



(10) **DE 10 2011 109 134 A1** 2013.02.07

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 109 134.7**

(22) Anmeldetag: **01.08.2011**

(43) Offenlegungstag: **07.02.2013**

(51) Int Cl.: **H01M 10/42** (2011.01)

H01M 10/052 (2011.01)

H01M 10/058 (2011.01)

H01M 4/13 (2011.01)

(71) Anmelder:

Li-Tec Battery GmbH, 01917, Kamenz, DE

(72) Erfinder:

Schäfer, Tim, 99768, Harztor, DE

(74) Vertreter:

**Wallinger Ricker Schlotter Tostmann Patent- und
Rechtsanwälte, 80331, München, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektrochemische Zelle**

(57) Zusammenfassung: Elektrochemische Zelle aufweisend mindestens eine negative Elektrode und mindestens eine positive Elektrode, wobei die mindestens eine negative Elektrode und/oder die mindestens eine positive Elektrode elektrochemisches Aktivmaterial aufweist, welches befähigt ist, eine „solid electrolyte interface“, also eine SEI-Schicht, auf zumindest Teilen der Oberfläche der mindestens einen negativen Elektrode und/oder der mindestens einen positiven Elektrode auszubilden, wobei das elektrochemische Aktivmaterial zumindest teilweise durch zumindest eine vorbestimmte Maßnahme behandelt wird, die nicht ein Laden oder Entladen einer elektrochemischen Zelle ist, und die eine Erneuerung und/oder Neuausbildung der SEI-Schicht beinhaltet.

Weiterhin beinhaltet ist elektrochemisches Aktivmaterial, welches bereits mindestens einem Lade- und Entladezyklus ausgesetzt wurde, wobei der mindestens eine Lade- und Entladezyklus nicht zum Zwecke der Konditionierung der elektrochemischen Zelle durchgeführt wurde, erhältlich durch Anwendung zumindest einer vorbestimmten Maßnahme im Hinblick auf das elektrochemische Aktivmaterial, wobei die zumindest eine vorbestimmte Maßnahme nicht ein Laden oder Entladen einer elektrochemischen Zelle ist und die Erneuerung und/oder Neuausbildung der SEI-Schicht beinhaltet.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrochemische Zelle, wobei die elektrochemische Zelle mindestens eine Elektrode aufweist, welche elektrochemisches Aktivmaterial aufweist, welches durch vorbestimmte Maßnahmen von außen, insbesondere durch Erneuerung und/oder Neuausbildung der SEI-Schicht, behandelt, insbesondere regeneriert wurde. Die Zelle kann vorzugsweise in Batterien für den Antrieb von Fahrzeugen mit Elektromotor, vorzugsweise mit Hybridantrieb oder im „plug in“-Betrieb, eingesetzt werden.

[0002] Elektrochemische Zellen, insbesondere Lithium-Sekundärbatterien, finden wegen ihrer hohen Energiedichte und hohen Kapazität als Energiespeicher in mobilen Informationseinrichtungen, wie z. B. Mobiltelefonen, in Werkzeugen oder in elektrisch betriebenen Automobilen sowie in Automobilen mit Hybridantrieb Anwendung. Trotz dieser sehr unterschiedlichen Einsatzgebiete von elektrochemischen Zellen müssen alle verwendeten Zellen, insbesondere aber die zum Antrieb von Automobilen hohe Anforderungen erfüllen: möglichst hohe elektrische Kapazität und Energiedichte, welche über eine hohe Anzahl an Lade- und Entladezyklen stabil bleibt, bei möglichst geringem Gewicht.

[0003] Gerade die Langlebigkeit von elektrochemischen Zellen ist häufig abhängig von der Alterung der Elektroden. Beim Alterungsprozess verlieren die elektrochemischen Zellen insbesondere an Kapazität und Leistung. Dieser Prozess findet in einem mehr oder weniger großen Ausmaß in den meisten gebräuchlichen elektrochemischen Zellen statt, und ist abhängig von den Benutzungsumständen (Temperatur, Lagerungsbedingungen, Ladezustand, etc.), aber auch der Qualität und Verarbeitung der Materialien während des Herstellungsprozesses der elektrochemischen Zelle.

[0004] In der Literatur sind zahlreiche Maßnahmen beschrieben, um die Alterungsbeständigkeit von elektrochemischen Zellen zu erhöhen. Allerdings kann der Alterungsprozess oftmals nur verlangsamt aber nicht vollständig unterdrückt werden, da beispielsweise während des Betriebs einer Zelle chemische Reaktion im Inneren der Zelle stattfinden, welche zum Teil irreversibel sind.

[0005] Ein Beispiel für solch eine chemische Reaktion ist die Bildung der sogenannten SEI-Schicht. Die SEI-Schicht (SEI = solid electrolyte interface) wird an der Grenzfläche zwischen dem Aktivmaterial der Kathode und/oder der Anode und dem nicht-wässrigen Elektrolyten während der ersten Lade- und Entladezyklen gebildet, und besteht im Wesentlichen aus Reaktionsprodukten von Elektrolyt und Aktivmaterial. Solche Reaktionsprodukte können beispielsweise

Li_2O , LiF , polymere Verbindungen oder (Semi)Carbonate wie etwa Li_2CO_3 sein. Die erstmalige Bildung der SEI-Schicht führt zu einem anfänglichen irreversiblen Kapazitätsverlust der elektrochemischen Zelle. Manche der vorstehend erwähnten Reaktionsprodukte, wie beispielsweise die (Semi)Carbonate sind metastabile Verbindungen, welche unter bestimmten Bedingungen (z. B. Hitze) zu stabileren Produkten, wie etwa LiF , abgebaut werden können. Dabei kann es zu Rissbildungen innerhalb der SEI-Schicht kommen, wodurch Elektrolyt wieder verstärkt in das Aktivmaterial einringen kann, und dieses weiter zersetzt, was zu einem weiteren irreversiblen Kapazitätsverlust und somit zur weiter fortschreitenden Alterung der Zelle führen kann; die SEI-Schicht wächst.

[0006] Je weiter der Kapazitätsverlust, insbesondere aufgrund des SEI-Wachstums, und somit die Alterung der elektrochemischen Zelle voranschreitet, um so geringer wird die Leistung der Zelle, bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Leistung so gering ist, dass die elektrochemische Zelle ausgetauscht werden muss.

[0007] Um diesen Zeitpunkt so lange wie möglich hinauszuzögern finden sich in der Literatur Verfahren zur im Wesentlichen zerstörungsfreien Verjüngung von elektrochemischen Zellen, so beispielsweise in den Patentdokumenten DE 10 2009 054 016 oder US 201010068605. Dieses Ziel wird dabei beispielsweise durch Elektrolytaustausch erreicht.

[0008] In alten und „verbrauchten“ Zellen können sich allerdings weiterhin intakte Anteile an elektrochemischem Aktivmaterial befinden, welches beispielsweise von einer relativ dicken SEI-Schicht überzogen ist. Da die Herstellung des elektrochemischen Aktivmaterials oftmals mit einem nicht unerheblichen Kosten- und insbesondere Energieaufwand einhergeht, und auch die natürlichen Ressourcen an Rohstoffen, wie beispielsweise an Lithium oder Kobalt begrenzt sind, wird es, auch aufgrund des immer größer werdenden Bedarfs an Lithiumionenbatterien, immer wichtiger, noch intaktes elektrochemisches Aktivmaterial aus „alten“ Zellen zurückzugewinnen, um es in neuen Zellen wiederverwenden zu können.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine elektrochemische Zelle bereitzustellen, die kostengünstig und unter geringem Energie- bzw. Materialaufwand hergestellt werden kann als entsprechende elektrochemische Zellen aus dem Stand der Technik.

[0010] Dies wird erfindungsgemäß durch die Lehre der unabhängigen Ansprüche erreicht. Zu bevorzugende Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0011] Die zugrunde liegende Aufgabe wird gelöst durch eine elektrochemische Zelle aufweisend min-

destens eine negative Elektrode und mindestens eine positive Elektrode, wobei die mindestens eine negative Elektrode und/oder die mindestens eine positive Elektrode elektrochemisches Aktivmaterial aufweist, welches befähigt ist, eine „solid electrolyte interface“, also eine SEI-Schicht, auf zumindest Teilen der Oberfläche der mindestens einen negativen Elektrode und/oder der mindestens einen positiven Elektrode auszubilden, wobei das elektrochemische Aktivmaterial zumindest teilweise durch zumindest eine vorbestimmte Maßnahme behandelt wurde, die nicht ein Laden oder Entladen einer elektrochemischen Zelle ist, und die eine Erneuerung und/oder Neuausbildung der SEI-Schicht beinhaltet.

[0012] Einer der erfindungsgemäßen Vorteile besteht darin, dass wertvolle Ressourcen wie etwa Energie und Rohstoffe, welche zur Neusynthese von elektrochemischen Aktivmaterial benötigt werden, gespart, und Kosten zur Herstellung von elektrochemischen Zellen reduziert werden.

[0013] In einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrochemische Zelle ist die mindestens eine vorbestimmte Maßnahme ausgewählt ist aus:

- zumindest teilweises Verjüngen einer SEI-Schicht durch mechanische Krafteinwirkung und/oder
- zumindest teilweises Entfernen der SEI-Schicht unter Verwendung von zumindest einem Lösemittel und/oder
- Behandlung des elektrochemischen Aktivmaterials mit mindestens einer SEI-Schicht-bildenden und/oder SEI-Schicht-unterstützenden Substanz, insbesondere mit mindestens einem Elektrolyt und/oder mindestens einem Additiv.

[0014] In einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrochemische Zelle ist das mindestens eine Additiv ausgewählt aus Phenylencarbonat, fluorhaltigen oder nicht-fluorhaltigen Lithiumorganoboraten, insbesondere Lithiumdifluoro(oxalato)borat (LiDFOB) oder Lithium-bis(oxalato)borat (LiBOB) und fluorhaltigen oder nicht-fluorhaltigen Lithiumorganophosphaten, insbesondere Lithium-tetrafluoro(oxalato)phosphat (LiTFOP) oder Lithiumtris(oxalato)phosphat (LiTOP).

[0015] In einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrochemische Zelle weist die mechanische Krafteinwirkung zumindest einen abrasiven Vorgang auf, insbesondere Abschabung und/oder Abtragung und/oder Abreibung und/oder Abschmirlgeln.

[0016] In einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrochemische Zelle ist das zumindest eine Lösemittel ausgewählt aus polaren organischen Lösemitteln, unpolaren organischen Lösemitteln, oder ionische Flüssigkeiten.

[0017] Erfindungsgemäß wird die elektrochemische Zelle zur Energieversorgung für mobile Informationseinrichtungen, Werkzeuge, elektrisch betriebene Automobile, für Automobile mit Hybrid-Antrieb und für stationäre Energiespeicher verwendet.

[0018] Besonders bevorzugt im Sinne der vorliegenden Erfindung wird das elektrochemische Aktivmaterial irreversibel einer elektrochemischen Zelle entnommen, die bereits zumindest einem Lade- und Entladezyklus unterworfen wurde, wobei der mindestens eine Lade- und Entladezyklus vorzugsweise nicht zum Zwecke der Konditionierung der elektrochemischen Zelle durchgeführt wurde.

[0019] Erfindungsgemäß ist weiterhin elektrochemisches Aktivmaterial, welches bereits mindestens einem Lade- und Entladezyklus ausgesetzt wurde, wobei der mindestens eine Lade- und Entladezyklus vorzugsweise nicht zum Zwecke der Konditionierung der elektrochemischen Zelle durchgeführt wurde, erhältlich durch Anwendung zumindest einer vorbestimmten Maßnahme im Hinblick auf das elektrochemische Aktivmaterial, wobei die zumindest eine vorbestimmte Maßnahme nicht ein Laden oder Entladen einer elektrochemischen Zelle ist und die Erneuerung und/oder Neuausbildung der SEI-Schicht beinhaltet.

[0020] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen elektrochemisches Aktivmaterials ist die zumindest eine vorbestimmte Maßnahme ausgewählt ist aus:

- zumindest teilweises Verjüngen einer SEI-Schicht durch mechanische Krafteinwirkung und/oder
- zumindest teilweises Entfernen der SEI-Schicht unter Verwendung von zumindest einem Lösemittel und/oder
- Behandlung des elektrochemischen Aktivmaterials mit mindestens einer SEI-Schicht-bildenden und/oder SEI-Schicht-unterstützenden Substanz, insbesondere mit mindestens einem Elektrolyt und/oder mindestens einem Additiv.

[0021] Das erfindungsgemäße elektrochemische Aktivmaterial ist dabei vorzugsweise irreversibel einer elektrochemischen Zelle entnommen worden, die zumindest einem Lade- und Entladezyklus unterworfen wurde, wobei der mindestens eine Lade- und Entladezyklus vorzugsweise nicht zum Zwecke der Konditionierung der elektrochemischen Zelle durchgeführt wurde.

[0022] Das erfindungsgemäße elektrochemisches Aktivmaterial kann vorzugsweise in Elektroden elektrochemischer Zellen verwendet werden.

[0023] Erfindungsgemäß ist weiterhin ein Verfahren zur Behandlung, insbesondere zur Regeneration von elektrochemischen Aktivmaterial durch zumindest ei-

ne vorbestimmte Maßnahme, vorzugsweise ausgewählt ist aus:

- zumindest teilweises Verjüngen einer SEI-Schicht durch mechanische Kräfteinwirkung und/oder
- zumindest teilweises Entfernen der SEI-Schicht unter Verwendung von zumindest einem Lösemittel und/oder
- Behandlung des elektrochemischen Aktivmaterials mit mindestens einer SEI-Schicht-bildenden und/oder SEI-Schicht-unterstützenden Substanz, insbesondere mit mindestens einem Elektrolyt und/oder mindestens einem Additiv,

wobei das elektrochemische Aktivmaterial irreversibel einer elektrochemischen Zelle entnommen wurde, die zumindest einem Lade- und Entladezyklus unterworfen wurde, wobei der mindestens eine Lade- und Entladezyklus vorzugsweise nicht zum Zwecke der Konditionierung der elektrochemischen Zelle durchgeführt wurde.

[0024] Unter einer "elektrochemischen Zelle" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist jede Art von Einrichtung zur elektrischen Speicherung von Energie zu verstehen. Der Begriff beinhaltet damit insbesondere elektrochemische Zellen vom primären oder sekundären Typ, aber auch andere Formen von Energiespeichern, wie beispielsweise Kondensatoren. Vorzugsweise ist unter einer elektrochemischen Zelle eine Lithium-Ionen-Batterie/Zelle zu verstehen.

[0025] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die elektrochemische Zelle mindestens eine positive Elektrode, mindestens eine negative Elektrode und mindestens einen Separator auf, der die positive von der negativen Elektrode trennt, wobei Elektroden und Separator von mindestens einer Umhüllung zumindest teilweise umgeben sind.

[0026] Unter „fabrikneu“ im Sinne der vorliegenden Erfindung ist zu verstehen, dass als elektrochemisches Aktivmaterial ein elektrochemisches Aktivmaterial verwendet wird, das zuvor noch nicht in einer elektrochemischen Zelle eingesetzt und noch keinem Trenn- und Mahl- und/oder Klassierverfahren unterzogen wurde, das also auch noch nicht bereits einmal auf ein metallisches Substrat wie vorzugsweise Aluminium oder Kupfer aufgebracht wurde; oder welches nicht aus einer Batterie stammt, die als Stromquelle bereits mindestens einmal genutzt wurde, also im Falle einer Sekundärbatterie mindestens einmal aufgeladen und/oder entladen wurde. Der Begriff „fabrikneu“ bedeutet im Folgenden, dass dieses Material zum ersten Mal als elektrochemisches Aktivmaterial in einem Elektrodenmaterial für eine Elektrode verwendet wird. Weiterhin bedeutet „fabrikneu“ auch, dass in einer Ausführungsform die Oberfläche des elektrochemischen Aktivmaterials noch nie, auch nicht teilweise mit einer SEI-Schicht beschichtet war,

welche während den ersten Lade- und/oder Entladevorgängen gebildet wird.

[0027] Erfindungsgemäß weist die mindestens eine positive und/oder die mindestens eine negative Elektrode elektrochemisches Aktivmaterial auf, welches befähigt ist auf der zum Elektrolyten exponierten Oberfläche des elektrochemischen Aktivmaterials, eine „solid electrolyte interface“, auch genannt SEI-Schicht auszubilden.

[0028] Das elektrochemische Aktivmaterial der mindestens einen positiven und/oder mindestens einen negativen Elektrode im Sinne der vorliegenden Erfindung enthält zumindest teilweise behandeltes, insbesondere regeneriertes, elektrochemisches Aktivmaterial.

[0029] In einer Ausführungsform sind bis zu 10%, vorzugsweise bis zu 20%, vorzugsweise bis zu 30%, vorzugsweise bis zu 40%, vorzugsweise bis zu 50%, vorzugsweise bis zu 60%, vorzugsweise bis zu 70%, vorzugsweise bis zu 80%, vorzugsweise bis zu 90%, vorzugsweise bis zu 100% des Aktivmaterials der mindestens einen negativen Elektrode behandeltes elektrochemisches Aktivmaterial.

[0030] In einer Ausführungsform sind bis zu 10%, vorzugsweise bis zu 20%, vorzugsweise bis zu 30%, vorzugsweise bis zu 40%, vorzugsweise bis zu 50%, vorzugsweise bis zu 60%, vorzugsweise bis zu 70%, vorzugsweise bis zu 80%, vorzugsweise bis zu 90%, vorzugsweise bis zu 100% des Aktivmaterial der mindestens einen positiven Elektrode behandeltes elektrochemisches Aktivmaterial.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform wird das behandelte elektrochemische Aktivmaterial der mindestens einen positiven und/oder mindestens einen negativen Elektrode als Leitfähigkeitsadditiv dem Elektrodenmaterial zugegeben. Das behandelte elektrochemische Aktivmaterial der mindestens eines positiven und/oder mindestens einen negativen Elektrode kann dabei als einziges Leitfähigkeitsadditiv oder mit zumindest einem weiteren Leitfähigkeitsadditiv verwendet werden. Vorzugsweise weist ein Leitfähigkeitsadditivgemisch aus zumindest zwei Leitfähigkeitsadditiven bis zu 2%, vorzugsweise bis zu 5%, vorzugsweise bis zu 7%, vorzugsweise bis zu 10%, besonders bevorzugt zwischen 2.5% bis 4.8% behandeltes elektrochemisches Aktivmaterial als Leitfähigkeitsadditiv auf. Eine SEI-Schicht im Sinne der vorliegenden Erfindung wird vorzugsweise während der ersten Lade- und/oder Entladezyklen zumindest teilweise auf der Oberfläche des elektrochemischen Aktivmaterials der mindestens einen positiven und/oder negativen Elektrode ausgebildet.

[0032] Die Ausbildung der SEI-Schicht kann durch Reaktion eines Lithiumionenhaltigen Elektrolyten mit

der, dem Elektrolyten exponierten Oberfläche des Aktivmaterials erfolgen. Es ist aber auch möglich, dass die Ausbildung der SEI-Schicht durch die Reaktion eines, SEI-Schicht bildenden oder SEI-Schicht beeinflussenden Additivs, wie beispielsweise LiBOB erfolgt.

[0033] Vorzugsweise wird auf bis zu 40%, vorzugsweise auf bis zu 70%, weiterhin bevorzugt auf bis zu 100% der Oberfläche des elektrochemischen Aktivmaterials eine SEI-Schicht ausgebildet.

[0034] Vorzugsweise weist die SEI-Schicht elektrisch isolierende und Lithiumionenleitende Eigenschaften auf.

[0035] Vorzugsweise weist die SEI-Schicht zumindest teilweise Verbindungen der folgenden Gruppe auf: anorganische Lithiumsalze, insbesondere LiF, LiOH, Li₂O, (Semi)Carbonate, insbesondere Li₂CO₃, ROCO₂Li (wobei R = Alkyl-, Olefin-, Alkenyl-, oder aromatische Substituenten) und (CH₂OCO₂Li)₂, polymere Verbindungen, insbesondere Polyolefine, oder Mischungen daraus auf.

[0036] Vorzugsweise weist eine neuausgebildete oder erneuerte SEI-Schicht eine durchschnittliche Dicke von größer 0 nm bis zu 20 nm, vorzugsweise bis zu 30 nm, vorzugsweise bis zu 40 nm, vorzugsweise bis zu 50 nm.

[0037] In einer Ausführungsform weist eine neuausgebildete oder erneuerte SEI-Schicht auf dem elektrochemischen Aktivmaterial einer negativen Elektrode eine durchschnittliche größere Dicke auf als eine neuausgebildete oder erneuerte SEI-Schicht auf dem elektrochemischen Aktivmaterial einer positiven Elektrode.

[0038] In einer weiteren Ausführungsform weist eine neuausgebildete oder erneuerte SEI-Schicht auf dem elektrochemischen Aktivmaterial einer negativen Elektrode eine durchschnittliche kleinere Dicke auf als eine neuausgebildete oder erneuerte SEI-Schicht auf dem elektrochemischen Aktivmaterial einer positiven Elektrode.

[0039] In einer weiteren Ausführungsform weist eine neuausgebildete oder erneuerte SEI-Schicht auf dem elektrochemischen Aktivmaterial einer negativen Elektrode eine durchschnittliche gleiche Dicke auf wie eine neuausgebildete oder erneuerte SEI-Schicht auf dem elektrochemischen Aktivmaterial einer positiven Elektrode.

[0040] „Neuausgebildet“ oder auch „Neuausbildung“ bedeutet im Sinne der vorliegenden Erfindung, dass eine neue SEI-Schicht auf der Oberfläche von elektrochemischen Aktivmaterial ausgebildet wird. Vorzugsweise sind unter 10%, vorzugsweise unter 5%,

vorzugsweise unter 2%, weiterhin bevorzugt 0% der Oberfläche des elektrochemischen Aktivmaterial vor der Neuausbildung der SEI-Schicht, mit einer bereits bestehenden SEI-Schicht beschichtet. Nach der Neuausbildung der SEI-Schicht weisen vorzugsweise bis zu 50%, vorzugsweise bis zu 70%, weiterhin bevorzugt bis zu 100% der Oberfläche des elektrochemischen Aktivmaterials eine SEI-Schicht auf.

[0041] „Erneuert“ oder auch „Erneuerung“ bedeutet im Sinne der vorliegenden Erfindung, dass eine bereits auf der Oberfläche des elektrochemischen Aktivmaterials ausgebildete SEI-Schicht behandelt und vorzugsweise in ihren chemischen oder physikalischen Eigenschaften verändert wird. Die Behandlung der SEI-Schicht kann vorzugsweise so durchgeführt werden, dass Risse oder Poren in der SEI-Schicht verschlossen oder die Dicke der SEI-Schicht reduziert wird.

[0042] Die zumindest teilweise Erneuerung oder Neuausbildung der SEI-Schicht hat den Vorteil, dass elektrochemisches Aktivmaterial auf einfache Weise behandelt und insbesondere regeneriert wird, so dass es erneut in einer Elektrode einer elektrochemischen Zelle wiedereingesetzt werden kann. Es wurde überraschend gefunden, dass Elektroden welche elektrochemisches Aktivmaterial zumindest teilweise aufweisen, welches bereits in Elektroden elektrochemischer Zellen zur Anwendung gekommen ist, eine um bis zu 10%, vorzugsweise um bis zu 15% höhere Leitfähigkeit aufweisen, als Elektroden, die ausschließlich ein erstmals in einer elektrochemischen Zelle eingesetztes Aktivmaterial, also „fabrikneues“ elektrochemisches Aktivmaterial aufweisen.

[0043] In einer Ausführungsform ist das fabrikneue Aktivmaterial bisher nur zum Zwecke der Konditionierung zumindest einem Lade- und/oder Entladezyklus unterworfen worden.

[0044] Unter Konditionierung ist dabei zu verstehen, dass Maßnahmen durchgeführt werden, insbesondere Lade- und Entladevorgänge, insbesondere auch bei Temperaturen, welche höher oder tiefer sind als 25°C. Weiterhin kann eine Konditionierung auch Lagerungsmaßnahmen von geladenen Zellen bei höheren Temperaturen umfassen. Die Konditionierung einer elektrochemischen Zelle hat zum Ziel, eine stabile SEI-Schicht auf der Oberfläche des elektrochemischen Aktivmaterials erstmalig auszubilden.

[0045] Es ist erfindungsgemäß besonders bevorzugt, dass mindestens eine positive und/oder mindestens eine negative Elektrode aus einer bereits betriebenen elektrochemischen Zelle entfernt werden, insbesondere dann, wenn die mindestens eine positive und/oder die mindestens eine negative Elektrode eine signifikant verringerte Kapazität aufweist.

[0046] Die Entfernung der beschädigten oder nicht mehr voll leistungsfähigen Elektrode, und insbesondere die Entnahme des mit zumindest einer vorbestimmten Maßnahme zu behandelnden elektrochemischen Aktivmaterials aus der elektrochemischen Zelle ist vorzugsweise irreversibel. Die elektrochemische Zelle wird zumindest teilweise zerstört, da nun zumindest eine Elektrode entfernt wurde, und somit fehlt. Mit Zerstören ist hier nicht gemeint, dass die elektrochemische Zelle in ihrer Gesamtheit zerstört wird. Es ist durchaus bevorzugt, dass eine beschädigte Elektrode entfernt wird, und durch eine andere funktionsfähige Elektrode, welche ein erfindungsgemäßes elektrochemisches Aktivmaterial aufweisen kann, ersetzt wird, und somit wieder einsatzfähig ist. Unter irreversibel ist hier zu verstehen, dass die Anwendung der mindestens einen vorbestimmten Maßnahme nur durchgeführt werden kann, wenn die Elektrode und insbesondere das elektrochemische Aktivmaterial der elektrochemischen Zelle entnommen wird.

[0047] In einer Ausführungsform wird die entfernte Elektrode zunächst nach Schädigungen untersucht beispielsweise unter Zuhilfenahme von Mikroskopvorrichtungen oder röntgenografischen Verfahren.

[0048] Dies hat den Vorteil, dass zunächst die Art der Schädigung der Elektrode festgestellt werden kann, um die nachfolgenden Maßnahmen zur Behandlung und insbesondere zur Regeneration der Elektrode, insbesondere des elektrochemischen Aktivmaterials der vorliegenden Schädigung entsprechend zu bestimmen.

[0049] Unter dem Begriff „vorbestimmte Maßnahme“ ist erfindungsgemäß zu verstehen, dass zumindest eine Maßnahme ergriffen wird, welche vorzugsweise unter Berücksichtigung des vorliegenden Defekts der Elektrode bestimmt wurde. Die zumindest eine vorbestimmte Maßnahme hat zum Ziel, elektrochemisches Aktivmaterial einer Elektrode so zu behandeln, dass das elektrochemische Aktivmaterial wieder in einer Elektrode einer elektrochemischen Zelle zum Einsatz kommen kann, vorzugsweise also regeneriert wird. Dies wird erfindungsgemäß durch eine zumindest teilweise Neuausbildung und/oder Erneuerung der SEI-Schicht befindlich auf der Oberfläche des durch zumindest eine vorbestimmte Maßnahme zu behandelnden elektrochemischen Aktivmaterials erreicht.

[0050] In einer Ausführungsform weist die Elektrode eine Mischung auf, welche zusätzlich zum elektrochemischen Aktivmaterial noch mindestens eine weitere Verbindung und/oder mindestens einen weiteren Stoff, insbesondere zumindest einen Binder und/oder mindestens ein Leitfähigkeitsadditiv und/oder Elektrolyt, auf. Dabei ist es vorteilhaft, vor Anwendung der mindestens einen vorbestimmten Maßnahme ei-

ne eventuell zusätzlich zum elektrochemischen Aktivmaterial enthaltende mindestens eine Verbindung und/oder den mindestens einen Stoff, insbesondere den mindestens einen enthaltenen Binder und/oder das mindestens eine Additiv, insbesondere Leitfähigkeitsadditiv und/oder Elektrolyt vom elektrochemischen Aktivmaterial abzutrennen.

[0051] Der Vorteil besteht darin, dass so die mindestens eine vorbestimmte Maßnahme im Wesentlichen vollständig auf das elektrochemische Aktivmaterial wirken kann. Die Effektivität der Behandlung des elektrochemischen Aktivmaterials durch die mindestens eine vorbestimmte Maßnahme wird dadurch erhöht.

[0052] Die Methoden zur Abtrennung des elektrochemischen Aktivmaterials von der eventuell vorhandenen zusätzlichen mindestens einen Verbindung und/oder mindestens einen Stoff sollte abhängig von den chemischen und/oder physikalischen Eigenschaften der vom elektrochemischen Aktivmaterial abzutrennenden Verbindung und/oder vom abzutrennenden Stoff gewählt werden.

[0053] Prinzipiell sind im Wesentlichen alle, zur Trennung von Stoff- und/oder Verbindungsgemischen denkbaren Abtrennverfahren anwendbar.

[0054] Vorzugsweise wird die vom elektrochemischen Aktivmaterial mindestens eine abzutrennende Verbindung und/oder der abzutrennende Stoff bei der Abtrennung bzw. durch das Abtrennverfahren nicht beschädigt oder zerstört, so dass die mindestens eine Verbindung und/oder der mindestens eine Stoff ebenfalls in einer elektrochemischen Zelle, vorzugsweise nach Anwendung von Reinigungs- und/oder (Auf)Konzentrationsverfahren, erneut zum Einsatz kommen können.

[0055] Das hat den Vorteil, dass so wertvolle Materialien für den Zusammenbau und/oder Betrieb von elektrochemischen Zellen nicht neu produziert bzw. gekauft werden müssen. Das senkt die Produktionskosten und schont wertvolle Ressourcen.

[0056] Besonders bevorzugt erfolgt die Abtrennung der mindestens einen Verbindung und/oder des mindestens einen Stoffes vom elektrochemischen Aktivmaterial unter Verwendung von Lösemitteln. Insbesondere organische und/oder polymere Verbindungen und/oder Stoffe lassen sich durch Verwendung von geeigneten Lösemitteln aufgrund der Fähigkeit sich in den geeigneten Lösemitteln im Wesentlichen vollständig zu lösen von im Wesentlichen unlöslichen Bestandteilen, wie etwa das elektrochemische Aktivmaterial abtrennen, insbesondere durch Zentrifugationsverfahren und/oder Filtermethoden.

[0057] Geeignete Lösemittel, insbesondere zum Abtrennen von Bindern, insbesondere von Polyvinylidenfluorid (PVdF) sind Dimethylformamid (DMF), Dimethylacetamid (DMAC) oder, besonders bevorzugt N-Methylpyrrolidon (NMP) oder Mischungen daraus.

[0058] Es können aber auch weitere Lösemittel, vorzugsweise organische Lösemittel, insbesondere Tetrahydrofuran (THF), Ethylencarbonat (EC) oder γ -Butyrolacton (GBL) oder Mischungen daraus verwendet werden.

[0059] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst mindestens eine vorbestimmte Maßnahme ein Verjüngen oder zumindest teilweise, vorzugsweise vollständige Entfernung der SEI-Schicht des elektrochemischen Aktivmaterials, insbesondere durch mechanische Krafteinwirkung und/oder ein zumindest teilweises Entfernen und/oder Anlösen der SEI-Schicht unter Verwendung zumindest eines Lösemittels und/oder die Behandlung des elektrochemischen Aktivmaterials mit mindestens einer SEI-Schicht-bildenden und/oder SEI-Schicht-unterstützenden Substanz, insbesondere zumindest eines Elektrolyts oder zumindest eines Additivs.

[0060] Durch die Anwendung von mechanischer Krafteinwirkung, insbesondere aufweisend zumindest einem abrasiven Vorgang, insbesondere Abschabung und/oder Abtragung und/oder Abreibung und/oder Abschmirlen, zumindest teilweise auf die Oberfläche der SEI-Schicht, welche der Umgebung exponiert ist, kann die Dicke der SEI-Schicht auf einfache Weise zumindest teilweise verändert, insbesondere verdünnt oder die SEI-Schicht kann zumindest teilweise vollständig entfernt werden. Die Effektivität dieser Maßnahme kann gesteigert werden, wenn vor Anwendung der mechanischen Krafteinwirkung eventuell vorhandene weitere Verbindungen oder Stoffe, wie Leitfähigkeitsadditive oder Binder vom elektrochemischen Aktivmaterial abgetrennt werden.

[0061] Der zumindest eine abrasive Vorgang kann insbesondere durch entsprechende Vorrichtungen welche vorzugsweise eine raue Oberfläche aufweisen, zumindest teilweise auf die SEI-Schicht des elektrochemischen Aktivmaterials angewendet werden. In einer Ausführungsform wird dazu eine waschtrommelartige Vorrichtung verwendet, die sich um eine Achse dreht, welche vorzugsweise orthogonal zur Wirkrichtung der Schwerkraft angeordnet ist, wodurch das in der waschtrommelartigen Vorrichtung enthaltene elektrochemische Aktivmaterial in Bewegung versetzt wird. Dabei schleift das elektrochemische Aktivmaterial an der Oberfläche der waschtrommelartigen Vorrichtung entlang, wodurch die auf der Oberfläche des elektrochemischen Aktivmaterials enthaltene SEI-Schicht zumindest teilweise abrasiven Vorgängen unterworfen wird. In einer weite-

ren Ausführungsform wird das elektrochemische Aktivmaterial auf eine bandförmige Vorrichtung angeordnet, welche Bewegungen, insbesondere Rüttelbewegungen ausführt, wodurch die auf der Oberfläche des elektrochemischen Aktivmaterials enthaltene SEI-Schicht zumindest teilweise abrasiven Vorgängen unterworfen wird. In einer weiteren Ausführungsform wird das elektrochemische Aktivmaterial zwischen zwei Vorrichtungen angeordnet, wobei zumindest eine der Vorrichtungen eine, dem elektrochemischen Aktivmaterial zugewandte raue Oberfläche aufweist. Die auf der Oberfläche des elektrochemischen Aktivmaterials befindliche SEI-Schicht steht zumindest teilweise mit den Vorrichtungen in Kontakt. Die Vorrichtungen führen abrasive Vorgänge durch Bewegungen aus, insbesondere durch entgegengesetzte Bewegungen, vorzugsweise Reibebewegungen. Es ist denkbar, Druck auf das zwischen den Vorrichtungen befindliche elektrochemische Aktivmaterial auszuüben, um die Wirkung der abrasiven Vorgänge zu verstärken.

[0062] In einer Ausführungsform schließt sich an die zumindest eine vorbestimmte Maßnahme eine Reinigung des behandelten elektrochemischen Aktivmaterials an, und eventuell vorhandene Rückstände an altem Elektrolyt oder alter SEI-Schicht zu entfernen.

[0063] Geeignete Lösmittel zum zumindest teilweisen Entfernen und/oder Anlösen der SEI-Schicht sind polare organische Lösemittel, unpolare organische Lösemittel, oder ionische Flüssigkeiten. Insbesondere zum zumindest teilweisen Entfernen und/oder Anlösen von Bestandteilen der SEI-Schicht, welche organische Verbindungen, insbesondere organische polymere Verbindungen aufweisen eignen sich entsprechende organische Lösemittel. Zum zumindest teilweisen Entfernen und/oder Anlösen von Bestandteilen der SEI-Schicht welche Salze, insbesondere Lithiumsalze, insbesondere anorganische Lithiumsalze aufweisen, eignen sich ionische Flüssigkeiten. In einer Ausführungsform wird die SEI-Schicht zunächst mit polaren und/oder unpolaren organischen Lösemitteln behandelt, und anschließend mit zumindest einer ionischen Flüssigkeiten.

[0064] In einer Ausführungsform wird die SEI-Schicht zumindest teilweise durch Verwendung von mindestens einer SEI-Schicht-bildenden und/oder SEI-Schicht-unterstützenden Substanz, insbesondere von mindestens einem Elektrolyt und/oder mindestens einem Additiv, welches vorzugsweise ausgewählt ist aus Phenylencarbonat, fluorhaltigen oder nicht-fluorhaltigen Lithiumorganoboraten, insbesondere Lithium-difluoro(oxalato)borat (LiDFOB) oder Lithium-bis(oxalato)borat (LiBOB) und fluorhaltigen oder nicht-fluorhaltigen Lithiumorganophosphaten, insbesondere Lithium-tetrafluoro(oxalato)phosphat (LiTFOP) oder Lithium-tris(oxalato)phosphat (LiTOP). Der verwendete Elektrolyt und/oder Addi-

tiv sind befähigt, die Bildung der SEI-Schicht auf dem elektrochemischen Aktivmaterial zu beeinflussen, insbesondere die SEI-Schicht auf dem elektrochemischen Aktivmaterial mit dem elektrochemischen Aktivmaterial auszubilden.

[0065] In einer bevorzugten Ausführungsform wird dazu hochreiner Elektrolyt auf das elektrochemische Aktivmaterial oder auf Teilen des elektrochemischen Aktivmaterials, an denen zumindest teilweise die SEI-Schicht neu ausgebildet werden soll, aufgetragen. Der Auftrag des hochreinen Elektrolyten erfolgt vorzugsweise durch Aufpipettieren, Aufstreichen, Auftropfen oder Aufsprühen oder anderen zum Elektrolyt auftragen geeigneten Maßnahmen. Vorzugsweise wird ein Überschuss an hochreinen Elektrolyten, insbesondere ein bis zu 3%iger, vorzugsweise ein bis zu 4%iger, vorzugsweise ein bis zu 5%iger, vorzugsweise ein bis zu 6%iger, vorzugsweise ein bis zu 7%iger Überschuss an hochreinen Elektrolyt verwendet. Der Ausdruck „Überschuss“ bezieht sich vorliegend auf die vom Hersteller des Elektrolyten angegebene (theoretisch) berechnete Füllmenge Elektrolyt welche zum Befüllen einer Standard-Lithiumionen-Zelle benötigt wird. Verwendet man eben einen Überschuss an Elektrolyt, also mehr, vorzugsweise bis zu 7% mehr Elektrolyt als theoretisch benötigt, hat dies den Vorteil, dass die Zelle eine längere Lebensdauer hat.

[0066] Der Elektrolyt kann zusätzlich ein Additiv welches vorzugsweise ausgewählt ist aus fluorhaltigen oder nicht-fluorhaltigen Lithiumorganoboraten, insbesondere Lithium-difluoro(oxalato)borat (LiDFOB) oder Lithium-bis(oxalato)borat (LiBOB) und fluorhaltigen oder nicht-fluorhaltigen Lithiumorganophosphaten, insbesondere Lithium-tetrafluoro(oxalato)phosphat (LiTFOP) oder Lithium-tris(oxalato)phosphat (LiTOP) oder Mischungen daraus aufweisen.

[0067] Die zumindest teilweise Neuausbildung der SEI-Schicht auf elektrochemischen Aktivmaterial erfolgt dann während eines ersten Ladeschrittes. Es ist erfindungsgemäß die zumindest teilweise Neuausbildung der SEI-Schicht auf dem elektrochemischen Aktivmaterial durch Anwalzmaßnahmen zu begleiten.

[0068] Dies hat den Vorteil, dass dabei ein verdichtete und kompaktere SEI-Schicht entsteht – im Vergleich zu einer SEI-Schicht deren Entstehungsprozess nicht von Anwalzmaßnahmen begleitet wurde – bei der das Einwachsen von Lithiummetallstacheln, -dendriten, oder -whiskern erschwert ist. Auch ist die Reiß- oder Porenbildung innerhalb der SEI-Schicht während des Betriebs der elektrochemischen Zelle reduziert.

[0069] Vorzugsweise wird die mindestens eine vorbestimmte Maßnahme nur auf den Teil des elektrochemischen Aktivmaterials angewendet, der eine

entsprechende Schädigung zeigt. Die mindestens eine vorbestimmte Maßnahme kann aber auch auf das gesamte elektrochemische Aktivmaterial der Elektrode angewandt werden.

[0070] In einer Ausführungsform wird ein beschädigter Teil des elektrochemischen Aktivmaterials einer Elektrode entfernt. Dieser beschädigte Teil wird, wenn möglich, mit mindestens einer vorbestimmten Maßnahme behandelt, insbesondere regeneriert. Es ist auch denkbar, dass der beschädigte Teil des elektrochemischen Aktivmaterials der Elektrode irreversibel beschädigt ist, so dass keine vorbestimmte Maßnahme das elektrochemische Aktivmaterial regenerieren kann. In diesem Fall muss das irreversibel beschädigte elektrochemische Aktivmaterial entsprechend der jeweils geltenden Vorschriften entsorgt werden. Vorzugsweise wird an dem Teil der Elektrode an der das (Irreversibel) beschädigte elektrochemische Aktivmaterial entfernt wurde ein Elektrodenpad angeordnet. Durch die Anordnung des Elektrodenpads wird das entfernte, (irreversibel) beschädigte elektrochemische Aktivmaterial ersetzt.

[0071] Ein „Elektrodenpad“ im Sinne der vorliegenden Erfindung weist zumindest teilweise elektrochemisches Aktivmaterial auf, welches durch mindestens eine vorbestimmte Maßnahme behandelt, insbesondere regeneriert wurde. Zusätzlich zu elektrochemischen Aktivmaterial, welches durch mindestens eine vorbestimmte Maßnahme behandelt, insbesondere regeneriert wurde, kann fabrikneues elektrochemisches Aktivmaterial verwendet werden. Es ist aber auch möglich, dass ausschließlich fabrikneues elektrochemisches Aktivmaterial im Elektrodenpad zur Anwendung kommt. Weiterhin ist es möglich, dass das Elektrodenpad zumindest eine weitere Verbindung oder zumindest einen weiteren Stoff aufweist, welche(r) im nicht entfernten elektrochemischen Aktivmaterial der Elektrode enthalten ist. Vorzugsweise entspricht die Zusammensetzung des elektrochemischen Aktivmaterials welche im Elektrodenpad enthalten ist im Wesentlichen der Zusammensetzung des elektrochemischen Aktivmaterials der Elektrode.

[0072] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Elektrode eine Mischung auf, welche zusätzlich zum elektrochemischen Aktivmaterial noch mindestens eine weitere Verbindung oder mindestens einen weiteren Stoff, insbesondere mindestens einen Binder und/oder mindestens ein Leitfähigkeitsadditiv aufweist. Weiterhin weist das verwendete Elektrodenpad ebenfalls eine Mischung auf, welche zusätzlich zum elektrochemischen Aktivmaterial den noch mindestens einen Binder und/oder das mindestens eine Leitfähigkeitsadditiv in quantitativ und/oder qualitativ gleicher Menge aufweist. Die Elektrodenmischung und die Elektrodenpadmischung sind vorzugsweise quantitativ und/oder qualitativ im Wesentlichen identisch.

[0073] „Im Wesentlichen“ bedeutet, dass mindestens bis zu 50%, mindestens bis zu 70%, mindestens bis zu 90%, mindestens bis zu 99%, vorzugsweise 100% der Mischung der Elektrode identisch ist mit der Mischung des Elektrodenpads.

[0074] Erfindungsgemäß weist das Elektrodenpad zumindest teilweise mindestens einen Binder welcher zur Vernetzung befähigt ist und/oder mindestens ein Additiv welches befähigt ist eine SEI-Schicht auszubilden, auf. Vorzugsweise ist dieser Binder und/oder das Additiv an den Rändern des Elektrodenpads lokalisiert.

[0075] Dies hat den Vorteil, dass so das Elektrodenpad mit dem, das Elektrodenpad umgebende Elektrodenmaterial insbesondere stoffschlüssig verbunden werden kann, so dass die Lithiumionen-Wanderung zwischen dem elektrochemischen Aktivmaterial des Elektrodenpads und dem elektrochemischen Aktivmaterial des umgebenden Elektrodenmaterials nicht behindert wird.

[0076] Vorzugsweise weist der Binder reaktive Gruppen auf, welche durch Aktivierung, insbesondere durch chemische, UV, oder thermische Aktivierung, zur Vernetzung befähigt sind, vorzugsweise zur Vernetzung mit dem Binder des umgebenden Elektrodenmaterials. Die Ausbildung einer SEI-Schicht an der Grenzfläche zwischen elektrochemischen Aktivmaterial des Elektrodenpads und elektrochemischen Aktivmaterial des umgebenden Elektrodenmaterials durch das Additiv erfolgt bei ersten Lade- und/oder Entladezyklen. Dadurch „wächst“ das Elektrodenpad an das umgebende Elektrodenmaterial an und wird mit diesem stoffschlüssig verbunden.

[0077] Stoffschlüssig bedeutet vorliegend, dass die Verbindung nicht mehr zerstörungsfrei lösbar ist. Das Elektrodenpad kann nicht mehr zerstörungsfrei vom umgebenden Elektrodenmaterial abgetrennt werden. In einer Ausführungsform wird die zumindest eine vorbestimmte Maßnahme in einer Atmosphäre ausgeführt, welche verschieden ist von der normalen, atembaren Umgebungsluft. Vorzugsweise ist die Atmosphäre dabei als Schutzgasatmosphäre, welche vorzugsweise im Wesentlichen, besonders bevorzugt zu mehr als 90% bis 100% Stickstoffgas oder Argongas aufweist, ausgebildet. Vorzugsweise weist die Schutzgasatmosphäre weniger als 1 ppm Sauerstoff und/oder weniger als 1 ppm Wasser auf.

Elektrolyt

[0078] In einer Ausführungsform weist die elektrochemische Zelle zumindest einen Elektrolyten auf.

[0079] Als Elektrolyt kann ein nicht-wässriger Elektrolyt, bestehend aus mindestens einem organischen Lösemittel und mindestens einem Alkaliionen-halti-

gen, vorzugsweise Lithiumionen-haltigen anorganischen oder organischen Salz, verwendet werden.

[0080] Als organisches Lösemittel können prinzipiell alle, dem Fachmann bekannten, Lösemittel dienen, welche in Elektrolyten von elektrochemischen Zellen zum Einsatz kommen.

[0081] Vorzugsweise wird das organische Lösemittel ausgewählt aus Ethylencarbonat (EC), Propylencarbonat (PC), Dimethylcarbonat (DMC), Diethylcarbonat (DEC), Dipropylcarbonat (DPC), Ethylmethylcarbonat (EMC), Methylformiat (MF), Methacrylat (MA), Methylbutyrat (MB), Ethylacetat (EA), 1, 2-Dimethoxyethan, γ -Butyrolacton, Tetrahydrofuran (THF), 2-Methyltetrahydrofuran, 1,3-Dioxolan, Sulfolan, Ethylmethylsulfon (EMS), Tetramethylsulfon (TMS), Butylsulfon (BS), Ethylvinylsulfon (EVS), 1-Fluor-2-(methylsulfonyl)benzol (FS), Acetonitril oder Phosphorsäureester, oder Mischungen dieser Lösemittel.

[0082] Vorzugsweise weist das Alkaliionen-haltige, vorzugsweise Lithiumionen-haltige Salz ein oder mehrere Gegenionen auf, ausgewählt aus AsF_6^- , PF_6^- , $\text{PF}_3(\text{C}_2\text{F}_5)_3^-$, $\text{PF}_3(\text{CF}_3)_3^-$, BF_4^- , $\text{BF}_2(\text{CF}_3)_2^-$, $\text{BF}_3(\text{CF}_3)^-$, $[\text{B}(\text{COOCOO})_2]^-$, $[\text{B}(\text{C}_6\text{H}_5)_4]^-$, Cl^- , Br^- , AlCl_4^- , CF_3SO_3^- , $\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_3^-$, $[(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3\text{C}]^-$, $[(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}]^-$, $[(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)\text{N}]^-$, $[(\text{CN})_2\text{N}]^-$, ClO_4^- , SiF_6^- , oder Mischungen daraus.

[0083] In einer Ausführungsform können als Lösungsmittel auch ionische Flüssigkeiten verwendet werden. Solche „ionischen Flüssigkeiten“ enthalten ausschließlich Ionen. Bevorzugte Kationen, die insbesondere alkyliert sein können, sind Imidazolium-, Pyridinium-, Pyrrolidinium-, Guanidinium-, Uronium-, Thiuronium-, Piperidinium-, Morpholinium-, Sulfonium-, Ammonium- und Phosphonium-Kationen. Beispiele für verwendbare Anionen sind Halogenid-, Tetrafluoroborat-, Trifluoracetat-, Triflat-, Hexafluorophosphat-, Phosphinat- und Tosylat-Anionen.

[0084] Als beispielhafte ionische Flüssigkeiten seien genannt: N-Methyl-N-propyl-piperidinium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid, N-Methyl-N-butyl-pyrrolidinium-bis(trifluormethyl-sulfonyl)imid, N-Butyl-N-trimethylammonium-bis(trifluormethyl-sulfonyl)imid, Triethylsulfonium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid, N,N-Diethyl-N-methyl-N-(2-methoxyethyl)-ammonium-bis(trifluormethylsulfonyl)-imid.

[0085] Vorzugsweise ist der Separator der elektrochemischen Zelle mit dem Elektrolyten getränkt.

[0086] Weiterhin kann der Elektrolyt Hilfsstoffe aufweisen, die in Elektrolyten für Lithium-Ionen-Batterien üblicherweise Anwendung finden. Beispielsweise sind dies Radikalfänger wie Biphenyl, flammhemmende Zusätze wie organische Phosphorsäures-

ter oder Hexamethylphosphoramid, oder Säurefänger wie Amine.

[0087] Weiterhin weist der Elektrolyt vorzugsweise Additive vorzugsweise Phenylencarbonat, fluorhaltige oder nicht-fluorhaltige Lithiumorganoborate, beispielsweise Lithium-difluoro(oxalato)borat (LiDFOB) oder Lithium-bis(oxalato)borat (LiBOB) und fluorhaltige oder nicht-fluorhaltige Lithiumorganophosphate, beispielsweise Lithium-tetrafluoro(oxalato)phosphat (LiTFOP) oder Lithium-tris(oxalato)phosphat (LiTOP), welche die Bildung der SEI-Schicht auf den Elektroden beeinflussen können, auf.

[0088] In einer Ausführungsform ist der Elektrolyt als Polymerelektrolyt ausgestaltet, welcher neben vorstehend genannten Salzen, Lösemitteln, Hilfsstoffen und Additiven eine Polymermatrix aufweist. Das Polymer oder die Polymermischung für die Polymermatrix können werden ausgewählt unter den Polymeren, die für Separatoren eingesetzt werden können.

[0089] In einer Ausführungsform wird ein Polymer-elektrolyt aus einem Lithiumsalz und Polyethylenoxid eingesetzt.

Ionische Flüssigkeiten

[0090] Ionische Flüssigkeiten sind ionische Verbindungen welche bei Raumtemperatur in flüssigem Zustand vorliegen. Ionische Flüssigkeiten bestehen aus Anionen und Kationen, wobei das Größenverhältnis zwischen Kationen und Anionen so gewählt ist, dass diese bei Raumtemperatur sich nicht in einem Kristallgitter anordnen, wodurch ein, vorzugsweise bei Raumtemperatur flüssiges Salz erhalten werden kann, welches als ionische Flüssigkeit bezeichnet wird. Die ionische Flüssigkeit weist dabei typischerweise „große“ organische Kationen, wie beispielsweise das Ethylmethylimidazolium-Kation, und relativ „kleine“ Anionen, wie beispielsweise das Tetrafluoroborat-Anion auf. Durch geeignete Kombination der Kationen und Anionen können auch die Eigenschaften der ionischen Flüssigkeit beeinflusst werden. Wird beispielsweise ein basisches Anion wie etwa das Cyanatanion OCN^- verwendet, so ist die ionische Flüssigkeit auch eher basischer Natur.

[0091] Vorzugsweise werden ionische Flüssigkeiten verwendet, welche kationische Imidazolhaltige Derivate, insbesondere das Kation Ethyl-Methyl-Imidazolium aufweisen. Bevorzugte Anionen können ausgewählt werden aus der Gruppe AlCl_4 , Al_2Cl_7 , F , $\text{F} \times \text{HF}$, NO_2 , NO_3 , BF_4 , AlF_4 , PF_6 , AsF_6 , SbF_6 , NbF_6 , TaF_6 , WF_7 , CH_3CO_2 , CF_3CO_2 , $\text{C}_3\text{F}_7\text{CO}_2$, CH_3SO_3 , CF_3SO_3 , $\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_3$, $(\text{CF}_3\text{CO})(\text{CF}_3\text{SO}_3)\text{N}$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)\text{N}$, $(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2\text{N}$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3\text{C}$, $(\text{CN})_2\text{N}$, $(\text{CN})_3\text{C}$, CF_3BF_3 , $\text{C}_2\text{F}_5\text{BF}_3$, $\text{C}_3\text{F}_7\text{BF}_3$, $\text{C}_4\text{F}_9\text{BF}_3$ oder Mischungen daraus.

Elektroden

[0092] Der Begriff "negative Elektrode" bedeutet erfindungsgemäß, dass die Elektrode beim Anschluss an einen Verbraucher, beispielsweise einen Elektromotor, Elektronen abgibt. Somit ist die negative Elektrode, gemäß dieser Konvention, die Anode.

[0093] Vorzugsweise weist die negative Elektrode mindestens ein elektrochemisches Aktivmaterial auf, welches zur Einlagerung und/oder Auslagerung von Redoxkomponenten, insbesondere von Lithiumionen, geeignet ist.

[0094] In einer Ausführungsform ist das elektrochemische Aktivmaterial der negativen Elektrode ausgewählt aus amorphen Graphit, kristallinen Graphit, Mesokohlenstoff, dotierter Kohlenstoff, Fullerene, Graphen, kohlenstoffhaltigen Materialien, Lithiummetall, Lithiummetall-Legierungen, Titanate, Silikate, Silizium, Silizium-Legierungen, Zinn, Zinnlegierungen, Niobpentoxid oder Mischungen daraus.

[0095] Vorzugsweise weist die negative Elektrode zusätzlich zu dem elektrochemischen Aktivmaterial noch mindestens einen weiteren Zusatzstoff auf, vorzugsweise einen Zusatzstoff zu Erhöhung der Leitfähigkeit, beispielsweise auf Kohlenstoffbasis, beispielsweise Ruß, und/oder einen redoxaktiven Zusatzstoff, welcher bei Überladung der elektrochemischen Zelle die Zerstörung des elektrochemischen Aktivmaterials reduziert, vorzugsweise minimiert, vorzugsweise verhindert.

[0096] Vorzugsweise weist die negative Elektrode ein metallisches Substrat auf. Vorzugsweise ist dieses metallische Substrat zumindest teilweise mit elektrochemischen Aktivmaterial beschichtet.

[0097] In einer Ausführungsform weist die negative Elektrode ein Bindemittel auf, welches befähigt ist, die Adhäsion zwischen elektrochemischen Aktivmaterial und einem metallischen Substrat zu verbessern. Vorzugsweise weist solch ein Bindemittel ein Polymer, vorzugsweise ein fluoriertes Polymer, vorzugsweise Polyvinylidenfluorid, welches unter den Handelsnamen Kynar® oder Dyneon® vertrieben wird, Polyethylenoxid, Polyethylen, Polypropylen, Polytetrafluorethylen, Polyacrylat, Ethylen-(Propylen-Dien-Monomer)-Copolymer (EPDM) und Mischungen und Copolymere davon, auf.

[0098] Der Begriff "positive Elektrode" bedeutet, dass die Elektrode beim Anschluss an einen Verbraucher, beispielsweise einen Elektromotor, Elektronen aufnimmt. Somit ist die positive Elektrode, gemäß dieser Konvention, die Kathode.

[0099] Vorzugsweise weist die positive Elektrode der elektrochemischen Zelle mindestens ein elektro-

chemisches Aktivmaterial auf, welches zur Einlagerung und/oder Auslagerung von Redoxkomponenten, insbesondere von Lithiumionen, geeignet ist.

[0100] In einer Ausführungsform ist das elektrochemische Aktivmaterial der positiven Elektrode ausgewählt aus mindestens einem Oxid, vorzugsweise einem Mischoxid, welches ein oder mehrere Elemente ausgewählt aus Nickel, Mangan, Kobalt, Aluminium, Phosphor, Eisen oder Titan aufweist.

[0101] In einer Ausführungsform weist die positive Elektrode eine Verbindung mit der Formel LiMPO_4 auf, wobei M wenigstens ein Übergangsmetall-Kation ist, vorzugsweise ein Übergangsmetall-Kation der ersten Reihe der Übergangsmetalle des Periodensystems der Elemente.

[0102] Das mindestens eine Übergangsmetall-Kation ist vorzugsweise aus der Gruppe bestehend aus Mangan, Eisen, Nickel, Kobalt oder Titan oder einer Kombination dieser Elemente gewählt. Die Verbindung weist vorzugsweise eine Olivinstruktur auf, vorzugsweise übergeordnetes Olivin, wobei Eisen oder Kobalt besonders bevorzugt sind, vorzugsweise LiFePO_4 oder LiCoPO_4 . Die Verbindung kann aber auch eine Struktur verschieden von der Olivinstruktur aufweisen.

[0103] In einer weiteren Ausführungsform weist die positive Elektrode ein Oxid, vorzugsweise ein Übergangsmetalloxid, oder ein Übergangsmetallmischoxid, vorzugsweise vom Spinell-Typ, vorzugsweise ein Lithium-Manganat, vorzugsweise LiMn_2O_4 , ein Lithium-Kobaltat, vorzugsweise LiCoO_2 , oder ein Lithium-Nickelat, vorzugsweise LiNiO_2 , oder ein Gemisch aus zwei oder drei dieser Oxide auf. Die Oxide können aber auch verschieden vom Spinell-Typ sein.

[0104] Weiterhin bevorzugt kann die positive Elektrode zusätzlich zu den vorhergenannten Übergangsmetalloxiden oder ausschließlich ein Lithium-Übergangsmetallmischoxid aufweisen, welches Mangan, Kobalt und Nickel enthält, vorzugsweise ein Lithium-Kobalt-Manganat, vorzugsweise LiCoMnO_4 , vorzugsweise ein Lithium-Nickel-Manganat, vorzugsweise $\text{LiNi}_{0,5}\text{Mn}_{1,5}\text{O}_4$, vorzugsweise ein Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid, vorzugsweise $\text{LiNi}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2$, oder ein Lithium-Nickel-Kobalt-Oxid, vorzugsweise LiNiCoO_2 , welche nicht im Spinell-Typ oder im Spinell-Typ vorliegen können.

[0105] Vorzugsweise weist die positive Elektrode zusätzlich zu dem elektrochemischen Aktivmaterial noch mindestens einen weiteren Zusatzstoff auf, vorzugsweise einen Zusatzstoff zu Erhöhung der Leitfähigkeit, beispielsweise auf Kohlenstoffbasis, beispielsweise Ruß, und/oder einen redoxaktiven Zusatzstoff, welcher bei Überladung der elektrochemischen Zelle die Zerstörung des elektrochemi-

schen Aktivmaterials reduziert, vorzugsweise minimiert, vorzugsweise verhindert.

[0106] Vorzugsweise weist die positive Elektrode ein Bindemittel auf, welches befähigt ist, die Adhäsion zwischen elektrochemischen Aktivmaterial und einem metallischen Substrat zu verbessern. Vorzugsweise weist solch ein Bindemittel ein Polymer, vorzugsweise ein fluoriertes Polymer, vorzugsweise Polyvinylidenfluorid, welches unter den Handelsnamen Kynar® oder Dyneon® vertrieben wird, Polyethylenoxid, Polyethylen, Polypropylen, Polytetrafluorethylen, Polyacrylat, Ethylen-(Propylen-Dien-Monomer)-Copolymer (EPDM) und Mischungen und Copolymere davon, auf.

[0107] Vorzugsweise weist die positive Elektrode ein metallisches Substrat auf. Vorzugsweise ist dieses metallische Substrat zumindest teilweise mit elektrochemischen Aktivmaterial beschichtet.

[0108] Der Begriff „metallisches Substrat“ im Sinne der vorliegenden Erfindung betrifft vorzugsweise dasjenige Bauteil einer elektrochemischen Zelle, welches als „Elektrodensträger“ und „Kollektor“ bekannt ist. Das metallische Substrat ist vorliegend zum Aufbringen von elektrochemischer Aktivmasse geeignet und ist im Wesentlichen metallischer Natur, vorzugsweise vollständig metallischer Natur.

[0109] Vorzugsweise weist mindestens eine Elektrode zumindest teilweise ein metallisches Substrat auf. Vorzugsweise ist dieses metallische Substrat zumindest teilweise als Folie oder als Netzstruktur oder als Gewebe ausgestaltet, vorzugsweise aufweisend ein Metall.

[0110] In einer Ausführungsform weist ein metallisches Substrat Kupfer oder eine kupferhaltige Legierung auf. In einer weiteren Ausführungsform weist ein metallisches Substrat Aluminium auf. In einer Ausführungsform kann das metallische Substrat als Folie, Netzstruktur oder Gewebe ausgestaltet sein, welches vorzugsweise zumindest teilweise Kunststoffe aufweist.

[0111] Vorzugsweise weisen bis zu 30%, vorzugsweise bis zu 50%, vorzugsweise bis zu 70%, vorzugsweise bis zu 100% der Gesamtoberfläche eines metallischen Substrates mindestens eine Schicht auf, welche zumindest ein elektrochemisches Aktivmaterial aufweist, welches zur Einlagerung und/oder Auslagerung von Lithiumionen geeignet ist.

Separator

[0112] In einer Ausführungsform wird ein Separator verwendet, welcher die positive Elektrode von der negativen Elektrode trennt, und nicht oder nur schlecht elektronenleitend ist, und welcher aus einem zumin-

dest teilweise stoffdurchlässigen Träger besteht. Der Träger ist vorzugsweise auf mindestens einer Seite mit einem anorganischen Material beschichtet. Als wenigstens teilweise stoffdurchlässiger Träger wird vorzugsweise ein organisches Material verwendet, welches vorzugsweise als nicht-verwebtes Vlies ausgestaltet ist.

[0113] Das organische Material, welches vorzugsweise ein Polymer und besonders bevorzugt ein oder mehrere Polymere, ausgewählt aus Polyethylenterephthalat (PET), Polyolefin oder Polyetherimid, aufweist, ist mit einem anorganischen, vorzugsweise ionenleitenden Material beschichtet, welches weiter vorzugsweise in einem Temperaturbereich von -40°C bis 200°C ionenleitend ist, und bevorzugt wenigstens eine Verbindung aus der Gruppe der Oxide, Phosphate, Silikate, Titanate, Sulfate, Aluminosilikate mit wenigstens einem der Elemente Zirkon, Aluminium, Lithium und besonders bevorzugt Zirkonoxid, aufweist.

[0114] Bevorzugt weist das anorganische, ionenleitende Material des Separators Partikel mit einem Größendurchmesser unter 100 nm , vorzugsweise von $0,5$ bis $7\text{ }\mu\text{m}$, vorzugsweise von 1 bis $5\text{ }\mu\text{m}$, vorzugsweise von $1,5$ bis $3\text{ }\mu\text{m}$ auf.

[0115] In einer Ausführungsform weist der Separator eine auf und in dem Vlies befindliche poröse anorganische Beschichtung auf, die Aluminiumoxid-Partikel mit einer mittleren Partikelgröße von $0,5$ bis $7\text{ }\mu\text{m}$, bevorzugt von 1 bis $5\text{ }\mu\text{m}$ und ganz besonders bevorzugt von $1,5$ bis $3\text{ }\mu\text{m}$ aufweist, die mit einem Oxid der Elemente Zr oder Si verklebt sind.

[0116] Um eine möglichst hohe Porosität zu erzielen, liegen bevorzugt mehr als 50 Gew.-% und besonders bevorzugt mehr als 80 Gew.-% aller Partikel in den oben genannten Grenzen der mittleren Partikelgröße. Vorzugsweise beträgt die maximale Partikelgröße vorzugsweise $1/3$ bis $1/5$ und besonders bevorzugt kleiner oder gleich $1/10$ der Dicke des eingesetzten Vlieses.

[0117] Geeignete Polyolefine sind vorzugsweise Polyethylen, Polypropylen oder Polymethylpenten. Besonders bevorzugt ist Polypropylen. Der Einsatz von Polyamiden, Polyacrylnitrilen, Polycarbonaten, Polysulfonen, Polyethersulfonen, Polyvinylidenfluoriden, Polystyrolen als organisches Trägermaterial ist gleichfalls denkbar. Es können auch Mischungen der Polymeren verwendet werden.

[0118] Ein Separator mit PET als Trägermaterial ist im Handel erhältlich unter der Bezeichnung Separion®. Er kann nach Methoden hergestellt werden, wie sie in der EP 1 017 476 offenbart sind.

[0119] Der Begriff "nicht verwebtes Vlies" bedeutet, dass die Polymeren in Form von Fasern in nicht gewebter Form vorliegen (non-woven fabric). Derartige Vliese sind aus dem Stand der Technik bekannt und/oder können nach den bekannten Verfahren hergestellt werden, beispielsweise durch einen Spinnvliesprozess oder ein Schmelzblasverfahren wie beispielsweise in DE 195 01 271 A1 referiert.

[0120] Vorzugsweise weist der Separator ein Vlies auf, welches eine durchschnittliche Dicke von 5 bis $30\text{ }\mu\text{m}$, vorzugsweise von 10 bis $20\text{ }\mu\text{m}$ aufweist. Vorzugsweise ist das Vlies flexibel ausgestaltet. Vorzugsweise weist das Vlies eine homogene Porenradialverteilung auf, vorzugsweise weisen mindestens 50% der Poren einen Porenradius von 75 bis $100\text{ }\mu\text{m}$ auf. Vorzugsweise weist das Vlies eine Porosität von 50% , vorzugsweise von 50 bis 97% auf.

[0121] „Porosität“ ist definiert als Volumen des Vlieses (100%) minus Volumen der Fasern des Vlieses (Entspricht dem Anteil am Volumen des Vlieses, der nicht von Material ausgefüllt wird). Das Volumen des Vlieses kann dabei aus den Abmessungen des Vlieses berechnet werden. Das Volumen der Fasern ergibt sich aus dem gemessenen Gewicht des betrachteten Vlieses und der Dichte der Polymerfasern. Die große Porosität des Vlieses ermöglicht auch eine höhere Porosität des Separators, weshalb eine höhere Aufnahme an Elektrolyten mit dem Separator erzielt werden kann.

[0122] In einer weiteren Ausführungsform besteht der Separator aus einem Polyethylenglykolterephthalat, einem Polyolefin, einem Polyetherimid, einem Polyamid, einem Polyacrylnitril, einem Polycarbonat, einem Polysulfon, einem Polyethersulfon, einem Polyvinylidenfluorid, einem Polystyrol, oder Mischungen davon. Vorzugsweise besteht der Separator aus einem Polyolefin oder aus einem Gemisch von Polyolefinen. Besonders bevorzugt in dieser Ausführungsform ist dann ein Separator, der aus einem Gemisch von Polyethylen und Polypropylen besteht.

[0123] Vorzugsweise weisen solche Separatoren eine Schichtdicke von 3 bis $14\text{ }\mu\text{m}$ auf.

[0124] Die Polymeren liegen vorzugsweise in Form von Faservliesen vor, wobei die Polymerfasern vorzugsweise einen durchschnittlichen Durchmesser von $0,1$ bis $10\text{ }\mu\text{m}$, vorzugsweise von 1 bis $4\text{ }\mu\text{m}$ aufweisen.

[0125] Der Begriff "Mischung" oder "Gemisch" der Polymeren im Sinne der vorliegenden Erfindung bedeutet, dass die Polymeren vorzugsweise in Form ihrer Vliese vorliegen, die miteinander schichtweise verbunden sind. Derartige Vliese bzw. Vliesverbunde werden beispielsweise in EP 1 852 926 offenbart.

[0126] In einer weiteren Ausführungsform des Separators besteht dieser aus einem anorganischen Material. Vorzugsweise werden als anorganisches Material Oxide des Magnesiums, Calciums, Aluminiums, Siliziums und Titans eingesetzt, sowie Silikate und Zeolithe, Borate und Phosphate. Derartige Materialien für Separatoren sowie Verfahren zur Herstellung der Separatoren werden in EP 1 783 852 offenbart. In einer bevorzugten Ausführungsform dieser Ausführungsform eines Separators besteht der Separator aus Magnesiumoxid.

[0127] In einer weiteren Ausführungsform des Separators können 50 bis 80 Gew.-% des Magnesiumoxids durch Calciumoxid, Bariumoxid, Bariumcarbonat, Lithium-, Natrium-, Kalium-, Magnesium-, Calcium-, Bariumphosphat oder durch Lithium-, Natrium-, Kaliumborat, oder Mischungen dieser Verbindungen, ersetzt sein.

[0128] Vorzugsweise weisen die Separatoren dieser Ausführungsform eine Schichtdicke von 4 bis 25 µm auf.

[0129] Ebenso erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Behandlung, insbesondere zur Regeneration von elektrochemischen Aktivmaterial durch zumindest eine vorbestimmte Maßnahme.

[0130] In einem optionalen ersten Schritt wird mindestens eine bereitgestellte, beschädigte Elektrode nach Schädigungen untersucht, insbesondere unter zu Hilfenahme von dafür geeigneten Methoden oder Vorrichtungen wie etwa Mikroskopen oder röntgenografischen Verfahren.

[0131] In einem optionalen anschließenden Schritt wird das elektrochemische Aktivmaterial der Elektrode zumindest teilweise von eventuell vorhandenen weiteren enthaltenen Stoffen oder Verbindungen, insbesondere vom Binder oder Leitfähigkeitsadditiv abgetrennt.

[0132] In einem weiteren, nicht optionalen Schritt wird zumindest eine vorbestimmte Maßnahme insbesondere auf das elektrochemische Aktivmaterial der mindestens einen Elektrode angewandt, welche zum Ziel hat, das elektrochemische Aktivmaterial zumindest teilweise so zu behandeln, dass das elektrochemische Aktivmaterial wieder in einer Elektrode einer elektrochemischen Zelle zum Einsatz kommen kann, insbesondere also regeneriert wurde. Dies wird erfindungsgemäß durch eine zumindest teilweise Neuausbildung und/oder Erneuerung der SEI-Schicht befindlich auf der Oberfläche des durch zumindest eine vorbestimmte Maßnahme zu behandelnden elektrochemischen Aktivmaterials erreicht. Die mindestens eine vorbestimmte Maßnahme ist vorzugsweise ausgewählt aus:

- zumindest teilweise Verjüngung der SEI-Schicht durch mechanische Arbeit
- zumindest teilweises Entfernen der SEI-Schicht unter Verwendung geeigneter Lösemittel
- Behandlung mit mindestens einer SEI-Schichtbildenden und/oder SEI-Schicht-unterstützenden Substanz, insbesondere mit mindestens einem Elektrolyt und/oder mindestens einem Additiv.

[0133] In einem daran anschließenden optionalen Schritt kann das mit mindestens einer vorbestimmten Maßnahme erneuerte, insbesondere regenerierte elektrochemische Aktivmaterial weiteren Behandlungen unterworfen werden, insbesondere getrocknet und/oder mit weiteren Verbindungen und/oder Stoffen, insbesondere Binder und/oder Elektrolyt und/oder Lösemittel und/oder Leitfähigkeitsadditiv und/oder optional fabrikneues elektrochemisches Aktivmaterial vermischt werden.

[0134] Weiterhin erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Zusammenbau einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Zelle.

[0135] In einem ersten, nicht optionalen Schritt wird das durch zumindest eine vorbestimmte Maßnahme behandelte, insbesondere erneuerte elektrochemische Aktivmaterial bereitgestellt.

[0136] In einem optionalen zweiten Schritt wird das im ersten Schritt bereitgestellte elektrochemische Aktivmaterial mit weiteren Stoffen und/oder Verbindungen, insbesondere zumindest einen Binder und/oder Lösemittel und/oder Leitfähigkeitsadditiv und/oder Elektrolyt und/oder optional fabrikneues elektrochemisches Aktivmaterial, vermischt.

[0137] Daran kann sich ein Schritt anschließen, bei welchem das elektrochemische Aktivmaterial welches eventuell mit zumindest einem weiteren Stoff und/oder zumindest einer weiteren Verbindung vermischt ist, auf ein metallisches Substrat aufgebracht wird. In einer Ausführungsform ist bereits Elektrodenmaterial auf dem metallischen Substrat vorhanden, und ein aufzubringendes Elektrodenpad weist das durch zumindest eine vorbestimmte Maßnahme behandelte, insbesondere regenerierte elektrochemische Aktivmaterial auf.

[0138] In einem weiteren Schritt wird zumindest eine so hergestellte Elektrode mit zumindest einer zweiten Elektrode und einer dazwischen liegenden elektrisch isolierenden Schicht, insbesondere einem Separator oder einem Polymerelektrolyt, zusammengefügt. In einer Ausführungsform weist zweite Elektrode ebenfalls durch zumindest eine vorbestimmte Maßnahme behandeltes, insbesondere regeneriertes elektrochemisches Aktivmaterial auf.

[0139] Vorzugsweise kann die erfindungsgemäße elektrochemische Zelle bei Umgebungstemperaturen von -40 bis $+100^{\circ}\text{C}$ betrieben werden.

[0140] Bevorzugte Entladeströme einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Zelle sind größer 100 A , vorzugsweise größer 200 A , vorzugsweise größer 300 A , weiterhin bevorzugt größer 400 A .

[0141] Die erfindungsgemäße elektrochemische Zelle kann zur Energieversorgung für mobile Informationseinrichtungen, Werkzeuge, elektrisch betriebene Automobile, für Automobile mit Hybrid-Antrieb und für stationäre Energiespeicher verwendet werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 102009054016 [\[0007\]](#)
- US 201010068605 [\[0007\]](#)
- EP 1017476 [\[0118\]](#)
- DE 19501271 A1 [\[0119\]](#)
- EP 1852926 [\[0125\]](#)
- EP 1783852 [\[0126\]](#)

Patentansprüche

1. Elektrochemische Zelle aufweisend mindestens eine negative Elektrode und mindestens eine positive Elektrode, wobei die mindestens eine negative Elektrode und/oder die mindestens eine positive Elektrode elektrochemisches Aktivmaterial aufweist, welches befähigt ist, eine „solid electrolyte interface“, also eine SEI-Schicht, auf zumindest Teilen der Oberfläche der mindestens einen negativen Elektrode und/oder der mindestens einen positiven Elektrode auszubilden **dadurch gekennzeichnet**, dass das elektrochemische Aktivmaterial zumindest teilweise durch zumindest eine vorbestimmte Maßnahme behandelt wurde, die nicht ein Laden oder Entladen einer elektrochemischen Zelle ist, und die eine Erneuerung und/oder Neuausbildung der SEI-Schicht beinhaltet.

2. Elektrochemische Zelle gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine vorbestimmte Maßnahme ausgewählt ist aus:

- zumindest teilweises Verjüngen einer SEI-Schicht durch mechanische Krafteinwirkung und/oder
- zumindest teilweises Entfernen der SEI-Schicht unter Verwendung von zumindest einem Lösemittel und/oder
- Behandlung des elektrochemischen Aktivmaterials mit mindestens einer SEI-Schicht-bildenden und/oder SEI-Schicht-unterstützenden Substanz, insbesondere mit mindestens einem Elektrolyt und/oder mindestens einem Additiv.

3. Elektrochemische Zelle gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Additiv ausgewählt ist aus Phenylencarbonat, fluorhaltigen oder nicht-fluorhaltigen Lithiumorganoboraten, insbesondere Lithium-difluoro(oxalato)borat (LiDFOB) oder Lithium-bis(oxalato)borat (LiBOB) und fluorhaltigen oder nicht-fluorhaltigen Lithiumorganophosphaten, insbesondere Lithium-tetrafluoro(oxalato)phosphat (LiTFOP) oder Lithium-tris(oxalato)phosphat (LiTOP).

4. Elektrochemische Zelle gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Krafteinwirkung zumindest einen abrasiven Vorgang aufweist, insbesondere Abschabung und/oder Abtragung und/oder Abreibung und/oder Abschmirlgeln.

5. Elektrochemische Zelle gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Lösemittel ausgewählt ist aus polaren organischen Lösemitteln, unpolaren organischen Lösemitteln, oder ionische Flüssigkeiten.

6. Elektrochemische Zelle gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrochemische Aktivmaterial irreversibel einer elektrochemischen Zelle ent-

nommen wurde, die zumindest einem Lade- und Entladezyklus unterworfen wurde, wobei der mindestens eine Lade- und Entladezyklus vorzugsweise nicht zum Zwecke der Konditionierung der elektrochemischen Zelle durchgeführt wurde.

7. Elektrochemisches Aktivmaterial, welches bereits mindestens einem Lade- und Entladezyklus ausgesetzt wurde, wobei der mindestens eine Lade- und Entladezyklus vorzugsweise nicht zum Zwecke der Konditionierung der elektrochemischen Zelle durchgeführt wurde, erhältlich durch Anwendung zumindest einer vorbestimmten Maßnahme im Hinblick auf das elektrochemische Aktivmaterial, wobei die zumindest eine vorbestimmte Maßnahme nicht ein Laden oder Entladen einer elektrochemischen Zelle ist und die Erneuerung und/oder Neuausbildung der SEI-Schicht beinhaltet.

8. Elektrochemisches Aktivmaterial gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine vorbestimmte Maßnahme ausgewählt ist aus: ausgewählt ist aus:

- zumindest teilweises Verjüngen einer SEI-Schicht durch mechanische Krafteinwirkung und/oder
- zumindest teilweises Entfernen der SEI-Schicht unter Verwendung von zumindest einem Lösemittel und/oder
- Behandlung des elektrochemischen Aktivmaterials mit mindestens einer SEI-Schicht-bildenden und/oder SEI-Schicht-unterstützenden Substanz, insbesondere mit mindestens einem Elektrolyt und/oder mindestens einem Additiv.

9. Elektrochemisches Aktivmaterial gemäß Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrochemische Aktivmaterial irreversibel einer elektrochemischen Zelle entnommen wurde, die zumindest einem Lade- und Entladezyklus unterworfen wurde, wobei der mindestens eine Lade- und Entladezyklus vorzugsweise nicht zum Zwecke der Konditionierung der elektrochemischen Zelle durchgeführt wurde.

10. Elektrochemisches Aktivmaterial gemäß mindestens einem der Ansprüche 7 bis 9 zur Verwendung in Elektroden elektrochemischer Zellen.

11. Verfahren zur Behandlung, insbesondere zur Regeneration von elektrochemischen Aktivmaterial durch zumindest eine vorbestimmte Maßnahme, vorzugsweise ausgewählt ist aus:

- zumindest teilweises Verjüngen einer SEI-Schicht durch mechanische Krafteinwirkung und/oder
- zumindest teilweises Entfernen der SEI-Schicht unter Verwendung von zumindest einem Lösemittel und/oder
- Behandlung des elektrochemischen Aktivmaterials mit mindestens einer SEI-Schicht-bildenden und/oder SEI-Schicht-unterstützenden Substanz, insbe-

sondere mit mindestens einem Elektrolyt und/oder mindestens einem Additiv.

wobei das elektrochemische Aktivmaterial irreversibel einer elektrochemischen Zelle entnommen wurde, die zumindest einem Lade- und Entladezyklus unterworfen wurde, wobei der mindestens eine Lade- und Entladezyklus vorzugsweise nicht zum Zwecke der Konditionierung der elektrochemischen Zelle durchgeführt wurde.

12. Verwendung der elektrochemischen Zelle gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 zur Energieversorgung für mobile Informationseinrichtungen, Werkzeuge, elektrisch betriebene Automobile, für Automobile mit Hybrid-Antrieb und für stationäre Energiespeicher.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen