anodenaktivmaterials oder als Anodenaktivmaterial, und/oder mindestens ein Metalloxid, insbesondere mindestens ein Schichtoxid und/oder mindestens ein Spinell, beispielsweise mindestens ein Nickel- und/oder -Cobalt- und/oder -Mangan-Oxid, zum Beispiel Lithium-Nickel- und/oder -Cobalt- und/oder Mangan-Oxid, und/oder mindestens ein Metallphosphat, beispielsweise mindestens ein Eisen- und/oder -Mangan- und/oder -Cobalt-Phosphat, zum Beispiel mindestens ein Lithium-Eisen-

30

35

und/oder -Mangan- und/oder -Cobalt-Phosphat, beispielsweise basierend auf der Formel:  $\text{LiMPO}_4$  mit  $M = \text{Fe, Mn und/oder Co}$ , insbesondere als Kathodenaktivmaterial, umfassen oder daraus ausgebildet sein.

5 Grundsätzlich können die mindestens eine Elektrodenkomponente und/oder die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente sphärische und/oder asphärische Partikel umfassen oder daraus ausgebildet sein.

10 Alternativ oder zusätzlich zu den vorstehend beschriebenen Maßnahmen kann eine höhere mechanische Stabilität und/oder eine geringere Beeinträchtigung der Funktionalität der mindestens einen Elektrodenkomponente bezüglich der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente durch die jeweilige Partikelform eingestellt werden.

15 Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform umfasst die mindestens eine Elektrodenkomponente sphärische Partikel beziehungsweise ist daraus ausgebildet. Beispielsweise kann die mindestens eine Elektrodenkomponente stabile und/oder kompakte, sphärische Partikel umfassen beziehungsweise daraus ausgebildet sein. Sphärische Partikel, wie  
20 zum Beispiel MCMB (Englisch: MesoCarbon MicroBeads), können eine höhere mechanische Stabilität als asphärische Partikel, beispielsweise plättchenförmige Graphite, wie Interkalationsgraphite, aufweisen.

25 Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform umfasst die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente dementsprechend - beispielsweise insofern asphärische Partikel in dem Verfahren verwendet werden sollen - insbesondere aufgrund der wie bereits erläutert geringeren mechanischen Belastung in dem Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung, asphärische Partikel.

30 Alternativ oder zusätzlich zu den vorstehend beschriebenen Maßnahmen kann eine höhere mechanische Stabilität und/oder eine geringere Beeinträchtigung der Funktionalität der mindestens einen Elektrodenkomponente bezüglich der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente durch den jeweiligen  
35 Partikelbau eingestellt werden.

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform ist die mindestens eine Elektrodenkomponente daher frei von oberflächenbeschichteten Partikeln und/oder Gradientenmaterialpartikeln. Zum Beispiel kann die mindestens eine Elektrodenkomponente frei von Partikeln mit einem Partikelkern und einer den Partikelkern umgebenden Partikelschale, so genannten Core-Shell-Partikeln, und/oder frei von Gradientenmaterialpartikeln sein. Dies kann insbesondere angewendet werden, wenn die oberflächenbeschichteten Partikeln beziehungsweise die Gradientenmaterialpartikel bekanntermaßen eine geringere mechanische Stabilität aufweisen. In dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung können Oberflächenbeschichtungen auf Partikeln und/oder Gradientenmaterialpartikel beschädigt und/oder zerstört werden. Daher kann es vorteilhaft sein, diese in dem Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung einzumischen.

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform umfasst daher die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente oberflächenbeschichtete Partikel, beispielsweise Partikel mit einem Partikelkern und einer den Partikelkern umgebenden Partikelschale, so genannte Core-Shell-Partikel, und/oder Gradientenmaterialpartikel.

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform ist die mindestens eine Elektrodenkomponente frei von Elektrodenaktivmaterialien, insbesondere zur Energiespeicherung, beispielsweise zur Speicherung von Lithium, beispielsweise frei von Anodenaktivmaterialien und/oder frei von Kathodenaktivmaterialien. Wie bereits erläutert wird in der Regel die Funktionalität von Elektrodenaktivmaterialien durch eine hohe mechanische Belastung und/oder durch eine Zerkleinerung stärker beeinträchtigt als die Funktionalität von Leitzusätzen.

Einer Beschädigung und/oder Zerstörung von Oberflächenbeschichtungen auf Partikeln und/oder Gradientenmaterialpartikel und/oder einer Funktionsbeeinträchtigung von Elektrodenaktivmaterialien kann jedoch gegebenenfalls - wie bereits erläutert - durch eine geringe durchschnittliche Partikelgröße und/oder eine geringe durchschnittliche Partikellänge, beispielsweise eine geringe durchschnittliche Faserlänge und/oder Röhrenlänge,

und/oder einen geringen durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser, insbesondere von  $< 10 \mu\text{m}$ , beispielsweise von  $\leq 8 \mu\text{m}$ , zum Beispiel von  $\leq 6 \mu\text{m}$ , entgegen gewirkt werden. So können zum Beispiel gegebenenfalls Leitzusatz-Elektrodenaktivmaterial-Komposite, insbesondere in Form von

5 leitzusatzbeschichteten Elektrodenaktivmaterialpartikeln, zum Beispiel Kohlenstoff-Metallphosphat-Komposite, beispielsweise in Form von kohlenstoffbeschichteten Metallphosphatpartikeln, mit einer durchschnittlichen Partikelgröße von  $< 10 \mu\text{m}$ , beispielsweise von  $\leq 6 \mu\text{m}$ , insbesondere von  $\leq 4 \mu\text{m}$  oder  $\leq 2 \mu\text{m}$  oder  $\leq 1 \mu\text{m}$ , in Mischprozessen mit einer hohen Scherbelastung

10 mechanisch stabil sein.

Abgesehen von einer Abstufung der mechanischen Stabilität und/oder Funktionalitätsbeeinträchtigung der mindestens einen Elektrodenkomponente bezüglich der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente mittels

15 durchschnittlicher Partikelgröße und/oder durchschnittlicher Partikellänge, beispielsweise durchschnittlicher Faserlänge und/oder Röhrenlänge, und/oder durchschnittlichem Partikelebenendurchmesser und/oder mittels Funktion als Leitzusatz beziehungsweise als Elektrodenaktivmaterial und/oder mittels Partikelform und/oder mittels Partikel Aufbau kann - insbesondere bei

20 Elektrodenkomponenten welche eine oder mehrere gleiche der vorstehenden Eigenschaften aufweisen - eine Abstufung der mechanischen Stabilität und/oder der Funktionalitätsbeeinträchtigung von unterschiedlichen Elektrodenkomponenten schwierig sein und kann zum Beispiel, insbesondere lediglich, anhand von Versuchsreihen mit den zueinander abzustufenden

25 Elektrodenkomponenten und mit den jeweilig einzusetzenden Mischertypen mit einer hohen Scherbelastung, zum Beispiel mit einer Strahlmühle oder einen anderen Mischer mit einer hohen Scherbelastung, und durch Untersuchung von unter vergleichbaren Mischbedingungen hergestellten Mischungen, beispielsweise mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) und/oder

30 Zellfunktionstests, ermittelt werden.

Der mindestens eine, insbesondere polymere, Binder kann beispielsweise mindestens ein lithiumionenleitfähiges oder lithiumionenleitendes Polymer, beispielsweise mindestens ein Polyalkylenoxid, zum Beispiel Polyethylenoxid

35 (PEO), und/oder mindestens einen Polyester und/oder mindestens ein Polyacrylat und/oder mindestens ein Polymethacrylat, beispielsweise

Polymethylmethacrylat (PMMA), und/oder mindestens ein Polyacrylnitril und/oder mindestens ein fluoriertes und/oder unfluoriertes Polyolefin, beispielsweise Polyvinylidendifluorid (PvdF) und/oder Polytetrafluorethylen (PTFE, Teflon) und/oder Polyethylen (PE) und/oder Polypropylen (PP), und/oder ein Copolymer davon, beispielsweise Polyethylenoxid-Polystyrol-Copolymer (PEO-PS-Copolymer) und/oder Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS), umfassen oder daraus ausgebildet sein.

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform umfasst der mindestens eine, insbesondere polymere, Binder mindestens ein lithiumionenleitfähiges oder lithiumionenleitendes Polymer und/oder ein Copolymer davon oder ist daraus ausgebildet. So kann vorteilhafterweise zusätzlich zu den bindenden Eigenschaften eine Lithiumionenleitfähigkeit innerhalb der Elektrode durch den mindestens einen Binder bereitgestellt werden. Zum Beispiel kann der mindestens eine, insbesondere polymere, Binder mindestens ein Polyalkylenoxid, beispielsweise Polyethylenoxid, und/oder mindestens einen Polyester und/oder mindestens ein Polyacrylat und/oder mindestens ein Polymethacrylat, beispielsweise Polymethylmethacrylat, und/oder mindestens ein Polyacrylnitril und/oder ein Copolymer davon, beispielsweise Polyethylenoxid-Polystyrol (PEO-PS-Copolymer) und/oder Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS), umfassen oder daraus ausgebildet sein. Zum Beispiel kann der mindestens eine, insbesondere polymere, Binder mindestens ein Polyalkylenoxid, insbesondere Polyethylenoxid, und/oder ein Copolymer davon umfassen oder daraus ausgebildet sein.

Der mindestens eine Binder kann insbesondere in einer Menge eingesetzt werden, welche es gewährleistet, dass der mindestens eine Binder an alle Partikel der mindestens einen Elektrodenkomponente und der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente gleichermaßen anbinden kann. Dabei kann insbesondere eine komplette Bedeckung der Oberfläche der Partikel der mindestens einen Elektrodenkomponente und der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente vermieden werden. Vorzugsweise werden lediglich Punktkontakte zwischen dem mindestens einen Binder und Partikel der mindestens einen Elektrodenkomponente und der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente ausgebildet. So kann eine möglichst große für die eigentliche Speicherreaktion aktive Oberfläche erzielt werden.



Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform werden, bezogen auf das Gesamtgewicht der Elektrodenkomponenten der Elektrode,  $\geq 0,1$  Gew.-% bis  $\leq 10$  Gew.-%, beispielsweise  $\geq 0,2$  Gew.-% bis  $\leq 5$  Gew.-%, von dem mindestens einen Binder eingesetzt. Dies hat sich zum Erzielen einer gleichmäßigen Anbindung des mindestens einen Binders an alle Partikel der Elektrodenkomponenten in Form von Punktkontakten und damit zum Erzielen einer möglichst großen für die eigentliche Speicherreaktion aktiven Oberfläche als vorteilhaft erwiesen.

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform werden, bezogen auf das Gesamtgewicht der Elektrodenkomponenten der Elektrode,  $\geq 0,1$  Gew.-% bis  $\leq 50$  Gew.-%, zum Beispiel  $\geq 0,1$  Gew.-% bis  $\leq 30$  Gew.-%, beispielsweise  $\geq 0,25$  Gew.-% bis  $\leq 20$  Gew.-%, zum Beispiel  $\geq 0,5$  Gew.-% bis  $\leq 15$  Gew.-% oder  $\leq 10$  Gew.-% oder  $\leq 5$  Gew.-%, von der mindestens einen Elektrodenkomponente eingesetzt.

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform werden, bezogen auf das Gesamtgewicht der Elektrodenkomponenten der Elektrode,  $\geq 0,1$  Gew.-% bis  $\leq 98$  Gew.-%, zum Beispiel  $\geq 0,1$  Gew.-% bis  $\leq 90$  Gew.-%, beispielsweise  $\geq 0,1$  Gew.-% bis  $\leq 80$  Gew.-%, von der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente eingesetzt.

In dem Verfahren kann beispielsweise der mindestens eine Binder, beispielsweise insofern zwei oder mehr verschiedene Binder eingesetzt werden sollen, und/oder die mindestens eine Elektrodenkomponente, beispielsweise insofern zwei oder mehr Elektrodenkomponenten in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung eingesetzt werden sollen, in mehreren Stufen zugegeben werden. Zum Beispiel kann in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung, insbesondere in Verfahrensschritt a), zuerst ein erster Binder und dann ein oder mehr weitere Binder zugegeben und mit der mindestens einen Elektrodenkomponente vermischt werden und/oder zu dem mindestens einen Binder zuerst eine erste Elektrodenkomponente von der mindestens einen Elektrodenkomponente und dann eine zweite Elektrodenkomponente von der mindestens einen Elektrodenkomponente zugegeben und vermischt werden.

Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform wird jedoch, insbesondere in Verfahrensschritt a), durch einen ersten Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung mindestens ein erster Binder und (die) mindestens eine Elektrodenkomponente zu einer ersten, fibrillierten Binder enthaltenden Mischung und durch zumindest einen zweiten Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung mindestens ein zweiter Binder und (die) mindestens eine Elektrodenkomponente, welche beispielsweise gleich oder unterschiedlich zu der im ersten Mischprozess verwendeten mindestens einen Elektrodenkomponente sein kann, zu zumindest einer zweiten, fibrillierten Binder enthaltenden Mischung vermischt. Dies kann sich vorteilhaft auf die Binder-Fibrillierung und/oder die Binder-Elektrodenkomponenten-Durchmischung auswirken.

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform wird, insbesondere in Verfahrensschritt a), durch einen ersten Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung (der) mindestens ein Binder, gegebenenfalls mindestens ein erster Binder, und eine erste Elektrodenkomponente von der mindestens einen Elektrodenkomponente zu einer ersten, fibrillierten Binder enthaltenden Mischung und durch zumindest einen zweiten Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung (der) mindestens ein Binder, welcher beispielsweise gleich oder unterschiedlich zu dem im ersten Mischprozess verwendeten mindestens einen Binder sein kann, zum Beispiel mindestens ein zweiter Binder, und eine zweite Elektrodenkomponente von der mindestens einen Elektrodenkomponente zu zumindest einer zweiten, fibrillierten Binder enthaltenden Mischung vermischt. Dies kann sich vorteilhaft auf die Binder-Elektrodenkomponenten-Durchmischung und/oder die Binder-Fibrillierung auswirken.

Im Rahmen der vorstehenden Ausführungsformen können dann die erste und zweite, fibrillierten Binder enthaltende Mischung, insbesondere in Verfahrensschritt b), mit (der) mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente durch den Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung vermischt werden.

Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform ist das Verfahren zur Herstellung einer Anode ausgelegt. Dabei kann die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente insbesondere mindestens ein Anodenaktivmaterial, beispielsweise Interkalationsgraphit und/oder insertions- und/oder interkalationsfähigen, amorphen Kohlenstoff, beispielsweise Hard Carbons

und/oder Soft Carbons, und/oder eine Speicherlegierung, zum Beispiel eine Lithium-Speicherlegierung, beispielsweise eine Silicium- und/oder -Zinn-Legierung, und/oder ein Metalloxid, insbesondere Siliciumoxid, umfassen oder daraus ausgebildet sein. Bezogen auf das Gesamtgewicht der Elektrodenkomponenten der Anode, können beispielsweise  $\geq 80$  Gew.-%, gegebenenfalls  $\geq 90$  Gew.-%, von dem mindestens einen Anodenaktivmaterial eingesetzt werden.

Im Rahmen einer Ausgestaltung dieser Ausführungsform werden, bezogen auf das Gesamtgewicht der Elektrodenkomponenten der Anode, insbesondere in Form der mindestens einen Elektrodenkomponente,  $\geq 5$  Gew.-% bis  $\leq 10$  Gew.-% von dem mindestens einen Leitkohlenstoff, beispielsweise amorphem Leitkohlenstoff, insbesondere Leitruß, und/oder Leitgraphit und/oder Kohlenstofffasern und/oder Kohlenstoffnanoröhren und/oder Graphen und/oder expandiertem Graphit, und/oder  $\geq 5$  Gew.-% bis  $\leq 10$  Gew.-% von dem mindestens einen Leitmetall eingesetzt.

Dabei können in einem ersten Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung der mindestens eine Binder und der mindestens eine Leitkohlenstoff, beispielsweise in Form von Leitruß, zu einer ersten fibrillierten Binder enthaltenden Mischung und in einem zweiten Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung der mindestens eine Binder und das mindestens eine Leitmetall zu einer zweiten fibrillierten Binder enthaltenden Mischung vermischt werden.

Die erste fibrillierten Binder enthaltende Mischung und die zweite fibrillierten Binder enthaltende Mischung können dann durch den Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung mit dem mindestens einen Anodenaktivmaterial, beispielsweise mit Interkalationsgraphit und/oder mit insertions- und/oder interkalationsfähigem, amorphem Kohlenstoff, beispielsweise mit Hard Carbons und/oder Soft Carbons, und/oder mit einer Speicherlegierung, zum Beispiel mit einer Lithium-Speicherlegierung, beispielsweise mit einer Silicium- und/oder -Zinn-Legierung, und/oder mit einem Metalloxid, insbesondere Siliciumoxid, vermischt werden.

Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform ist das Verfahren zur Herstellung einer Kathode ausgelegt. Dabei kann die mindestens eine weitere

Elektrodenkomponente insbesondere mindestens ein Kathodenaktivmaterial, beispielsweise mindestens ein Metalloxid und/oder -Phosphat, zum Beispiel mindestens ein Metalloxid, insbesondere mindestens ein Schichtoxid und/oder mindestens ein Spinell, beispielsweise mindestens ein Nickel- und/oder -Cobalt- und/oder -Mangan-Oxid, zum Beispiel Lithium-Nickel- und/oder -Cobalt- und/oder Mangan-Oxid, und/oder mindestens ein Metallphosphat, beispielsweise mindestens ein Eisen- und/oder -Mangan- und/oder -Cobalt-Phosphat, zum Beispiel mindestens ein Lithium-Eisen- und/oder -Mangan- und/oder -Cobalt-Phosphat, beispielsweise basierend auf der Formel:  $\text{LiMPO}_4$  mit  $M = \text{Fe, Mn}$  und/oder  $\text{Co}$ , umfassen oder daraus ausgebildet sein. Bezogen auf das Gesamtgewicht der Elektrodenkomponenten der Kathode, können beispielsweise  $\geq 80$  Gew.-%, gegebenenfalls  $\geq 90$  Gew.-%, von der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente, insbesondere von dem mindestens einen Kathodenaktivmaterial, eingesetzt werden. Die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente, insbesondere das mindestens eine Kathodenaktivmaterial, kann dabei beispielsweise eine durchschnittliche Partikelgröße, beispielsweise Primärpartikelgröße, in einem Bereich von  $\geq 10 \mu\text{m}$  bis  $\leq 20 \mu\text{m}$ , aufweisen.

Die mindestens eine Elektrodenkomponente kann dabei beispielsweise mindestens einen Leitkohlenstoff, zum Beispiel Leitgraphit und/oder Leitruß, umfassen oder sein.

Im Rahmen einer Ausgestaltung dieser Ausführungsform werden, bezogen auf das Gesamtgewicht der Elektrodenkomponenten der Kathode,  $\geq 0,25$  Gew.-% bis  $\leq 20$  Gew.-%, beispielsweise  $\geq 0,5$  Gew.-% bis  $\leq 10$  Gew.-%, insbesondere  $\geq 0,5$  Gew.-% bis  $\leq 5$  Gew.-%, von der mindestens einen Elektrodenkomponente, beispielsweise von dem mindestens einen Leitkohlenstoff, zum Beispiel Leitgraphit und/oder Leitruß, eingesetzt.

Im Rahmen einer weiteren, speziellen Ausgestaltung dieser Ausführungsform umfasst die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente, insbesondere das mindestens eine Kathodenaktivmaterial, mindestens ein Metalloxid, beispielsweise mindestens ein Schichtoxid und/oder mindestens ein Spinell, zum Beispiel mindestens ein Nickel- und/oder -Cobalt- und/oder -Mangan-Oxid, beispielsweise Lithium-Nickel- und/oder -Cobalt- und/oder Mangan-Oxid, oder ist

daraus ausgebildet. Auch hierbei kann die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente, insbesondere das mindestens eine Kathodenaktivmaterial, beispielsweise eine durchschnittliche Partikelgröße, beispielsweise Primärpartikelgröße, in einem Bereich von  $\geq 10 \mu\text{m}$  bis  $\leq 20 \mu\text{m}$ , aufweisen. Bezogen auf das Gesamtgewicht der Elektrodenkomponenten der Kathode, können zum Beispiel  $\geq 50 \text{ Gew.-%}$ , beispielsweise  $\geq 70 \text{ Gew.-%}$  oder  $\geq 80 \text{ Gew.-%}$  oder  $\geq 85 \text{ Gew.-%}$ , gegebenenfalls  $\geq 90 \text{ Gew.-%}$ , von der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente, beispielsweise von dem mindestens einen Metalloxid, eingesetzt werden.

Im Rahmen einer weiteren, alternativen oder zusätzlichen, speziellen Ausgestaltung dieser Ausführungsform umfasst die mindestens eine Elektrodenkomponente mindestens einen Leitzusatz, beispielsweise mindestens einen Leitkohlenstoff, zum Beispiel Leitgraphit und/oder Leitruß, und/oder mindestens ein Metallphosphat, beispielsweise mindestens ein Eisen- und/oder -Mangan- und/oder -Cobalt-Phosphat, zum Beispiel mindestens ein Lithium-Eisen- und/oder -Mangan- und/oder -Cobalt-Phosphat, beispielsweise basierend auf der Formel:  $\text{LiMPO}_4$  mit  $\text{M} = \text{Fe}, \text{Mn}$  und/oder  $\text{Co}$ , beispielsweise mit einer durchschnittlichen Partikelgröße, beispielsweise Primärpartikelgröße, von  $< 10 \mu\text{m}$  oder  $\leq 8 \mu\text{m}$  oder  $\leq 6 \mu\text{m}$ , beispielsweise von  $\leq 4 \mu\text{m}$ , zum Beispiel von  $\leq 2 \mu\text{m}$  oder  $\leq 1 \mu\text{m}$ , und/oder mindestens einen Leitzusatz-Kathodenaktivmaterial-Komposit, beispielsweise mindestens einen Kohlenstoff-Kathodenaktivmaterial-Komposit, zum Beispiel mindestens einen Kohlenstoff-Metallphosphat-Komposit, beispielsweise in Form von leitzusatzbeschichteten, zum Beispiel kohlenstoffbeschichteten, Kathodenaktivmaterialpartikeln, zum Beispiel in Form von kohlenstoffbeschichteten Metallphosphatpartikeln, beispielsweise mit einer durchschnittlichen Partikelgröße von  $< 10 \mu\text{m}$  oder  $\leq 8 \mu\text{m}$  oder  $\leq 6 \mu\text{m}$ , zum Beispiel von  $\leq 4 \mu\text{m}$  oder  $\leq 2 \mu\text{m}$  oder  $\leq 1 \mu\text{m}$ , oder ist daraus ausgebildet sein.

Bezogen auf das Gesamtgewicht der Elektrodenkomponenten der Kathode, können zum Beispiel  $\geq 0,1 \text{ Gew.-%}$  bis  $\leq 50 \text{ Gew.-%}$ , beispielsweise  $\geq 0,1 \text{ Gew.-%}$  bis  $\leq 30 \text{ Gew.-%}$ , insbesondere  $\geq 0,5 \text{ Gew.-%}$  bis  $\leq 15 \text{ Gew.-%}$ , von der mindestens einen Elektrodenkomponente, beispielsweise von dem mindestens einen Leitzusatz, beispielsweise Leitkohlenstoff, zum Beispiel Leitgraphit und/oder Leitruß und/oder von dem mindestens einen Metallphosphat und/oder

von der Kombination daraus, insbesondere von dem mindestens einen Leitzusatz-Kathodenaktivmaterial-Komposit, beispielsweise von dem mindestens einen Kohlenstoff-Kathodenaktivmaterial-Komposit, zum Beispiel von dem mindestens einen Kohlenstoff-Metallphosphat-Komposit, beispielsweise in Form von leitzusatzbeschichteten, zum Beispiel kohlenstoffbeschichteten, Kathodenaktivmaterialpartikeln, zum Beispiel in Form von kohlenstoffbeschichteten Metallphosphatpartikeln, beispielsweise mit einer durchschnittlichen Partikelgröße von  $< 10 \mu\text{m}$  oder  $\leq 8 \mu\text{m}$  oder  $\leq 6 \mu\text{m}$ , beispielsweise von  $\leq 4 \mu\text{m}$ , insbesondere von  $\leq 2 \mu\text{m}$  oder  $\leq 1 \mu\text{m}$ , eingesetzt werden.

Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform werden in einem, dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung vorgeschalteten Vormischprozess mit einer geringen Scherbelastung der mindestens eine Binder und die mindestens eine Elektrodenkomponente zu einer Vormischung vermischt, welche dann in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung, insbesondere in Verfahrensschritt a), zu der den fibrillierten Binder enthaltenden Mischung vermischt werden. Der Vormischprozess kann insbesondere in einem, dem Verfahrensschritt a) vorgeschalteten Verfahrensschritt a0) durchgeführt werden.

Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform erfolgt der Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung und/oder der Vormischprozess mit einer geringen Scherbelastung durch einen Freifall-Mischer und/oder durch einen auf dem Prinzip von, beispielsweise durch Dehnströmungen und/oder Rohrerweiterungen verursachten, Turbulenzen basierenden Mischer und/oder durch einen Knetter und/oder durch einen Extruder und/oder durch einen Pflugschar- und/oder Schaufelmischer (Paddel-Mischer) und/oder durch einen Trommelmischer beziehungsweise wird damit durchgeführt. Derartige Mischaggregate können vorteilhafterweise eine geringe Scherbelastung, beispielsweise eine geringere Scherbelastung als eine Strahlmühle und/oder ein Drei-Walzen-Stuhl und/oder durch ein Zwei-Schnecken-Extruder, insbesondere eine geringere Scherbelastung als eine Strahlmühle, auf die Elektrodenkomponenten ausüben. Speziell bei auf dem Prinzip von Turbulenzen basierenden Mixern kann vorteilhafterweise lediglich eine geringe Materialbelastung auftreten, beispielsweise da keine Einbauten erforderlich sind und/oder keine „Kontaktmischung“ stattfindet.

5 Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform wird, beispielsweise in einem dem  
Verfahrensschritt b) nachgeschalteten Verfahrensschritt c), aus der Mischung,  
insbesondere aus Verfahrensschritt b), welche den mindestens einen fibrillierten  
10 Binder, die mindestens eine Elektrodenkomponente und die mindestens eine  
weitere Elektrodenkomponente enthält, beispielsweise durch einen trockenen  
Herstellungsprozess und/oder durch Beschichten, zum Beispiel durch  
Trockenbeschichten, beispielsweise eines Stromableiters oder eines  
Trägersubstrats, eine Elektrode, insbesondere eine Anode und/oder Kathode,  
15 ausgebildet. Aus dieser Mischung kann beispielsweise eine Elektrode, zum  
Beispiel in Form eines Films, beispielsweise mit definierter Porosität und/oder  
definierter Dicke, ausgebildet werden. Der Stromableiter kann beispielsweise  
eine metallische Ableiterfolie oder ein anders gearteter Stromableiter, zum  
Beispiel ein Streckmetall, ein Netz, ein Metallgeflecht, ein metallisiertes Gewebe  
20 und/oder eine gelochte oder gestochene oder in anderer Weise geeignet  
vorbereitete Folie, sein.

Hinsichtlich weiterer technischer Merkmale und Vorteile des erfindungsgemäßen  
Verfahrens wird hiermit explizit auf die Erläuterungen im Zusammenhang mit der  
25 erfindungsgemäßen Elektrode, der erfindungsgemäßen Zelle sowie auf die Figur  
und die Figurenbeschreibung verwiesen.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist eine Elektrode, beispielsweise eine  
30 Anode und/oder Kathode, welche durch ein erfindungsgemäßes Verfahren  
hergestellt ist.

Eine mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellte Elektrode,  
beispielsweise Anode und/oder Kathode, kann zum Beispiel mittels  
35 Rasterelektronenmikroskopie (REM) untersucht und beispielsweise anhand einer  
Schädigung der einzelnen Komponenten nachgewiesen werden.

Hinsichtlich weiterer technischer Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen  
Elektrode wird hiermit explizit auf die Erläuterungen im Zusammenhang mit dem  
35 erfindungsgemäßen Verfahren, der erfindungsgemäßen Zelle sowie auf die Figur  
und die Figurenbeschreibung verwiesen.

5 Ferner betrifft die Erfindung eine elektrochemische Zelle, insbesondere eine Batteriezelle, beispielsweise eine Lithium-Zelle oder eine Natrium-Zelle oder eine Metall-Luft-Zelle, zum Beispiel eine Lithium-Ionen-Zelle und/oder Lithium-Metall-Zelle oder eine Natrium-Ionen-Zelle, insbesondere eine Lithium-Zelle, zum Beispiel eine Lithium-Ionen-Zelle und/oder Lithium-Metall-Zelle, welche mindestens eine erfindungsgemäße beziehungsweise erfindungsgemäß hergestellte Elektrode umfasst.

10 Hinsichtlich weiterer technischer Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Zelle wird hiermit explizit auf die Erläuterungen im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, der erfindungsgemäßen Elektrode sowie auf die Figuren und die Figurenbeschreibung verwiesen.

#### 15 Zeichnung

20 Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Gegenstände werden durch die Zeichnung veranschaulicht und in der nachfolgenden Beschreibung erläutert. Dabei ist zu beachten, dass die Zeichnung nur beschreibenden Charakter hat und nicht dazu gedacht ist, die Erfindung in irgendeiner Form einzuschränken. Es zeigt

25 Fig. 1 ein schematisches Flussdiagramm zur Veranschaulichung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens.

30 Figur 1 veranschaulicht eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Elektrode, insbesondere einer Anode oder einer Kathode, für eine elektrochemische Zelle, insbesondere für eine Batteriezelle, beispielsweise für eine Lithium-Zelle.

35 Figur 1 zeigt, dass gegebenenfalls zunächst in einem optionalen vorgeschalteten Verfahrensschritt a0) in einem Vormischprozess mit einer geringen Scherbelastung mindestens ein Binder B und mindestens eine Elektrodenkomponente E1 zu einer Vormischung B+E1 vermischt werden. Der



mindestens eine Binder B kann zum Beispiel mindestens ein lithiumionenleitfähiges oder lithiumionenleitendes Polymer, wie Polyethylenoxid (PEO) und/oder Polymethylmethacrylat (PMMA), und/oder mindestens ein fluoriertes und/oder unfluoriertes Polyolefin, wie Polyvinylidendifluorid (PVDF) und/oder Polytetrafluorethylen (PTFE) und/oder Polyethylen (PE) und/oder Polypropylen (PP), und/oder ein Copolymer davon umfassen.

Fig. 1 zeigt weiterhin, dass in einem Verfahrensschritt a) der mindestens eine Binder B und die mindestens eine Elektrodenkomponente E1, gegebenenfalls in Form der Vormischung aus dem optionalen vorgeschalteten Verfahrensschritt a0), in einem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung zu einer fibrillierten Binder enthaltenden Mischung fB+E1 vermischt werden. Der Mischprozess mit einer hohen Scherrate kann beispielsweise durch eine Strahlmühle erfolgen.

Darüber hinaus zeigt Figur 1, dass in einem Verfahrensschritt b) zu der den fibrillierten Binder enthaltenden Mischung fB+E1 aus Verfahrensschritt a) mindestens eine weitere Elektrodenkomponente E2 durch einen Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung zugemischt wird.

Die mindestens eine Elektrodenkomponente E1 kann, insbesondere in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung, mechanisch stabiler als die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente E2 sein und/oder die Funktionalität der mindestens einen Elektrodenkomponente E1 kann durch den Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung und/oder durch eine Zerkleinerung weniger beeinträchtigt werden als die Funktionalität der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente E2.

Zum Beispiel kann die mindestens eine Elektrodenkomponente E1 eine durchschnittliche Partikelgröße beziehungsweise eine durchschnittliche Partikellänge beziehungsweise einen durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser von  $< 10 \mu\text{m}$ , beispielsweise in einem Bereich von  $\geq 4 \mu\text{m}$  bis  $\leq 6 \mu\text{m}$ , aufweisen. Es hat sich herausgestellt, dass derartig kleine Partikel in einem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung, beispielsweise in einer Strahlmühle, nur wenig beziehungsweise nicht weiter zerkleinert werden und somit in diesem quasi mechanisch stabil sind. Die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente E2 kann demgegenüber eine größere durchschnittliche

Partikelgröße beziehungsweise eine größere durchschnittliche Partikellänge beziehungsweise einen größeren durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser, beispielsweise von  $\geq 10 \mu\text{m}$ , zum Beispiel in einem Bereich von  $\geq 10 \mu\text{m}$  bis  $\leq 20 \mu\text{m}$ , aufweisen und damit in einem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung, beispielsweise in einer Strahlmühle, vergleichsweise mechanisch empfindlich beziehungsweise instabil sein.

Oder zum Beispiel kann die mindestens eine Elektrodenkomponente E1 mindestens einen Leitzusatz, beispielsweise mindestens einen Leitkohlenstoff, wie Leitgraphit und/oder amorphen Leitkohlenstoff, wie Leitruß, und/oder Kohlenstofffasern und/oder Kohlenstoffnanoröhren und/oder Graphen und/oder expandierten Graphit, und/oder mindestens ein Leitmetall, und die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente E2 mindestens ein Elektrodenaktivmaterial, beispielsweise mindestens ein Anodenaktivmaterial, oder Kathodenaktivmaterial, zum Beispiel mindestens ein Interkalationsmaterial und/oder Insertionsmaterial und/oder Rekombinationsmaterial, umfassen. Die Funktionalität von Leitzusätzen wird durch eine Zerkleinerung in einem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung deutlich weniger beeinträchtigt als beispielsweise die Funktionalität von Elektrodenaktivmaterialien, wie Anodenaktivmaterialien oder Kathodenaktivmaterialien, zum Beispiel Interkalationsmaterialien und/oder Insertionsmaterialien und/oder Rekombinationsmaterialien.

Oder die mindestens eine Elektrodenkomponente E1 kann zum Beispiel frei von oberflächenbeschichteten Partikel und/oder frei von Gradientenmaterialpartikeln sein, wohingegen die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente E2 oberflächenbeschichtete Partikel und/oder Gradientenmaterialpartikel umfassen kann. In einem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung, beispielsweise in einer Strahlmühle, können Gradientenmaterialpartikel und/oder die Oberflächenbeschichtung von oberflächenbeschichteten Partikeln beschädigt und/oder zerstört werden, wodurch deren Funktionalität beeinträchtigt werden kann.

Ferner zeigt Figur 1, dass in einem Verfahrensschritt c) aus der Mischung fB+E1+E2 aus Verfahrensschritt b), welche den mindestens einen fibrillierten Binder fB, die mindestens eine Elektrodenkomponente E1 und die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente E2 enthält, beispielsweise durch einen

trockenen Herstellungsprozess und/oder durch Beschichten, zum Beispiel durch Trockenbeschichten, eine Elektrode E ausgebildet wird.

## Ansprüche

5

1. Verfahren zur Herstellung einer Elektrode (E) für eine elektrochemische Zelle, insbesondere für eine Batteriezelle, beispielsweise für eine Lithium-Zelle, in dem
  - mindestens ein Binder (B) und mindestens eine Elektrodenkomponente (E1) durch einen Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung zu einer fibrillierten Binder enthaltenden Mischung (fB+E1) vermischt werden, und
  - zu der den fibrillierten Binder enthaltenden Mischung (fB+E1) mindestens eine weitere Elektrodenkomponente (E2) durch einen Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung zugemischt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die mindestens eine Elektrodenkomponente (E1), insbesondere in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung, mechanisch stabiler als die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente (E2) ist und/oder wobei die Funktionalität der mindestens einen Elektrodenkomponente (E1) durch den Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung und/oder durch Zerkleinerung weniger beeinträchtigt wird als die Funktionalität der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente (E2).
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die mindestens eine Elektrodenkomponente (E1) mit einer durchschnittlichen Partikelgröße oder mit einer durchschnittlichen Partikellänge oder mit einem durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser von  $< 10 \mu\text{m}$ , insbesondere von  $\leq 6 \mu\text{m}$ , eingesetzt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die mindestens eine Elektrodenkomponente (E1) mit einer durchschnittlichen Partikelgröße oder mit einer durchschnittliche Partikellänge oder mit einem durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser in einem Bereich von  $\geq 0,01 \mu\text{m}$  bis  $\leq 6 \mu\text{m}$ , insbesondere in einem Bereich von  $\geq 4 \mu\text{m}$  bis  $\leq 6 \mu\text{m}$ , eingesetzt wird.

10

15

20

25

30

35

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente (E2) mit einer größeren durchschnittlichen Partikelgröße oder mit einer größeren durchschnittliche Partikellänge oder mit einem größeren durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser als die mindestens eine Elektrodenkomponente (E1) eingesetzt wird, insbesondere wobei die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente (E2) mit einer durchschnittlichen Partikelgröße oder mit einer durchschnittlichen Partikellänge oder mit einem durchschnittlichen Partikelebenendurchmesser von  $\geq 10 \mu\text{m}$  oder  $> 6 \mu\text{m}$  eingesetzt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die mindestens eine Elektrodenkomponente (E1) mindestens einen Leitzusatz, insbesondere mindestens einen Leitkohlenstoff und/oder mindestens ein Leitmetall, umfasst oder daraus ausgebildet ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die mindestens eine Elektrodenkomponente (E1)
- Leitgraphit und/oder
  - amorphen Leitkohlenstoff in Form von unporösen Kohlenstoffpartikeln, insbesondere Leitruß, und/oder
  - Kohlenstofffasern, und/oder
  - Kohlenstoffnanoröhren, und/oder
  - Graphen und/oder expandierten Graphit und/oder
  - mindestens ein Leitmetall, und/oder
  - mindestens einen Leitzusatz-Elektrodenaktivmaterial-Komposit, insbesondere mindestens einen Kohlenstoff-Metallphosphat-Komposit, umfasst.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente (E2) mindestens ein Elektrodenaktivmaterial, insbesondere mindestens ein Anodenaktivmaterial oder mindestens ein Kathodenaktivmaterial, beispielsweise mindestens ein Interkalationsmaterial und/oder Insertionsmaterial und/oder Rekombinationsmaterial, umfasst.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente (E2)
- Interkalationsgraphit und/oder insertions- und/oder interkalationsfähigen, amorphen Kohlenstoff, insbesondere Hard Carbons und/oder Soft Carbons, und/oder
  - mindestens eine Speicherlegierung, und/oder
  - mindestens ein Metalloxid und/oder -Phosphat, insbesondere Siliciumoxid und/oder mindestens ein Schichtoxid und/oder mindestens einen Spinell und/oder mindestens ein Metallphosphat,
- umfasst.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die mindestens eine Elektrodenkomponente (E1) sphärische Partikel umfasst.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die mindestens eine Elektrodenkomponente (E1) frei von Elektrodenaktivmaterialien, insbesondere frei von Anodenaktivmaterialien oder frei von Kathodenaktivmaterialien, und/oder frei von oberflächenbeschichteten Partikeln und/oder frei von Gradientenmaterialpartikeln ist, und/oder wobei die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente (E2) oberflächenbeschichtete Partikel und/oder Gradientenmaterialpartikel umfasst.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Mischprozess mit einer hohen Scherrate durch eine Strahlmühle durchgeführt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die mindestens eine Binder (B) mindestens ein lithiumionenleitfähiges oder lithiumionenleitendes Polymer und/oder ein Copolymer davon, insbesondere Polyethylenoxid und/oder ein Copolymer davon, umfasst.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei, bezogen auf das Gesamtgewicht der Elektrodenkomponenten (E1,E2) der Elektrode,
- $\geq 0,1$  Gew.-% bis  $\leq 10$  Gew.-% von dem mindestens einen Binder (B), und/oder

- $\geq 0,1$  Gew.-% bis  $\leq 50$  Gew.-% von der mindestens einen Elektrodenkomponente (E1), und/oder
  - $\geq 0,1$  Gew.-% bis  $\leq 98$  Gew.-% von der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente (E2),
- eingesetzt werden.

5

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei

- durch einen ersten Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung mindestens ein erster Binder und mindestens eine Elektrodenkomponente zu einer ersten, fibrillierten Binder enthaltenden Mischung vermischt werden und
- durch zumindest einen zweiten Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung mindestens ein zweiter Binder und mindestens eine Elektrodenkomponente zu zumindest einer zweiten, fibrillierten Binder enthaltenden Mischung vermischt werden, und/oder
- durch einen ersten Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung mindestens ein Binder und eine erste Elektrodenkomponente von der mindestens einen Elektrodenkomponente zu einer ersten, fibrillierten Binder enthaltenden Mischung vermischt werden und
- durch zumindest einen zweiten Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung mindestens ein Binder und eine zweite Elektrodenkomponente von der mindestens einen Elektrodenkomponente zu zumindest einer zweiten, fibrillierten Binder enthaltenden Mischung vermischt werden, und
- die erste und zweite, fibrillierten Binder enthaltende Mischung mit der mindestens einen weiteren Elektrodenkomponente durch den Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung vermischt werden.

10

15

20

25

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei das Verfahren zur Herstellung einer Anode ausgelegt ist, wobei die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente (E2) mindestens ein Anodenaktivmaterial, insbesondere Interkalationsgraphit und/oder insertions- und/oder interkalationsfähigen, amorphen Kohlenstoff, insbesondere Hard Carbons und/oder Soft Carbons, und/oder eine Speicherlegierung und/oder ein Metalloxid, insbesondere Siliciumoxid, umfasst.

30

35

- 5 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei das Verfahren zur Herstellung einer Kathode ausgelegt ist, wobei die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente (E2) mindestens ein Kathodenaktivmaterial, insbesondere mindestens ein Metalloxid und/oder -Phosphat, insbesondere mindestens ein Schichtoxid und/oder mindestens einen Spinell und/oder mindestens ein Metallphosphat, umfasst.
- 10 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei in einem, dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung vorgeschalteten Vormischprozess mit einer geringen Scherbelastung der mindestens eine Binder (B) und die mindestens eine Elektrodenkomponente (E1) zu einer Vormischung (B+E1) vermischt werden, welche (B+E1) dann in dem Mischprozess mit einer hohen Scherbelastung zu der den fibrillierten Binder enthaltenden Mischung (fB+E1) vermischt werden.
- 15 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei der Mischprozess mit einer geringen Scherbelastung und/oder der Vormischprozess mit einer geringen Scherbelastung durch einen Freifall-Mischer und/oder durch einen auf dem Prinzip von Turbulenzen basierenden Mischer und/oder durch 20 einen Knetter und/oder durch einen Extruder und/oder durch einen Pflugschar- und/oder Schaufelmischer und/oder durch einen Trommelmischer durchgeführt wird.
- 25 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei aus der Mischung (fB+E1+E2), welche den mindestens einen fibrillierten Binder, die mindestens eine Elektrodenkomponente (E1) und die mindestens eine weitere Elektrodenkomponente (E2) enthält, insbesondere durch einen trockenen Herstellungsprozess und/oder durch Beschichten, beispielsweise durch Trockenbeschichten, eine Elektrode (E) ausgebildet wird.
- 30 21. Elektrode, insbesondere Anode oder Kathode, hergestellt durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20.
- 35 22. Elektrochemische Zelle, insbesondere Batteriezelle, beispielsweise Lithium-Zelle, umfassend mindestens eine Elektrode nach Anspruch 21.



1 / 1

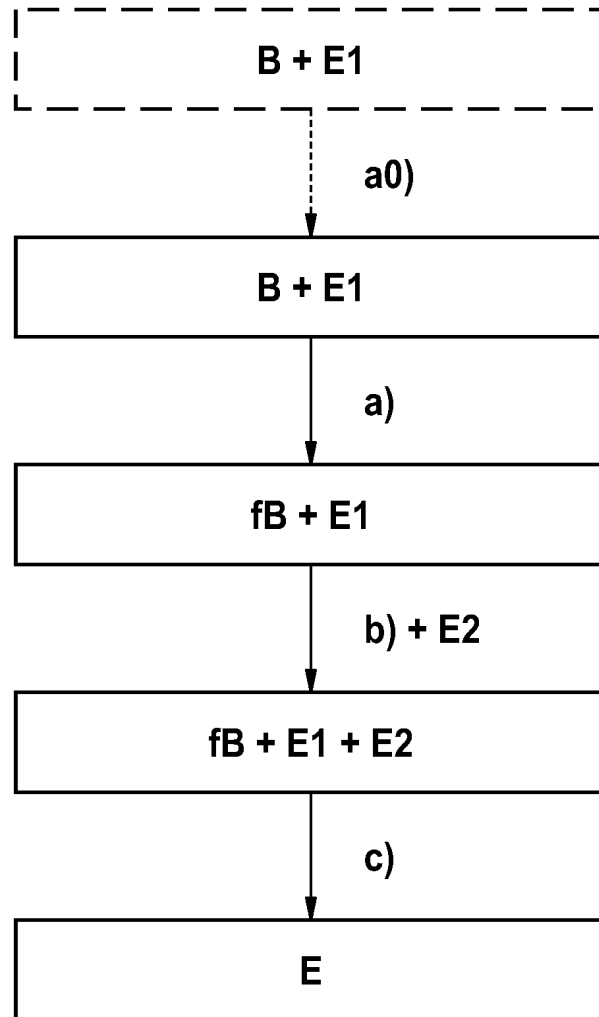


FIG. 1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2018/070536**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>H01M 4/04</i> (2006.01)i; <i>H01M 4/13</i> (2010.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4556618 A (SHIA GEORGE A [US]) 03 December 1985 (1985-12-03) cited in the application column 3, line 62 - column 4, line 38; example 1 column 3, line 20 - line 32	1-22
A	EP 0725983 B1 (ELECTRO ENERGY INC [US]) 11 June 2003 (2003-06-11) paragraph [0047]; examples 1,9	1-22
X	EP 0735093 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]) 02 October 1996 (1996-10-02)	21,22
A	example 1	1-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search <b>12 December 2018</b>		Date of mailing of the international search report <b>20 December 2018</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Möller, Claudia</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2018/070536**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	4556618	A	03 December 1985	CA	1218206	A	24 February 1987
				EP	0146764	A2	03 July 1985
				JP	S60133656	A	16 July 1985
				KR	850004363	A	11 July 1985
				US	4556618	A	03 December 1985
<hr/>							
EP	0725983	B1	11 June 2003	AT	242918	T	15 June 2003
				AT	313859	T	15 January 2006
				CN	1135266	A	06 November 1996
				CN	1501527	A	02 June 2004
				CN	1510773	A	07 July 2004
				DE	69432820	D1	17 July 2003
				DE	69432820	T2	13 May 2004
				DE	69434587	T2	10 August 2006
				EP	0725983	A1	14 August 1996
				EP	1329973	A1	23 July 2003
				EP	1422773	A1	26 May 2004
				ES	2201081	T3	16 March 2004
				ES	2254861	T3	16 June 2006
				HK	1055845	A1	03 March 2006
				JP	H09503618	A	08 April 1997
				KR	100349755	B1	06 January 2003
				US	5393617	A	28 February 1995
				US	5478363	A	26 December 1995
				US	5552243	A	03 September 1996
				US	5585142	A	17 December 1996
US	5611823	A	18 March 1997				
US	5698342	A	16 December 1997				
WO	9511526	A2	27 April 1995				
<hr/>							
EP	0735093	A1	02 October 1996	CA	2179392	A1	02 May 1996
				CN	1137284	A	04 December 1996
				DE	69520426	D1	26 April 2001
				DE	69520426	T2	18 October 2001
				EP	0735093	A1	02 October 1996
				JP	3295939	B2	24 June 2002
				KR	100201056	B1	15 June 1999
				US	5707763	A	13 January 1998
				WO	9612764	A1	02 May 1996

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. H01M4/04 H01M4/13  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 H01M

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 556 618 A (SHIA GEORGE A [US]) 3. Dezember 1985 (1985-12-03) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 62 - Spalte 4, Zeile 38; Beispiel 1 Spalte 3, Zeile 20 - Zeile 32 -----	1-22
A	EP 0 725 983 B1 (ELECTRO ENERGY INC [US]) 11. Juni 2003 (2003-06-11) Absatz [0047]; Beispiele 1,9 -----	1-22
X	EP 0 735 093 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]) 2. Oktober 1996 (1996-10-02) -----	21,22
A	Beispiel 1 -----	1-20

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist  
 "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  
 "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)  
 "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht  
 "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Dezember 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/12/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Möller, Claudia

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/070536

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4556618	A	03-12-1985	CA 1218206 A	24-02-1987
			EP 0146764 A2	03-07-1985
			JP S60133656 A	16-07-1985
			KR 850004363 A	11-07-1985
			US 4556618 A	03-12-1985
-----				
EP 0725983	B1	11-06-2003	AT 242918 T	15-06-2003
			AT 313859 T	15-01-2006
			CN 1135266 A	06-11-1996
			CN 1501527 A	02-06-2004
			CN 1510773 A	07-07-2004
			DE 69432820 D1	17-07-2003
			DE 69432820 T2	13-05-2004
			DE 69434587 T2	10-08-2006
			EP 0725983 A1	14-08-1996
			EP 1329973 A1	23-07-2003
			EP 1422773 A1	26-05-2004
			ES 2201081 T3	16-03-2004
			ES 2254861 T3	16-06-2006
			HK 1055845 A1	03-03-2006
			JP H09503618 A	08-04-1997
			KR 100349755 B1	06-01-2003
			US 5393617 A	28-02-1995
			US 5478363 A	26-12-1995
			US 5552243 A	03-09-1996
			US 5585142 A	17-12-1996
US 5611823 A	18-03-1997			
US 5698342 A	16-12-1997			
WO 9511526 A2	27-04-1995			
-----				
EP 0735093	A1	02-10-1996	CA 2179392 A1	02-05-1996
			CN 1137284 A	04-12-1996
			DE 69520426 D1	26-04-2001
			DE 69520426 T2	18-10-2001
			EP 0735093 A1	02-10-1996
			JP 3295939 B2	24-06-2002
			KR 100201056 B1	15-06-1999
			US 5707763 A	13-01-1998
WO 9612764 A1	02-05-1996			
-----				