

(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
22. September 2011 (22.09.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/113520 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01M 2/16 (2006.01) *H01M 10/0525* (2010.01)
H01M 10/42 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/000908

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Februar 2011 (24.02.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 011 414.6 15. März 2010 (15.03.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **LI-TEC BATTERY GMBH** [DE/DE]; Am
Wiesengrund 7, 01917 Kamenz (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHAEFER, Tim**
[DE/DE]; Am Sportplatz 15, 99762 Niedersachswerfen
(DE).

(74) Anwalt: **WALLINGER, Michael**; Wallinger Ricker
Schlotter Foerstl, Zweibrückenstraße 5-7, 80331 Mün-
chen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, 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, 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 Änderun-
gen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: LITHIUM ION CELL HAVING INSTRINSIC PROTECTION AGAINST THERMAL RUNAWAY

(54) Bezeichnung : LITHIUMIONENZELLE MIT INTRINSISCHEM SCHUTZ GEGEN THERMISCHES DURCHGEHEN

(57) Abstract: The present invention relates to an electrochemical cell for a lithium ion battery comprising at least (i) one electro-lyte, (ii) at least one cathodic electrode, (iii) at least one anodic electrode and (iv) at least one separator disposed between cathodic electrode and anodic electrode, wherein said separator comprises at least one porous ceramic material. The electrochemical cell is enclosed in a gas-tight manner in a pressure-resistant housing, wherein said housing and said electrochemical cell do not comprise any means for reducing the pressure in the housing, especially no bursting device, pressure valve, one-way valve, central pin, mandrel or the like.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrochemische Zelle für eine Lithiumionenbatterie umfassend zumindest (i) einen Elektrolyten und (ii) zumindest eine kathodische Elektrode und (iii) zumindest eine anodische Elektrode sowie (iv) zumindest einen zwischen kathodischer Elektrode und anodischer Elektrode angeordneten Separator, wobei der besagte Separator zumindest einen porösen keramischen Werkstoff umfasst. Dabei ist die elektrochemische Zelle in einer druckfesten Umhausung gasdicht eingeschlossen, wobei besagte Umhausung sowie besagte elektrochemische Zelle keine Mittel zum Druckabbau in der Umhausung umfassen, insbesondere keine Bersteinrichtung, Druckventil, Einwegventil, Zentralpin, Dorn oder dergleichen.



WO 2011/113520 A1

106936P467PC

Lithiumionenzelle mit intrinsischem Schutz gegen thermisches Durchgehen

5

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrochemische Zelle für eine Lithiumionenbatterie umfassend zumindest:

- 10 • einen Elektrolyten und
- zumindest eine kathodischen Elektrode und
- zumindest eine anodischen Elektrode sowie
- zumindest einen zwischen - oder auf der - kathodischer (n) Elektrode und/oder anodischer (n) Elektrode angeordneten Separator, wobei der
- 15 besagte Separator zumindest einen porösen keramischen Werkstoff umfasst, welcher vorzugsweise in einer auf einem organischen Trägermaterial aufgetragenen Schicht vorliegt, wobei dieses organische Trägermaterial vorzugsweise ein nicht-verwebtes Polymer umfasst oder ist.

20

Dabei sind Elektrolyt, Elektroden und Separator(en) in einer druckfesten Umhausung gasdicht eingeschlossen, wobei besagte Umhausung sowie besagte elektrochemische Zelle keine Mittel zum Druckabbau in der Umhausung umfassen, insbesondere keine Bersteinrichtung, Druckventil, Einwegventil,

25 Zentralpin, Dorn oder dergleichen.

Aus dem Stand der Technik sind Zellen für Lithiumionenbatterien bekannt, welche typischerweise eine zylinderförmige oder prismatische Umhüllung/Einhausung aufweisen, siehe beispielsweise den zylindrischen

30 Batterietyp 18650 (wobei 18 der Durchmesser und 650 die Länge in mm sind).

Auf den S. 187 bis 188 der wissenschaftlichen Artikelsammlung "*Lithium Ion Batteries*" (Hg.: M. Yoshio et al., Springer 2009, 1. Auflage) wird eine solche zylinderförmige Zelle beschrieben. Entscheidend sind neben dem Zellwickel der Hohlraum mit einem Dorn ("*center pin*") sowie ein Berstschutz ("*rupture vent*").

5 Wie im 3. Absatz auf S. 186 beschreiben ist, wird ein im Inneren der Zelle möglicherweise aufgebauter Überdruck über die Entlüftung ("*vent*") und den inneren Hohlraum abgebaut. Solche mechanischen Einrichtungen werden für Lithiumionen-zellen und -batterien allgemein als notwendig angesehen, falls bei Missbrauch der Zelle/Batterie, insbesondere Überladen und/oder
10 Tiefenentladung, aber auch bei unsachgemäßer mechanischer Beanspruchung der Zelle/Batterie gegebenenfalls (elektro)chemische Prozesse unter Wärmeentwicklung und/oder Gasentwicklung ablaufen, welche zu einem erhöhten Gasdruck in der Zelle führen. Eine analog aufgebaute prismatische Zelle ist auf S. 189 des besagten Artikels beschrieben.

15

Sicherheitsventile in der Umhüllung sind beispielhaft in US 5 853 912 oder in US 2006/0263676 beschrieben. Bersteinrichtungen, Druckventile, Sollbruchstellen und dergleichen sind gemäß dem Stand der Technik seitlich in der Umhüllung und/oder im Deckel der Zelle angebracht.

20

Im Lichte des bekannten Standes der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Lithiumionenzelle für eine Lithiumionenbatterie bereitzustellen, welche keine Sicherheitsventile, Berstscheiben, Sollbruchstellen oder dergleichen benötigt, und trotzdem die Sicherheit der Zelle/Batterie auch im
25 Missbrauchsfall (Überladung, Tiefenentladung, mechanische Belastung, thermischer Durchbruch oder dergleichen) gewährleistet.

Diese (und andere) Aufgabe wird/werden dadurch gelöst, dass die folgende elektrochemische Zelle bereitgestellt wird:

30

Elektrochemische Zelle für eine Lithiumionenbatterie zumindest umfassend:

- einen Elektrolyten und
- zumindest eine kathodischen Elektrode und
- zumindest eine anodischen Elektrode sowie
- zumindest einen zwischen - oder auf der - kathodischer (n) Elektrode
5 und/oder anodischer (n) Elektrode angeordneten Separator, wobei der
besagte Separator zumindest einen porösen keramischen Werkstoff
umfasst, welcher vorzugsweise in einer auf einem organischen
Trägermaterial aufgebracht Schicht vorliegt, wobei dieses organische
Trägermaterial vorzugsweise ein nicht-verwebtes Polymer umfasst oder
10 ist.

Dabei sind Elektrolyt, Elektroden und Separator(en) in einer druckfesten Umhausung gasdicht eingeschlossen, wobei besagte Umhausung sowie
besagte elektrochemische Zelle keine Mittel zum Druckabbau in der Umhausung
15 umfassen, insbesondere keine Bersteinrichtung, Druckventil, Einwegventil, Zentralpin, Dorn oder dergleichen.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung ist eine "*druckfeste*" Umhausung jede
denkbare Umhüllung, Hüllbleche mit Rahmen, Rahmenstruktur, abgedichtete
20 Struktur umfassend tiefgezogene Schalenteile etc., welche die im Inneren der
Zelle (und damit im Inneren der Umhausung befindlichen) aktiven Komponenten
der Lithiumionenzelle, also insbesondere Kathode, Anode, Separator und
Elektrolyt vor stofflichen, insbesondere chemischen, Einwirkungen und
Wechselwirkungen schützt, und zwar dauerhaft über die gesamte vorgesehene
25 Lebensdauer der Zelle, sowie unter Drücken, welche um das anderthalbfache,
insbesondere das zweifache, bevorzugt das Vierfache gegenüber dem
Umgebungsdruck herabgesetzt oder erhöht sind. Diese Drucke können sowohl
innerhalb als auch außerhalb der Umhausung herrschen.

30 Entsprechend bedeutet "*gasdicht*", dass die Umhausung auch bei den im letzten
Absatz genannten Unter- beziehungsweise Überdrücken ihre Funktion, die
aktiven Komponenten der Lithiumionenzelle, also insbesondere Kathode,

Anode, Separator und Elektrolyt vor stofflichen, insbesondere chemischen Einwirkungen und Wechselwirkungen zu schützen, nicht verliert, und zwar dauerhaft über die gesamte vorgesehene Lebensdauer der Zelle

- 5 Wie bereits oben erwähnt ist eine solche Umhausung vorteilhaft in Form einer Verbundfolie (Laminatfolie) ausgebildet ("pouch cell", "coffee bag"), oder als Rahmencelle mit Rahmen und Hüllblechen oder als abgedichteter Verbund von Schalenstücken, oder als jede beliebige Kombination oder Abwandlung hiervon.
- 10 In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die kathodische Elektrode zumindest einen Träger, auf welchem zumindest ein Aktivmaterial aufgebracht oder abgeschieden ist, wobei das Aktivmaterial entweder:
- (1) zumindest eine Lithium-Polyanion-Verbindung oder
 - (2) zumindest eine Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid (NMC),
15 welches nicht in einer Spinellstruktur vorliegt, vorzugsweise $\text{Li}[\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}]\text{O}_2$, wobei der Anteil an Li, Co, Mn, Ni und O jeweils um +/- 5 % variieren kann, oder
 - (3) eine Mischung aus einem Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid (NMC), welches nicht in einer Spinellstruktur vorliegt, mit einem
20 Lithium-Mangan-Oxid (LMO) in Spinellstruktur, oder
 - (4) eine Mischung aus (1) und (2) oder eine Mischung aus (1) und (3) umfasst.

25 Im Hinblick auf das Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid (NMC) ist eine geringfügig "überlithiierte" Stöchiometrie mit $\text{Li}_{1+x}[\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}]\text{O}_2$ mit x im Bereich von 0.01 bis 0.10 besonders bevorzugt, da durch eine solche "Überlithiierung" gegenüber der 1:1 Stöchiometrie bessere Zyklen Eigenschaften erreicht werden.

Dabei ist es besonders bevorzugt, dass der Träger für die kathodische Elektrode ein metallisches Material umfasst, insbesondere Aluminium, und dass besagter Träger eine Dicke von 5 μm bis 100 μm , vorzugsweise 10 μm bis 75 μm , weiter vorzugsweise 15 μm bis 45 μm aufweist. Vorzugsweise ist der Träger als eine
5 Kollektorfolie ausgebildet.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die anodische Elektrode zumindest einen Träger, auf welchem zumindest ein kohlenstoffhaltiges Aktivmaterial aufgebracht oder abgeschieden ist.

10

Dabei ist es besonders bevorzugt, dass der Träger für die anodische Elektrode ein metallisches Material umfasst, insbesondere Kupfer, und dass besagter Träger eine Dicke von 5 μm bis 100 μm , vorzugsweise 10 μm bis 75 μm , weiter vorzugsweise 15 μm bis 45 μm aufweist. Vorzugsweise ist der Träger als eine
15 Kollektorfolie ausgebildet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die Anode reines metallisches Lithium. Hierbei entfällt das beschriebene Trägermaterial für die Anode. Das metallische Lithium wird bevorzugt als Dünnsband, Folie, Streckmetall oder
20 Schwamm eingesetzt.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung ist es besonders bevorzugt, dass nicht nur die Träger in einer geringen Dicke vorliegen, sondern auch die darauf aufbrachten Aktivmaterialien. Dabei ist es bevorzugt, dass die Dicke der
25 kathodischen Elektrode (Träger und Aktivmaterial) sowie die Dicke der anodischen Elektrode (Träger und Aktivmaterial) jeweils geringer ist als 300 μm , vorzugsweise geringer als 200 μm , weiter vorzugsweise geringer als 150 μm sowie weiter vorzugsweise geringer als 100, und schließlich geringer als 50 μm .

30 Die geringe Dicke der Träger sowie der Elektroden insgesamt erlaubt eine besonders effektive Kühlung der Aktivmaterialien. Auch dies trägt dazu bei, dass

selbst und gerade bei Missbrauch der Zelle (thermisch, mechanisch oder elektrisch/ladetechnisch) die Wärmeentwicklung unter Kontrolle bleibt, weil insgesamt keine ausgedehnten Bereiche mit Aktivmaterialien vorliegen und eine Wärmeableitung über die Träger stets möglich bleibt. Dies gilt insbesondere auch im Zusammenhang mit den erfindungsgemäßen Separatoren umfassend poröse keramische Materialien, da besagte Materialien nicht an den beim Missbrauch der Zelle gegebenenfalls ablaufenden chemischen Reaktionen teilnehmen beziehungsweise Reaktanden für diese zur Verfügung stellen. Ein weiterer Vorteil dieser Geometrie ist die insgesamt verringerte Impedanz (Innenwiderstand) der Zelle, welche gleichfalls die Temperaturentwicklung der Zelle im Inneren begrenzt.

Dabei ist es weiterhin bevorzugt, dass die Elektroden und die Separatoren - vorzugsweise jeweils mindestens 20 hiervon - als vereinzelte Blätter, Folienband oder Bahnen in der geringen Schichtdicke vorliegen und alternierend in der Sequenz [...] – kathodische Elektrode – Separator – anodische Elektrode – Separator – kathodische Elektrode – [...] gelegt und/oder zusammenlaminiert sind.

Im Falle einer Z-Wicklung soll erfindungsgemäß nicht laminiert werden.

Durch diese alternierende Anordnung von Bahnen oder Lagen ist insbesondere eine besonders effektive Wärmeabfuhr über die Vielzahl der getrennt voneinander vorliegenden Vielzahl von Trägern der Elektroden gegeben. Eine solche Wärmeabfuhr ist in zylindrisch gewickelten "Bahnen" von Elektroden nicht in gleichem Umfang möglich.

Der erfindungsgemäße Separator umfassend das poröse keramische Material weist eine für die Funktion der elektrochemische Zelle ausreichende Porosität auf, ist jedoch im Vergleich zu konventionellen Separatoren, die keinen keramischen Werkstoff umfassen, wesentlich temperaturbeständiger und schrumpft bei höheren Temperaturen weniger. Ein keramischer Separator weist

zudem vorteilhaft eine hohe mechanische Festigkeit auf. Beides ist für die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe des „intrinsischen“ Schutzes der Zelle vor thermischem „Durchgehen“ vorteilhaft.

5 Durch die vorliegende Kombination "hermetisches Containment" in der erfindungsgemäßen Umhausung/Umhüllung mit besonders dünnen Elektroden und den zwischen den Elektroden angebrachten keramischen Separatoren wird erreicht, dass auch im Missbrauchsfall (Überladung, Tiefenentladung, mechanische Belastung, thermischer Durchbruch oder dergleichen) im Inneren
10 der Umhausung/Umhüllung kein oder nur ein geringfügiger Gasdruck aufgebaut wird, welcher jedenfalls das Vorhandensein eines Überdruckventils oder eines Berstschatzes oder dergleichen nicht notwendig macht. Damit ist die vorliegende Zelle nicht nur betriebssicher, sondern auch baulich einfacher als die Zellen aus dem Stand der Technik.

15 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform enthält das mit dem Elektrolyten in Kontakt tretende Aktivmaterial von Kathode und/oder Anode (sowie gegebenenfalls auch der Elektrolyt selber), das poröse keramische Material des Separators in Form von dem Aktivmaterial (oder gegebenenfalls auch dem
20 Elektrolyten selber) zugesetzten Partikeln (siehe dazu auch unten die detaillierte Beschreibung des Aufbringens der Aktivmaterialien auf den Träger).

In einer bevorzugten Ausführungsform hierzu umfasst das mit dem Elektrolyten in Kontakt tretende Aktivmaterial von Anode und/oder Kathode einem Anteil von
25 0,01 bis 5 Gewichtsprozent (bezogen auf das Gesamtgewicht an Aktivmaterial), vorzugsweise 0,05 bis 3 Gewichtsprozent, weiter bevorzugt 0,1 bis 2 Gewichtsprozent an partikelförmigem porösem keramischem Werkstoff, welcher im wesentlichen dem porösen keramischen Werkstoff des Separators entspricht.

30 In einer bevorzugten Ausführungsform ist zumindest 50% des in der elektrochemischen Zelle frei vorliegenden Elektrolyten vom porösen

keramischen Material des Separators aufgenommen, vorzugsweise zumindest 70%, weiter vorzugsweise zumindest 90%, weiter vorzugsweise zumindest 95%.

Diese Zugabe von porösem keramischen Material zum Elektrolyten
5 beziehungsweise vorzugsweise zum mit dem Elektrolyten in Kontakt tretenden Aktivmaterial ist insbesondere deshalb bevorzugt, da hierdurch der Elektrolyt solchermaßen gebunden wird, dass er bei Missbrauch der Zelle nicht an den dann gegebenenfalls ablaufenden unerwünschten Reaktionen teilnimmt (oder
10 zumindest nicht in einem solchen Umfang teilnimmt, dass ein "Durchgehen" oder "Durchbrennen" der gesamten Zelle möglich ist).

Wie an den oben genannten technischen Merkmalen zu erkennen ist, wird der Schutz gegen Überdruck in der Zelle also nicht über eine Abwehrreaktion nach
15 Schadenseintritt durch Abbau eines Überdrucks erreicht, sondern ist vielmehr intrinsisch schon im Gesamtdesign der Zelle durch gezielte Materialauswahl und geometrische Anordnung in der Zelle angelegt.

Insbesondere durch den Einsatz eines keramischen Separators in der beanspruchten Geometrie, sowie durch die bevorzugte Ausführungsform, in
20 welcher auch poröse keramische Partikel entsprechend dem Separatormaterial im Elektrolyten eingesetzt werden bzw. diesen aufnehmen, wird verhindert beziehungsweise weitgehend vermieden, dass die Zelle bei Missbrauch "durchgeht", also chemische Reaktionen und/oder Wärmeentwicklung in einem nicht mehr kontrollierbaren Maße ablaufen. Dies liegt darin begründet, dass der
25 keramische poröse Separator sowie insbesondere der darin aufgenommene Elektrolyt (fast der gesamte Elektrolyt ist im Separator selber und/oder im – Separatormaterial, welches den Elektroden und/oder dem Elektrolyten (vorzugsweise in Partikelform) zugegeben wird/wurde, aufgenommen) nicht an
30 den schädlichen chemischen Reaktionen teilnehmen kann und somit auch kein Überdruck in einem signifikanten Maße aufgebaut werden kann. Auch wird die Zelle insgesamt so angelegt (geringe Dicke von Elektroden, Träger und Separatoren), dass die mechanische Stabilität dieses speziellen Separators zum

Tragen kommt und nicht vom Separator „geschützte“ Aktivbereiche minimiert werden.

Die erfindungsgemäße elektrochemische Lithiumionenzelle findet eine
5 bevorzugte Anwendung in Batterien, insbesondere in Batterien mit hoher Energiedichte und/oder hoher Leistungsdichte (sogenannte *"high power batteries"* beziehungsweise *"high energy batteries"*).

Weiter bevorzugt sollen besagte Lithium-Ionen-Zellen und Lithium-Ionen-
10 Batterien in Elektrowerkzeugen und zum Antrieb von Fahrzeugen eingesetzt werden, und zwar sowohl von vollständig oder überwiegend elektrisch angetriebenen Fahrzeugen oder von Fahrzeugen im sogenannten "Hybrid"-Betrieb, also gemeinsam mit einem Verbrennungsmotor. Auch eine Anwendung solcher Batterien gemeinsam mit Brennstoffzellen sowie im stationären Betrieb
15 ist eingeschlossen.

Detaillierte Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen:

Der Begriff "**kathodische Elektrode**" bezeichnet eine Elektrode, die beim
20 Anschluss an einen Verbraucher ("Entladung"), also beispielsweise beim Betrieb eines Elektromotors, Elektronen aufnimmt. Die kathodische Elektrode ist demzufolge in diesem Fall die "positive Elektrode", in welche die Ionen beim Entladen einlagern.

25 Ein "**Aktivmaterial**" von kathodischer oder anodischer Elektrode im Sinne der vorliegenden Erfindung ist ein Material, welches Lithium in ionischer oder metallischer oder jedweder Zwischenform einlagern kann, insbesondere in einer Gitterstruktur einlagern kann ("Interkalation"). Das Aktivmaterial nimmt somit "aktiv" an den beim Laden und Entladen auftretenden elektrochemischen
30 Reaktionen teil (im Gegensatz zu anderen möglichen Bestandteilen der Elektrode wie beispielsweise Bindemittel, Stabilisator oder Träger).

Vorliegend ist die Auswahl des kathodischen Elektrodenmaterials für die jeweils ins Auge gefasste Anwendung von Bedeutung. So sind beispielsweise Aktivmaterialien für Anwendungen in tragbaren elektrischen Geräten (Kommunikationselektronik) bekannt, insbesondere Lithium-Kobalt-Oxide (z.B. LiCoO_2) oder Lithium-(Nickel)-Kobalt-Aluminium-Oxide (NCA). Diese kommerziell bereits erfolgreich eingesetzten Aktivmaterialien sind allerdings aus Kostengründen (Kobalt ist ein vergleichsweise teures Übergangsmetall) nicht notwendigerweise in gleichem Maße für Anwendungen in Elektrofahrzeugen oder Fahrzeugen mit Hybridantrieben geeignet, da hier viel größere Mengen an Aktivmaterial benötigt werden und somit der Preis/die Verfügbarkeit dieser Aktivmaterialien eine größere Rolle spielt. Auch im Hinblick auf hohe Leistungen sind manchen dieser konventionellen Materialien Grenzen gesetzt.

Ein Aktivmaterial für kathodisch im Sinne der vorliegenden Erfindung vorteilhafte Elektroden, welches für elektrochemische Zellen und Batterien eingesetzt werden kann, sind **Lithium-Mischoxide mit Nickel, Mangan und Kobalt (Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxide, "NMC")**. Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxide sind aus Sicherheits- und aus Kostengründen gegenüber Lithium-Kobalt-Oxiden vorzuziehen und sind im Sinne der vorliegenden Erfindung bevorzugt.

Mischoxide umfassend Kobalt, Mangan und Nickel ("NMC"), insbesondere einphasige Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxide, sind als mögliche Aktivmaterialien für elektrochemische Zellen sind im Stand der Technik prinzipiell bekannt (siehe beispielsweise WO 2005/056480 sowie den hierzu grundlegenden wissenschaftlichen Artikel von Ohzuku aus dem Jahre 2001 [T. Ohzuku et al., Chem. Letters **30** 2001, Seiten 642 bis 643]).

Prinzipiell bestehen vorliegend bezüglich der Zusammensetzung (Stöchiometrie) des Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxides keine Einschränkungen, außer dass dieses Oxid neben Lithium zumindest jeweils 5 Mol %, bevorzugt jeweils zumindest 15 Mol %, weiter bevorzugt jeweils zumindest 30 Mol % an Nickel,

Mangan und Kobalt enthalten muss, jeweils bezogen auf die Gesamtanzahl an Übergangsmetall-Anteilen im Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid.

Das Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid kann mit beliebigen anderen
5 Metallen, insbesondere Übergangsmetallen dotiert sein, solange sichergestellt ist, dass die oben genannten molaren Mindestmengen an Ni, Mn und Co vorliegen.

Dabei ist ein Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid der folgenden Stöchiometrie besonders bevorzugt: $\text{Li}[\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}]\text{O}_2$, wobei der Anteil an Li, Co, Mn, Ni und O jeweils um +/- 5 % variieren kann. Eine geringfügig "überlithiierte" Stöchiometrie mit $\text{Li}_{1+x}[\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}]\text{O}_2$ mit x im Bereich von 0.01 bis 0.10 ist besonders bevorzugt, da durch eine solche "Überlithiierung" gegenüber der 1:1 Stöchiometrie bessere Zykleaseigenschaften und eine größere Stabilität der Zelle
15 (siehe erfindungsgemäße Aufgabe) erreicht wird.

Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxide liegen im Sinne der vorliegenden Erfindung nicht in einer Spinellstruktur vor. Bevorzugt liegen sie vielmehr in einer Schichtstruktur vor, beispielsweise einer "O3-Struktur". Weiter bevorzugt
20 unterliegen diese Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxide der vorliegenden Erfindung auch während des Entlade- und Ladebetriebs keiner nennenswerten (d.h. nicht im Umfang von mehr als 5 %) Phasenumwandlung in eine andere Struktur, insbesondere nicht in eine Spinellstruktur.

25 Ein alternatives – besonders kostengünstiges – Aktivmaterial für kathodische Elektroden, welches für elektrochemische Zellen und Batterien eingesetzt werden kann, die in Elektrowerkzeugen, elektrisch betriebenen Kraftfahrzeugen oder Fahrzeugen mit Hybridantrieb verwendet werden können, sind **Polyanionverbindungen des Lithiums.**

30

Die Lithium-Polyanion-Verbindung ist dabei vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe umfassend:

Gruppe	Untergruppe	Beispiele
Na-Superionenleiter	$M^{3+}(X^{6+}O_4)_3$	monoklines $Fe_2(SO_4)_3$, rhomboedrisches $Fe_2(SO_4)_3$, $Fe_2(MoO_4)_3$
	$LiM^{3+}_2(X^{6+}O_4)_2(X^{5+}O_4)$	$LiFe_2(SO_4)_2(PO_4)$
	$LiM^{3+}_2(X^{5+}O_4)_3$	monoklines $Li_3Fe_2(PO_4)_3$, rhomboedrisches $Li_3Fe_2(PO_4)_3$, monoklines $Li_3V_2(PO_4)_3$, rhomboedrisches $Li_3V_2(PO_4)_3$, $Li_3Fe_2(AsO_4)_3$
	$LiM^{4+}_2(X^{5+}O_4)_3$	$Li_3Ti_2(PO_4)_3$
	$Li_2M^{4+}M^{3+}(X^{5+}O_4)_3$	$Li_2TiFe(PO_4)_3$, $Li_2TiCr(PO_4)_3$,
	$Li_2M^{5+}M^{3+}(X^{5+}O_4)_3$	$LiNbFe(PO_4)_3$
	$M^{5+}M^{4+}(X^{5+}O_4)_3$	$NbTi(PO_4)_3$
Pyrophosphate		$Fe_4(P_2O_7)_3$, $LiFeP_2O_7$, TiP_2O_7 , $LiVP_2O_7$, MoP_2O_7 , $Mo_2P_2O_7$,
Olivine		$LiFePO_4$, Li_2FeSiO_4
Amorphes $FePO_4$		$FePO_4 \cdot nH_2O$, $FePO_4$
$MOXO_4$	$M^{5+}OX^{5+}O_4$	α - $MoOPO_4$, β - $VOPO_4$, γ - $VOPO_4$, 30δ - $VOPO_4$, ϵ - $VOPO_4$, β $VOAsO_4$
	$LiM^{4+}OX^{5+}O_4$	α - $LiVOPO_4$
	$M^{4+}OX^{6+}O_4$	β - $VOSO_4 \cdot 30$
	$Li_2M^{4+}OX^{4+}O_4$	Li_2VOSiO_4
Brannerite		$LiVMO_6$
Borate		Fe_3BO_6 , $FeBO_3$, VBO_3 , $TiBO_3$

- 5 Dabei ist "X" ein Heteroatom wie P, N, S, B, C oder Si und "XO" ein (Hetero-)Polyanion; "M" ist ein Übergangsmetall-ion. Angrenzende "XO"-Einheiten sind vorzugsweise eckenverbunden.

- 10 Verbindungen mit der Formel $LiMPO_4$ sind dabei besonders bevorzugt, wobei "M" wenigstens ein Übergangsmetallkation der ersten Reihe des Periodensystems der Elemente ist. Das Übergangsmetallkation ist vorzugsweise aus der

Gruppe bestehend aus Mn, Fe, Ni oder Ti oder einer Kombination dieser Elemente gewählt. Die Verbindung weist vorzugsweise eine Olivinstruktur auf.

Die genannten polyanionischen Verbindungen sind insbesondere deshalb
5 bevorzugt, da sie sich durch günstige Kosten und gute Verfügbarkeit auszeichnen, insbesondere auch gegenüber solchen Aktivmaterialien, die Kobalt enthalten. Diese Kriterien (Kosten/Verfügbarkeit) mögen für Batterieanwendungen in der Unterhaltungselektronik beziehungsweise Kommunikation (Mobiltelefone, laptops) nicht einschlägig sein, wohl aber für
10 elektrisch betriebene Fahrzeuge mit ihrem ungleich höheren Bedarf an Aktivmaterialien.

In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird zumindest ein Polyanion als wesentliches Aktivmaterial für die kathodische Elektrode eingesetzt,
15 d.h. zumindest 50 %, vorzugsweise zumindest 80 %, weiter vorzugsweise zumindest 90 % des Aktivmaterials der Kathode umfassen das zumindest eine polyanionische Material (jeweils Mol %).

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Aktivmaterial der kathodischen Elektrode zumindest eine Lithium-Polyanion-Verbindung gemeinsam mit
20 zumindest (i) einem Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid (NMC), welches *nicht* in einer Spinellstruktur vorliegt, und/oder mit (ii) einem Lithium-Mangan-Oxid (LMO) *in* Spinellstruktur.

25 Eine Mischung von (i) mit (ii) verbessert die Stabilität der zugehörigen elektrochemischen Zelle während dies gleichzeitig einen dünnerem Auftrag des Aktivmaterials auf dem Substrat erlaubt. Geringe Schichtdicken verringern die Impedanz ("Innenwiderstand") der Zelle, was sich in allen Anwendungen der Zelle positiv niederschlägt, insbesondere aber in "high power" (Hochleistungs-)
30 Anwendungen. Dabei liegen in einer solchen Mischung bevorzugt zumindest 20 Mol %, vorzugsweise zumindest 40 Mol %, weiter bevorzugt zumindest 60 Mol % an Aktivmaterial in Form von zumindest einem Polyanion vor.

Bezüglich der Verhältnisse von Lithium Nickel-Mangan-Kobalt Mischoxid zu Lithium Mangan Oxide gelten die unten angegebenen bevorzugten Bereiche.

5 Gemäß einer anderen Ausführungsform umfasst das Aktivmaterial für die katho-
dische Elektrode zumindest eine **Mischung aus einem Lithium-Nickel-
Mangan-Kobalt-Mischoxid (NMC), welches nicht in einer Spinellstruktur
vorliegt, mit einem Lithium-Mangan-Oxid (LMO) in Spinellstruktur**. Dabei ist
diese Mischung bevorzugt das wesentliche Aktivmaterial für die kathodische
Elektrode, d.h. zumindest 80 %, vorzugsweise zumindest 90 % des
10 Aktivmaterials der Kathode umfassen die zumindest eine Mischung aus einem
Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid (NMC), welches nicht in einer
Spinellstruktur vorliegt, mit einem Lithium-Mangan-Oxid (LMO) in Spinellstruktur.

Bevorzugt für alle Ausführungsformen, in welchen eine solche Lithium Nickel-
15 Mangan-Kobalt Mischoxid/Lithium Mangan Oxide Mischung vorliegt (also alleine
oder zusammen mit polyanionischen Verbindungen) ist es bevorzugt, dass das
Aktivmaterial zumindest 30 Mol %, vorzugsweise zumindest 50 Mol % NMC
umfasst, sowie zugleich zumindest 10 Mol %, vorzugsweise zumindest 30 Mol %
LMO, jeweils bezogen auf die Gesamtmolzahl des Aktivmaterials der
20 kathodischen Elektrode (also nicht bezogen auf die kathodische Elektrode
insgesamt, welche zusätzlich zum Aktivmaterial noch Leitfähigkeitszusätze,
Bindemittel, Stabilisatoren etc. umfassen kann).

Besonders bevorzugt ist es, dass der Anteil des Lithium-Mangan-Oxids im
25 Aktivmaterial 5 bis 25 Mol % ist.

Bevorzugt ist es, dass NMC und LMO *zusammen* zumindest 60 Mol % des
Aktivmaterials ausmachen, weiter bevorzugt zumindest 70 Mol %, weiter bevor-
zugt zumindest 80 Mol %, weiter bevorzugt zumindest 90 Mol %, jeweils be-
30 zogen auf die Gesamtmolzahl des Aktivmaterials der kathodischen Elektrode
(also nicht bezogen auf die kathodische Elektrode insgesamt, welche zusätzlich

zum Aktivmaterial noch Leitfähigkeitszusätze, Bindemittel, Stabilisatoren etc. umfassen kann).

Für alle vorstehend genannten Ausführungsformen betreffend das Aktivmaterial
5 (also NMC, Polyanionen/Polyanionen plus NMC mit Lithium-Mangan-Oxid /
NMC mit Lithium-Mangan-Oxid alleine), ist es bevorzugt, dass das auf dem
Träger aufgebrachte Material im Wesentlichen Aktivmaterial ist, d.h. dass 80 bis
95 Gewichtsprozent des auf dem Träger der kathodischen Elektrode
aufgebrachten Materials das besagte Aktivmaterial ist, weiter bevorzugt 86 bis
10 93 Gewichtsprozent, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht des Materials
(also bezogen auf die kathodische Elektrode ohne Träger insgesamt, welche
zusätzlich zum Aktivmaterial noch Leitfähigkeitszusätze, Bindemittel,
Stabilisatoren etc. umfassen kann).

15 In Bezug auf das Verhältnis in Gewichtsanteilen von NMC als Aktivmaterial zu
LMO als Aktivmaterial ist es bevorzugt, dass dieses Verhältnis von 9 (NMC) :
1 (LMO) bis zu 3 (NMC) : 7 (LMO) reicht, wobei 7 (NMC) : 3 (LMO) bis zu
3 (NMC) : 7 (LMO) bevorzugt ist und wobei 6 (NMC) : 4 (LMO) bis zu 4 (NMC) :
6 (LMO) weiter bevorzugt ist.

20 Eine Mischung von Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid (NMC) mit zu-
mindest einem Lithium-Mangan-Oxid (LMO) führt zu einer erhöhten Stabilität,
insbesondere verbesserten Lebensdauer der kathodischen Elektrode. Ohne
diesbezüglich an eine Theorie gebunden zu sein, wird vermutet, dass diese
25 Verbesserungen auf den erhöhten Mangan-Anteil gegenüber reinem NMC
zurückzuführen ist. Dabei werden in der Mischung die hohe Energiedichte und
die weiteren Vorteile des Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxids (NMC)
gegenüber Lithium-Mangan-Oxiden (LMO) weitestgehend beibehalten. So
wurde in Versuchen gezeigt, dass die oben genannten Mischungen von Lithium-
30 Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxiden mit Lithium-Mangan-Oxid (mit oder ohne
Beimengung des bevorzugten weiteren Bestandteils der zumindest einen
Lithium-Polyanion-Verbindung) so gut wie keinen Kapazitätsverlust nach

250 Lade- und Entladezyklen oder im Temperaturalterungstest zeigen. Die 80 %-Kapazitätsgrenze bezogen auf die ursprüngliche Kapazität wird erst nach 25.000 Vollzyklen erreicht.

- 5 Im Temperaturalterungstest und bei voller Beladung wurde für die erfindungsgemäß bevorzugten Mischungen eine gegenüber "reinem" NMC überdurchschnittlich große Haltbarkeit erreicht, die auf eine Lebensdauer von über 12 Jahren hindeutet. Dabei wurde auch die Temperaturstabilität der Zelle insgesamt verbessert.

10

Eine Kombination dieser Materialien mit den oben genannten Anteilen an Poly-anion-Aktivmaterialien ist besonders bevorzugt, da hierdurch auch die Kosten minimiert werden, ohne bezüglich der Performance der Batterie signifikante Einschränkungen machen zu müssen.

15

Lithium-Mangan-Oxide ("LMO") liegen üblicherweise in einer Spinellstruktur vor. Lithium-Mangan-Oxide in Spinellstruktur und im Sinne der vorliegenden Erfindung umfassen als Übergangsmetall zumindest 50 Mol %, vorzugsweise zumindest 70 Mol %, weiter vorzugsweise zumindest 90 Mol % an Mangan, jeweils bezogen auf die Gesamtmolzahl an im Oxid insgesamt vorliegenden Übergangsmetallen. Eine bevorzugte Stöchiometrie des Lithium-Mangan-Oxids ist $\text{Li}_{1+x}\text{Mn}_{2-y}\text{M}_y\text{O}_4$ wobei M zumindest ein Metall, insbesondere zumindest ein Übergangsmetall ist, und $-0,5$ (bevorzugt $-0,1$) $\leq x \leq 0,5$ (bevorzugt $0,2$), $0 \leq y \leq 0,5$.

25

Die vorliegend geforderte "**Spinell-Struktur**" ist dem Fachmann als eine weit verbreitete, nach ihrem Hauptvertreter, dem Mineral "Spinell" (Magnesiumaluminat, MgAl_2O_4), benannte Kristallstruktur für Verbindungen des Typs AB_2X_4 wohlbekannt. Die Struktur besteht aus einer kubisch dichtesten Kugelpackung der Chalkogenid (hier Sauerstoff)-Ionen deren Tetraeder- und Oktaederlücken (teilweise) durch die Metallionen besetzt sind. Spinelle als Kathodenmaterialien

30

für Lithium-Ionen-Zellen sind beispielhaft in Kapitel 12 von "*Lithium Batteries*", herausgegeben von Nazri/Pistoia (ISBN: 978-1-4020-7628-2), beschrieben.

Reines Lithium-Mangan-Oxid kann beispielhaft die Stöchiometrie LiMn_2O_4 aufweisen. Die im Rahmen der vorliegenden Erfindung verwendeten Lithium-Mangan-Oxide sind allerdings vorzugsweise **modifiziert und/oder stabilisiert**, da reines LiMn_2O_4 den Nachteil hat, dass Mn-Ionen unter bestimmten Umständen aus der Spinellstruktur gelöst werden. Prinzipiell bestehen keinerlei Einschränkungen, wie diese Stabilisierung der Lithium-Mangan-Oxide bewirkt werden kann, solange das Lithium-Mangan-Oxid unter den Betriebsbedingungen einer Li-Ionen-Zelle über die gewünschte Lebensdauer stabil gehalten werden kann. Bezüglich bekannter Stabilisierungsmethoden wird beispielhaft auf WO 2009/011157, US 6 558 844, US 6 183 718 oder EP 816 292 verwiesen. Diese beschreiben den Einsatz von stabilisierten Lithium-Mangan-Oxiden in Spinellstruktur als alleiniges Aktivmaterial für kathodische Elektroden in Lithium-Ionen-Batterien. Besonders bevorzugte Stabilisierungsmethoden umfassen Dotierung sowie Beschichtung.

Bezüglich der Art und Weise, wie vorliegend die Aktivmaterialien (beispielsweise Lithium-Polyanion-Verbindung, NMC und LMO) **gemischt** werden, bestehen keinerlei Beschränkungen. Bevorzugt sind physikalische Mischungen (z.B. durch Vermengen von Pulvern oder Partikeln, insbesondere unter Energieeintrag) oder chemische Mischungen (z.B. durch gemeinsame Abscheidung aus der Gasphase oder einer wässrigen Phase, beispielsweise Dispersion), wobei bevorzugt ist, dass die Aktivmaterialien als Ergebnis des Mischvorganges in einer homogenen Vermischung vorliegen, also die Komponenten ohne physikalische Hilfsmittel nicht mehr als getrennte Phasen wahrnehmbar sind.

Auftragen/Aufbringen der aktiven Masse auf die Träger

30

Das Aktivmaterial wird im Sinne der vorliegenden Erfindung auf einen Träger "aufgebracht". Bezüglich dieses "**Aufbringens**" des Aktivmaterials auf den

Träger bestehen keinerlei Beschränkungen. Das Aktivmaterial kann als Paste oder als Pulver aufgebracht, oder aus der Gasphase oder einer flüssigen Phase, beispielsweise als Dispersion, abgeschieden werden.

- 5 Bevorzugt ist dabei ein Extrusionsverfahren. Vorzugsweise wird die das Aktivmaterial als Paste oder Dispersion direkt auf die kathodische Elektrode aufgetragen. Durch Coextrusion mit den anderen Bestandteilen der elektrochemischen Zelle, insbesondere anodische Elektrode und Separator, entsteht dann ein gelegter oder ein Laminatverbund (siehe Diskussion zu Extrudaten und
- 10 Laminaten unten). Die Begriffe "Paste" und "Dispersion" werden vorliegend synonym verwendet.

Ein "gelegter" Elektrodenstapel wird dabei nicht dauerhaft verklebt sondern die Schichten (Kathode-Separator-Anode- etc.) werden lediglich aufeinandergelegt

15 und gegebenenfalls verpresst. In einem "Laminat" wird zusätzlich ein Adhäsiv und/oder eine Wärmebehandlung durchgeführt, so dass der Stapel dauerhaft laminiert ("verklebt") und somit unabhängig von einem möglichen Verpressen (beispielsweise erreicht durch Anlegen eines Vakuums an eine vakuumdichte Umhüllung um den Elektrodenstapel) zusammengehalten wird.

20

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist es auch möglich, dass die Elektroden und der Separator gewickelt werden, vorzugsweise in einem Flachwickel.

Bevorzugt wird das Aktivmaterial nicht als solches auf den Träger aufgebracht,

25 sondern gemeinsam mit anderen, nicht-aktiven (d.h. nicht Lithium einlagernden) weiteren Bestandteilen.

Dabei ist bevorzugt, dass neben dem zumindest einen Aktivmaterial zumindest ein **Bindemittel** oder Bindersystem vorliegt, also Bestandteil der kathodischen

30 Elektrode (ohne Träger) ist. Dieses Bindemittel kann SBR, PVDF, ein PVDF-Homo- oder -Copolymer (wie beispielsweise Kynar 2801 oder Kynar 761) sein oder umfassen.

Optional umfasst die kathodische Elektrode einen **Stabilisator**, beispielsweise Aerosil oder Sipernat. Bevorzugt ist es, wenn diese Stabilisatoren in einem Gewichtsverhältnis von bis zu 5 Gewichtsprozent, vorzugsweise bis zu
5 3 Gewichtsprozent, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der auf den Träger aufgebracht Masse der kathodischen Elektrode, vorliegen.

Insbesondere ist es bevorzugt, dass die aktive Masse für die kathodische und/oder die anodische Elektrode den unten beschriebenen **Separator**, also
10 einen Separator umfassend zumindest einen porösen keramischen Werkstoff, insbesondere das unten beschriebene "Separion", als pulverförmige Beimischung enthält, vorzugsweise in einem Gewichtsverhältnis von
1 Gewichtsprozent bis 5 Gewichtsprozent, weiter vorzugsweise
1 Gewichtsprozent bis 2,5 Gewichtsprozent, jeweils bezogen auf das Gesamt-
15 gewicht der auf den Träger aufgebracht Masse der kathodischen Elektrode. Insbesondere im Hinblick auf eine elektrochemische Zelle mit einer Separator-Schicht umfassend zumindest einen porösen keramischen Werkstoff, wie unten beschreiben, führt dies zu besonders stabilen und sicheren Zellen.

20 Weiterhin ist bevorzugt, dass neben dem zumindest einen Aktivmaterial (sowie gegebenenfalls zusätzlich zu dem zumindest einen Bindemittel oder Bindersystem und/oder dem zumindest einen Stabilisator) zumindest ein **Leitfähigkeitszusatz** vorliegt, also Bestandteil der kathodischen Elektrode (ohne Träger) ist. Solche Leitfähigkeitszusätze umfassen beispielsweise Leitruß (Enasco) oder
25 Graphit (KS 6), vorzugsweise in einem Gewichtsverhältnis von 1 Gewichtsprozent bis 6 Gewichtsprozent, weiter vorzugsweise 1 Gewichtsprozent bis 3 Gewichtsprozent, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der auf den Träger aufgebracht Masse der kathodischen Elektrode. Dabei können auch
Strukturmaterialien, insbesondere Strukturmaterialien im Nanometer-Bereich
30 oder leitfähige Kohlenstoff-"nanotubes" eingebracht werden, beispielsweise Bayer "Baytubes[®]".

Die vorstehend definierten Aktivmaterialien für die Elektroden, insbesondere für die kathodische Elektrode, liegen auf einem **Träger** vor. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung bestehen bezüglich des Trägers oder des Trägermaterials keine Einschränkungen, außer dass dieser beziehungsweise dieses geeignet sein muss, das zumindest eine Aktivmaterial, insbesondere das zumindest eine Aktivmaterial der kathodischen Elektrode, aufzunehmen sowie dass der Träger eine Dicke von 5 μm bis 100 μm , vorzugsweise 10 μm bis 75 μm , weiter vorzugsweise 15 μm bis 45 μm , also vergleichsweise dünn bemessen sein muss. Der Träger ist dabei vorzugsweise als Kollektorfolie ausgebildet.

10

Weiterhin soll besagter Träger während des Betriebes der Zelle bzw. Batterie, also insbesondere im Entlade- und Ladebetrieb, gegenüber dem Aktivmaterial im Wesentlichen beziehungsweise weitestgehend inert sein. Der Träger kann homogen sein, oder eine Schichtenstruktur (Schichtenverbund) umfassen oder ein Verbundmaterial sein oder umfassen.

15

Der Träger trägt vorzugsweise auch zur Ab- bzw. Zuleitung von Elektronen bei. Das Trägermaterial ist demzufolge vorzugsweise zumindest teilweise elektrisch leitfähig, bevorzugt elektrisch leitfähig. Das Trägermaterial umfasst in dieser Ausführungsform vorzugsweise Aluminium oder Kupfer oder besteht aus Aluminium oder Kupfer. Der Träger ist dabei vorzugsweise mit zumindest einem elektrischen Ableiter verbunden.

20

Im Sinne der vorliegenden Erfindung dient der Träger vorzugsweise auch zur Wärmeabfuhr aus dem Inneren der Zelle.

25

Der Träger kann beschichtet oder nicht beschichtet sein und kann ein Verbundmaterial sein.

Der Begriff "**anodische Elektrode**" bedeutet die Elektrode, die beim Anschluss an einen Verbraucher ("Entladen"), also beispielsweise einen Elektromotor,

30

Elektronen abgibt. Die anodische Elektrode ist demzufolge in diesem Fall die "negative Elektrode", in welche die Ionen beim Laden eingelagert werden.

5 Bezüglich der anodischen Elektrode bestehen vorliegend prinzipiell keine Einschränkungen, außer dass diese das Ein- und Auslagern von Li-Ionen prinzipiell ermöglichen muss. Die anodische Elektrode umfasst vorzugsweise Kohlenstoff und/oder Lithiumtitanat, weiter vorzugsweise beschichteten Graphit oder besteht aus Li-Metall.

10 In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird in der elektrochemischen Zelle eine anodische Elektrode eingesetzt, die beschichteten Graphit umfasst. Dabei ist es besonders bevorzugt, dass die anodische Elektrode konventionellen Graphit oder sogenannten "weichen" Kohlenstoff ("soft carbon") umfasst, welcher mit härterem Kohlenstoff, insbesondere mit "hard carbon", beschichtet
15 ist. Dabei hat der härtere Kohlenstoff / hard carbon eine Härte von $\geq 1.000 \text{ N/mm}^2$, vorzugsweise von $\geq 5.000 \text{ N/mm}^2$.

Der "konventionelle" Graphit kann Naturgraphit wie UFG8 von Kropfmühl sein oder kann einen C-Faseranteil oder Carbon Nano Tubes (CNT) von bis zu 38 %
20 oder CNT anteilig aufweisen.

Bevorzugt ist dann der Anteil "hard carbon" relativ zu "hard carbon" + "soft carbon" maximal 15 %.

25 Eine anodische Elektrode umfassend konventionellen Graphit ("soft carbon", Naturgraphit), welcher mit "hard carbon" beschichtet ist, erhöht im Zusammenwirken mit der erfindungsgemäßen kathodischen Elektrode die Stabilität der elektrochemischen Zelle in besonderem Maße.

30 Vorzugsweise liegen die Elektroden, wie auch der Separator, in Schichten als **Folien oder Lagen** vor. Dies bedeutet, dass die Elektroden wie auch der Separator in Form einer Schicht oder in Form von Schichten aus den entsprechenden

Materialien oder Substanzen aufgebaut sind. In der elektrochemische Zelle können diese Schichten oder Lagen übereinander gelegt, laminiert oder gewickelt werden.

- 5 Im Sinne der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, wenn die Schichten oder Lagen übereinander gelegt werden, ohne diese zu laminieren.

In den vorliegenden elektrochemische Zellen beziehungsweise Batterien sollen die darin verwendeten **Separatoren**, die eine kathodische Elektrode von einer
10 anodischen Elektrode trennen, so ausgestaltet sein, dass sie einen leichten Durchtritt von Ladungsträgern ermöglichen.

Der Separator ist ionenleitend und weist vorzugsweise eine poröse Struktur auf. Im Falle der vorliegenden elektrochemischen Zelle, die mit Lithium-Ionen arbei-
15 tet, erlaubt der Separator den Durchtritt von Lithium-Ionen durch den Separator.

Bevorzugt ist, dass der Separator zumindest ein anorganisches Material, bevor-
zugt zumindest einen keramischen Werkstoff, umfasst. Dabei ist bevorzugt, dass
20 der Separator zumindest einen porösen keramischen Werkstoff umfasst, vorzugsweise in einer auf einem organischen Trägermaterial aufgebracht Schicht.

Ein Separator diesen Typs ist prinzipiell aus der WO 99/62620 bekannt bzw.
kann nach den dort offenbarten Methoden hergestellt werden. Ein derartiger
25 Separator ist unter dem Handelsnamen Separion[®] der Firma *Evonik* kommerziell erhältlich.

Vorzugsweise ist der **keramische Werkstoff** für den Separator ausgewählt aus
der Gruppe der Oxide, Phosphate, Sulfate, Titanate, Silikate, Aluminosilikate,
30 Borate zumindest eines Metall-ions.

Weiter vorzugsweise werden hierbei Oxide des Magnesiums, Calciums, Aluminiums, Siliziums, Zirkons und Titans eingesetzt, sowie Silikate (insbesondere Zeolithe), Borate und Phosphate. Derartige Substanzen für Separatoren sowie Verfahren zur Herstellung der Separatoren werden in EP 1 783 852 offenbart.

5

Dieser keramische Werkstoff weist eine für die Funktion der elektrochemischen Zelle ausreichende Porosität auf, ist jedoch im Vergleich zu konventionellen Separatoren, die keinen keramischen Werkstoff umfassen, wesentlich temperaturbeständiger und schrumpft bei höheren Temperaturen weniger. Ein keramischer Separator weist zudem vorteilhaft eine hohe mechanische Festigkeit auf.

10

Insbesondere im Zusammenspiel mit dem erfindungsgemäßen Aktivmaterial für die kathodische Elektrode, welches eine erhöhte thermische Stabilität und Alterungsbeständigkeit bedingt, kann der keramische Separator in seiner Schichtdicke so verringert werden, dass bei überlegener Sicherheit und mechanischer Festigkeit die Zellgröße verringert und die Energiedichte erhöht werden kann. Dies erlaubt es unter anderem, die erfindungsgemäß angestrebten geringen Dicken der Träger/Elektroden zu erreichen, ohne die Sicherheit der Zelle zu beeinträchtigen.

15

20

In der elektrochemischen Zelle der vorliegenden Erfindung sind für den **Separator Dicken** von 2 μm bis 50 μm bevorzugt, insbesondere 5 μm bis 25 μm , weiter bevorzugt 10 μm bis 20 μm . Die erhöhte thermische Stabilität und Alterungsbeständigkeit der kathodischen Elektrode - wie oben ausgeführt - erlaubt es vorliegend, die Separatorschicht mit ihrem intrinsischen Widerstand im Vergleich zu den Separatoren des Standes der Technik dünner und somit von geringerer Zellimpedanz auszugestalten.

25

Weiter bevorzugt ist, dass die anorganische Substanz bzw. der keramische Werkstoff in Form von Partikeln mit einem größten Durchmesser von unter 100 nm vorliegt.

30

Die anorganische Substanz, vorzugsweise die keramischen Partikel, liegt/liegen dabei vorzugsweise auf einem organischen Trägermaterial vor.

Der Separator ist vorzugsweise mit Polyetherimid (PEI) beschichtet.

5

Bevorzugt wird als **Trägermaterial für den Separator** ein organisches Material verwendet, welches vorzugsweise als nicht verwebtes Vlies ausgestaltet ist, wobei das organische Material vorzugsweise ein Polyethylenglykolterephthalat (PET), ein Polyolefin (PO) oder ein Polyetherimid (PEI), oder Mischungen
10 hiervon, umfasst. Das Trägermaterial ist vorteilhaft als Folie oder dünne Schicht ausgebildet. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist oder umfasst besagtes organisches Material ein Polyethylenglykolterephthalat (PET).

In einer bevorzugten Ausführungsform ist dieser Separator, der vorzugsweise
15 als Verbund von zumindest einem organischen Trägermaterial mit zumindest einer anorganischen (keramischen) Substanz vorliegt, als schichtförmiger Verbund in Folienform ausgebildet, der vorzugsweise einseitig oder beidseitig mit einem Polyetherimid beschichtet ist.

20 In einer bevorzugten Ausführungsform eines Separators besteht der Separator aus einer Schicht von Magnesiumoxid, die weiter vorzugsweise ein- oder beidseitig mit Polyetherimid beschichtet ist.

In einer weiteren Ausführungsform können 50 bis 80 Gewichtsprozent des
25 Magnesiumoxids durch Calciumoxid, Bariumoxid, Bariumcarbonat, Lithium-, Natrium-, Kalium-, Magnesium-, Calcium-, Bariumphosphat oder durch Lithium-, Natrium-, Kaliumborat, oder Mischungen dieser Verbindungen, ersetzt sein.

Das Polyetherimid, mit dem die anorganische Substanz in der bevorzugten
30 Ausführungsform einseitig oder beidseitig beschichtet ist, liegt vorzugsweise in Form des oben beschriebenen (nicht-verwebten) Faservlieses im Separator vor. Der Begriff "Faservlies" bedeutet hierbei, dass die 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 ein Spinnvliesverfahren oder ein Schmelzblasverfahren wie in DE 195 01 271 A1 referiert.

5

Polyetherimide sind bekannte Polymere und/oder können nach bekannten Verfahren hergestellt werden. Beispielsweise werden derartige Verfahren in der EP 0 926 201 offenbart. Polyetherimide sind beispielsweise unter dem Handelsnamen Ultem[®] kommerziell erhältlich. Besagtes Polyetherimid kann erfindungsgemäß im Separator in einer Schicht oder in mehreren Schichten vorliegen, jeweils einseitig und/oder beidseitig auf der Schicht des anorganischen Materials.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Polyetherimid ein weiteres Polymer. Dieses zumindest eine weitere Polymer wird vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Polyester, Polyolefin, Polyacrylnitril, Polycarbonat, Polysulfon, Polyethersulfon, Polyvinylidenfluorid, Polystyrol.

Vorzugsweise ist das weitere Polymer ein Polyolefin. Bevorzugte Polyolefine sind Polyethylen und Polypropylen.

20

Das Polyetherimid, vorzugsweise in Form des Faservlieses, ist dabei vorzugsweise mit einer oder mehreren Schichten des weiteren Polymers, vorzugsweise des Polyolefins, das vorzugsweise gleichfalls als Faservlies vorliegt, beschichtet.

Die Beschichtung des Polyetherimids mit dem weiteren Polymeren, vorzugsweise des Polyolefins, kann durch Verklebung, Laminierung, durch eine chemische Reaktion, durch Verschweißung oder durch eine mechanische Verbindung erzielt werden. Derartige Polymerverbunde sowie Verfahren zu ihrer Herstellung sind aus der EP 1 852 926 bekannt.

30

Vorzugsweise werden die Vliese aus Nanofasern oder aus technischen Gläsern der verwendeten Polymeren gefertigt, wodurch Vliese gebildet werden, die eine hohe Porosität unter Ausbildung geringer Porendurchmesser aufweisen.

- 5 Vorzugsweise sind die Faserdurchmesser des Polyetherimid-Vlieses größer als die Faserdurchmesser des weiteren Polymer-Vlieses, vorzugsweise des Polyolefin-Vlieses.

10 Vorzugsweise weist das aus Polyetherimid gefertigte Faservlies dann einen höheren Porendurchmesser auf als das Faservlies, das aus den weiteren Polymeren gefertigt ist.

Die Verwendung eines Polyolefins zusätzlich zum Polyetherimid gewährleistet eine erhöhte Sicherheit der elektrochemischen Zelle, da bei unerwünschter oder zu starker Erwärmung der Zelle sich die Poren des Polyolefins zusammenziehen und der Ladungstransport durch den Separator hindurch reduziert bzw. beendet wird. Sollte sich die Temperatur der elektrochemischen Zelle soweit erhöhen, dass das Polyolefin zu schmelzen beginnt, wirkt das gegen Temperatureinwirkung sehr stabile Polyetherimid dem Zusammenschmelzen des Separators und damit einer unkontrollierten Zerstörung der elektrochemischen Zelle wirksam entgegen.

15
20

Vorteilhaft ist der keramische Separator aus einem biegsamen keramischen Kompositmaterial gebildet. Ein Kompositmaterial (Verbundmaterial) ist aus verschiedenen, miteinander fest verbundenen Materialien hergestellt. Ein solches Material kann auch als Verbundmaterial bezeichnet werden. Insbesondere ist vorgesehen, dass dieses Kompositmaterial aus keramischen Materialien und aus polymeren Materialien gebildet ist. Es ist bekannt, ein Vlies aus PET mit einer keramischen Imprägnierung bzw. Auflage zu versehen. Solche Kompositmaterialien können Temperaturen von über 200°C (teilweise bis 700°C) standhalten.

25
30

Vorteilhaft erstreckt sich eine Separatorschicht bzw. ein Separator wenigstens bereichsweise über eine Begrenzungskante wenigstens einer insbesondere benachbarten Elektrode. Besonders bevorzugt erstreckt sich eine Separatorschicht bzw. ein Separator über sämtliche Begrenzungskanten insbesondere benachbarter Elektroden hinaus. So werden auch elektrische Ströme zwischen den Kanten von Elektroden eines Elektrodenstapels verringert beziehungsweise verhindert.

Zur **Herstellung der elektrochemischen Zelle** der Erfindung können Verfahren verwendet werden, die prinzipiell bekannt sind, etwa beispielsweise die Verfahren, die beschrieben sind in "*Handbook of Batteries*", Third Edition, McGraw-Hill, Editors: D. Linden, T. B. Reddy, 35.7.1.

In einer Ausführungsform wird die Separatorschicht direkt auf der negativen oder der positiven Elektrode oder der negativen und der positiven Elektrode ausgebildet.

Vorzugsweise wird die anorganische Substanz des Separators als Paste oder Dispersion direkt auf die negative Elektrode und/oder die positive Elektrode aufgetragen. Durch Coextrusion entsteht dann ein Laminatverbund. Für die vorliegende Erfindung wird dabei eine Pastenextrusion besonders bevorzugt.

Der Laminatverbund umfasst dann eine Elektrode und den Separator bzw. die beiden Elektroden und den dazwischen liegenden Separator.

Nach der Extrusion kann der entstandene Verbund nach den üblichen Verfahren getrocknet bzw. gesintert werden, falls erforderlich.

Es ist auch möglich, die anodische Elektrode und die kathodische Elektrode sowie die Schicht der anorganischen Substanz, also den Separator, getrennt voneinander herzustellen. Die anorganische Substanz beziehungsweise der keramische Werkstoff liegt/liegen dann vorzugsweise in Form einer Folie vor. Die

getrennt voneinander hergestellten Elektroden und der Separator werden dann kontinuierlich und getrennt einer Prozessoreinheit zugeführt, wobei die zusammengeführte negative Elektrode mit dem Separator und der positiven Elektrode zu einem Zellenverbund gelegt (bevorzugt) oder laminiert oder
5 gewickelt werden. Die Prozessoreinheit umfasst oder besteht vorzugsweise aus Kaschierwalzen. Ein derartiges Verfahren ist aus der WO 01/82403 bekannt.

Beispiele

In einer bevorzugten Ausführungsform liegen die auf den Träger aufzubringenden Aktivmaterialien als homogene Pulver oder Pasten oder
5 Dispersionen vor. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Gemisch im Wege der Pastenextrusion, optional ohne vorhergehende Misch- und Trocknungsphase, kontinuierlich hergestellt und aufgezogen sowie zur Elektrode verdichtet.

10 Bei der Extrusion kann als Fließhilfsmittel einer der Bestandteile des Elektrolyten benutzt werden, aber auch ein Gemisch, beispielsweise Ethylcarbonat (EC) / Ethylmethylcarbonat (EMC) in einem Verhältnis um 3 : 1 (+/- 20%). Bevorzugt ist dabei die Verarbeitung in Knetern, die inert und vorzugsweise wasserfrei geführt oder beaufschlagt werden.

15 Erfindungsgemäß vorteilhaft ist die Herstellung der beschichteten Elektroden oder des Zellaminats durch Pastenextrusion. In einen Pastenextruder (beispielsweise "Common Tec"), der vorzugsweise nach dem Prinzip der Kolbenstrangpresse arbeitet, werden die Aktivmaterialien eindosiert, eingesetzt
20 und dann durch eine Düse ausgepresst. Das noch Gleitmittel enthaltende Extrudat wird in einer Trockenzone von Gleitmittel befreit und anschließend gesintert und/oder kalandriert. Hierdurch wird erreicht, dass der Abrieb minimiert wird, was zu einer erhöhten Lebensdauer der Aggregate und der Zellen beiträgt. Es wird Energie eingespart, da bei Raumtemperatur extrudiert werden kann und
25 eine aufwändige, kontrolliert homogene Beheizung entfällt. Auch die Geruchsbelastung durch Weichmacherdämpfe am Extruder wird minimiert.

Bevorzugt werden im Schritt der Pastenextrusion per Mikroinjektion weitere Stoffe wie Radikalfänger oder ionische Flüssigkeiten einextrudiert, die eine
30 verlängerte Lebensdauer der Zellen bewirken, beispielsweise durch Injektion über eine Fläche/Masse extrudierter Bestandteile in Höhe der beschriebenen Zuschlagsstoffe oder Stabilisatoren, bzw. von Additiven wie Vinylencarbonat

oder Brandhemmern, wie "firesorb", oder auch Nanometer-Strukturmaterial in Mikrokapseln, deren Einkapselung aus polymeren Stoffen bestehen kann, die insbesondere nur bei überhöhter Temperatur heraus diffundieren und die Elektrode benetzen oder ionisch abdichten. Hierdurch werden

5 Mikrokurzschlüsse und/oder lokale "hot spots" innerhalb der Zellen verhindert und die Sicherheit der Zelle insgesamt weiter erhöht.

In einem weiteren erfindungsgemäßen Ansatz mit dem Ziel, eine Zelle für den "10C"-Lade- und "20C"-Entladebetrieb zu schaffen, wurden Bänder für das

10 Trägermaterial in Kupfer oder Aluminium von 30 bzw. 20 μm ausgewählt, die gleichzeitig die Zelle und das Elektrodenmaterial besser kühlen, welche dadurch entsprechend stromtragfähig sind. Auf die Träger/Substrate werden bevorzugt Elektroden im Dickenbereich Kathode 50 μm bis 125 μm und Anode 10 μm bis 80 μm nach Kalandrieren hergestellt. Die Elektroden im oberen Bereich der

15 genannten Dicken werden zu "high energy"-Zellen verbaut, umgekehrt die dünnen Elektroden zu "high power"-Zellen.

Injiziert werden die o.a. Stabilisatoren und Leitfähigkeitszusätze bevorzugt nach Rezepturanteil von je 3 % maximal.

20 Bezüglich der Mischungen ist es bevorzugt, dass die Aktivmaterialien und dabei insbesondere das Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid und das Lithium-Mangan-Oxid jeweils in Partikelform vorliegen, vorzugsweise als Partikel mit einem mittleren Durchmesser von 1 μm bis 50 μm , bevorzugt 2 μm bis 40 μm ,

25 weiter bevorzugt 4 μm bis 20 μm . Dabei können die Partikel auch Sekundärpartikel sein, die aus Primärpartikeln aufgebaut sind. Die oben genannten mittleren Durchmesser beziehen sich dann auf die Sekundärpartikel.

Eine homogene und innige Vermischung der Phasen, insbesondere der Phasen

30 in Partikelform, trägt dazu bei, dass die Alterungsbeständigkeit des Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxids in dieser Mischung besonders vorteilhaft beeinflusst wird.

Andere Arten der "Mischung", beispielsweise das alternierende Aufbringen von Schichten auf einem Träger oder die Beschichtung von Partikeln, sind auch möglich.

5

Im Folgenden ist die Herstellung einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Zelle, umfassend die beiden Elektroden, insbesondere hier die kathodische Elektrode und den Separator in einem Elektrolyten mit gasdichter Umhausung, beschreiben.

10

- a) Aus Dimethylformamid werden elektrostatisch Polyetherimid-Fasern mit einem mittleren Faserdurchmesser von ca. 2 μm gesponnen und diese zu einem Faservlies verarbeitet, das eine Dicke von ca. 15 μm aufweist.
- b) 25 Gew.-Teile LiPF_6 und 20 Gew.-Teile Ethylencarbonat, 10 Gew.-Teile Propylencarbonat oder EMC, 25 Gew.-Teile Magnesiumoxid und 5 g Kynar 2801[®], ein Bindemittel, werden miteinander vermischt und in einem Disperser solange dispergiert, bis eine homogene Dispersion entstanden ist.
- c) Eine unter b) hergestellte Dispersion wird auf das unter a) hergestellte Vlies aufgetragen, so dass die aufgetragene Schicht ungefähr eine Stärke von 20 μm aufweist (**Separator**).
- d) Auf eine Aluminium-Folie der Stärke 18 μm wird mittels eines Extruders eine Masse eines Gemischs aus 75 Gew.-Teilen MCMB 25/28[®] (Meso-carbonmicrobeads (Osaka Gas Chemicals), 10 Gew.-Teilen Lithium-oxalatoborat, 8 Gew.-Teilen Kynar 2801[®] und 7 Gew.-Teilen Propylencarbonat aufgetragen, wobei eine Schichtstärke der aufgetragenen Schicht von ca. 20 bis 40 μm resultiert (**anodische Elektrode**).
- e) Auf eine Aluminium-Folie der Stärke 18 μm wird eine Paste eines Gemischs aus 50 Gew.-Teilen Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid (NMC) in Schichtstruktur, 30 Gew.-Teilen Lithium-Mangan-Oxid (LMO) in

Spinellstruktur, 10 Gew.-Teilen Kynar 2801[®] und 10 Gew.-Teilen Propylencarbonat aufgetragen (**kathodische Elektrode**).

- f) Die nach c), d) und e) hergestellten Lagen werden auf eine Wickelmaschine gewickelt, so dass das Produkt nach c) zwischen die Beschichtungen der Produkte nach d) und e) zu liegen kommt, wobei das Polyetherimid-Vlies die Beschichtung des Produkts nach Beispiel e) kontaktiert. Die Metallfolien (Kollektorfolien) werden verbunden und mit Ableitern versehen und das System in eine Schrumpffolie eingehaust.

- 10 Die Einhausung umfasst keinerlei Vorrichtung zum Abbau von einem (hypothetischen) Überdruck in der Einhausung.

Die **Anode** ist im Rahmen der vorliegenden Beispiele vorteilhaft ein Graphitsystem aus einem "soft carbon" beschichtet mit einem "hard carbon", wobei "hard carbon" nur bis zu 15 % vorliegt.

Die Kathode ist ausgelegt für großformatige Stapelzellen, d.h. insbesondere als oder in Pattern-Form beschichtet. Die daraus entstanden Zellen zeigen auch in der "high energy"-Ausführung eine hohe Belastbarkeit dauerhaft bis 10C, sind alterungsresistent und verfügen über hervorragende Zykleneigenschaften > 5.000 Vollzyklen (80 %). Manipulierter Eintrag einer Kupferfluse oder eines Spans wurden durch die Polymere, die eininjiziert wurden, umhüllt und konnten so keinen sektoralen "hot spot" ausbilden. Die "high-power"-Ausführung ist äußerst zyklenstabil und belastbar, über > 20C hinaus.

25 Bezüglich des Elektrolyten konnte gezeigt werden, dass es vorteilhaft ist, einfache Mischungen wie EC/EMC 1 : 3 sowie einige Gewichtsprozent an partikelförmigem porösem keramischem Separatormaterial (ohne weitere, z.T. umweltschädlich wirkende, bedenkliche Additive) einzusetzen.

30

Patentansprüche

1. Elektrochemische Zelle für eine Lithiumionenbatterie umfassend zumindest:
- einen Elektrolyten und
 - 5 • zumindest eine kathodischen Elektrode und
 - zumindest eine anodischen Elektrode sowie
 - zumindest einen zwischen - oder auf der - kathodischer (n) Elektrode und/oder anodischer (n) Elektrode angeordneten Separator, wobei der besagte Separator zumindest einen porösen keramischen Werkstoff
 - 10 umfasst, welcher vorzugsweise in einer auf einem organischen Trägermaterial aufgebracht Schicht vorliegt, wobei dieses organische Trägermaterial vorzugsweise ein nicht-verwebtes Polymer umfasst oder ist, wobei
- Elektrolyt, Elektroden und Separator(en) in einer druckfesten Umhausung
- 15 gasdicht eingeschlossen sind, und wobei besagte Umhausung sowie besagte elektrochemische Zelle keine Mittel zum Druckabbau in der Umhausung umfassen, insbesondere keine Bersteinrichtung, Druckventil, Einwegventil, Zentralpin, Dorn oder dergleichen.
- 20 2. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Umhausung in Form einer Verbundfolie, insbesondere einer Laminatfolie, ausgebildet ist, insbesondere als "pouch cell" oder "tea bag", oder als Rahmenzelle mit Rahmen und Hüllblechen oder als abgedichteter Verbund von Schalenstücken, oder als jede beliebige Kombination oder Abwandlung
- 25 hiervon.
3. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die kathodische Elektrode zumindest einen Träger umfasst, auf welchem zumindest ein Aktivmaterial aufgebracht oder
- 30 abgeschieden ist, wobei das Aktivmaterial entweder:
- (1) zumindest eine Lithium-Polyanion-Verbindung oder

- (2) zumindest eine Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid (NMC), welches nicht in einer Spinellstruktur vorliegt, vorzugsweise $\text{Li}[\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}]\text{O}_2$, wobei der Anteil an Li, Co, Mn, Ni und O jeweils um +/- 5 % variieren kann, oder
- 5 (3) eine Mischung aus einem Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid (NMC), welches nicht in einer Spinellstruktur vorliegt, mit einem Lithium-Mangan-Oxid (LMO) in Spinellstruktur, oder
- (4) eine Mischung aus (1) und (2) oder eine Mischung aus (1) und (3) umfasst.
- 10
4. Elektrochemische Zelle nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger für die kathodische Elektrode ein metallisches Material umfasst, insbesondere Aluminium, und dass besagter Träger eine Dicke von 5 μm bis 100 μm , vorzugsweise 10 μm bis 75 μm ,
15 weiter vorzugsweise 15 μm bis 45 μm aufweist, und/oder dass der Träger für die anodische Elektrode ein metallisches Material umfasst, insbesondere Kupfer, und dass besagter Träger eine Dicke von 5 μm bis 100 μm , vorzugsweise 10 μm bis 75 μm , weiter vorzugsweise 15 μm bis 45 μm aufweist.
- 20
5. Elektrochemische Zelle nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der kathodischen Elektrode (Träger und Aktivmaterial) sowie die Dicke der anodischen Elektrode (Träger und Aktivmaterial) jeweils geringer ist als 300 μm , vorzugsweise geringer als 200
25 μm , weiter vorzugsweise geringer als 150 μm , sowie weiter vorzugsweise geringer als 100 μm .
6. Elektrochemische Zelle nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Separator/die Separatoren eine Dicke von 2 bis 50
30 μm , bevorzugt von 5 bis 25 μm aufweist/aufweisen.

7. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden und die Separatoren - vorzugsweise jeweils mindestens 20 hiervon - als vereinzelte Blätter in der Schichtdicke gemäß der Ansprüche 5 und 6 vorliegen und alternierend in der Sequenz [...] – kathodische Elektrode – Separator – anodische Elektrode – Separator – kathodische Elektrode – [...] gelegt und/oder zusammenlaminiert sind.
8. Elektrochemische Zelle nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit dem Elektrolyten in Kontakt tretende Aktivmaterial von Kathode und/oder Anode das poröse keramische Material des Separators enthält, und zwar in Form von dem Aktivmaterial zugesetzten Partikeln.
9. Elektrochemische Zelle nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest 50% des in der elektrochemischen Zelle vorliegenden Elektrolyten vom porösen keramischen Material des Separators aufgenommen ist, vorzugsweise zumindest 70%, weiter vorzugsweise zumindest 90%.
10. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 8 oder Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die aktive Masse für die kathodische und/oder die anodische Elektrode das poröse keramische Material des Separators enthält, und zwar in einem Gewichtsverhältnis von 1 Gewichtsprozent bis 5 Gewichtsprozent, weiter vorzugsweise 1 Gewichtsprozent bis 2,5 Gewichtsprozent, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der auf den Träger aufgebracht Masse der kathodischen beziehungsweise der anodischen Elektrode.
11. Elektrochemische Zelle nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jede Elektrode einen Träger umfasst und jeder Träger zur Wärmeabfuhr aus dem Inneren der elektrochemischen Zelle dient.

12. Elektrochemische Zelle nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Separator einseitig oder beidseitig mit einem Polyetherimid beschichtet ist.
- 5 13. Elektrochemische Zelle nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der keramische Werkstoff ausgewählt ist aus der Gruppe der Oxide, Phosphate, Sulfate, Titanate, Silikate, Aluminosilikate oder Borate zumindest eines Metallions.
- 10 14. Verwendung der elektrochemischen Zelle nach einem der vorstehenden Ansprüche in Lithium-Ionen-Batterien zum Betrieb von Elektrowerkzeugen und zum Antrieb von Fahrzeugen, insbesondere vollständig oder überwiegend elektrisch angetriebenen Fahrzeugen oder von Fahrzeugen im sogenannten „Hybrid“-Betrieb, also gemeinsam mit einem
- 15 Verbrennungsmotor, oder gemeinsam mit einer Brennstoffzelle, sowie in stationären Batterie-Anwendungen.

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

SEE SUPPLEMENTAL SHEET

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

2, 4, 13, 14 (FULL) ; 1, 6 (PARTIALLY)

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/000908

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01M2/16 H01M10/42 H01M10/0525
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
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 practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2005 322517 A (TOSHIBA CORP) 17 November 2005 (2005-11-17) paragraphs [0024] - [0040], [0060] - [0073], [0077] - [0097]; figures 1-3,5 -----	1,2,4,6, 13,14
X	CZ 301 387 B6 (HE3DA S R O [CZ]) 10 February 2010 (2010-02-10) the whole document	1,2,4, 13,14
X,P	-& WO 2010/031363 A1 (HE3DA S R O [CZ]; PROCHAZKA JAN JR [CZ]; PROCHAZKA JAN [CZ]) 25 March 2010 (2010-03-25) pages 3-6,17; figures 1,10,13,17; examples 1-7 ----- -/--	1,2,13, 14

Further documents are listed in the continuation of Box C.

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 document 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 11 May 2011	Date of mailing of the international search report 19/08/2011
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Schwake, Andree

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/000908

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2008/138702 A1 (NAKAMURA TOMOYUKI [JP] ET AL) 12 June 2008 (2008-06-12) paragraphs [0039] - [0057], [0089], [0165], [0200], [0209], [0249]; figures 1,3,4,6 -----	1,2,4, 13,14
X	US 2006/228629 A1 (CHRISTIAN PAUL A [US] ET AL) 12 October 2006 (2006-10-12) paragraphs [0036] - [0037]; figure 1 -----	1,2,14
A	US 7 267 904 B2 (KOMATSU SHIGEO [JP] ET AL) 11 September 2007 (2007-09-11) column 12, line 25 - column 14, line 52; figures 4-6 -----	1
A	WO 2007/028662 A1 (DEGUSSA [DE]; HYING CHRISTIAN [DE]; HENNIGE VOLKER [DE]; HOERPEL GERHA) 15 March 2007 (2007-03-15) the whole document -----	1,2,4,6, 13,14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/000908

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2005322517	A	17-11-2005	NONE

CZ 301387	B6	10-02-2010	AU 2009295014 A1 25-03-2010
			CA 2736144 A1 25-03-2010
			WO 2010031363 A1 25-03-2010
			US 2011165457 A1 07-07-2011

WO 2010031363	A1	25-03-2010	AU 2009295014 A1 25-03-2010
			CA 2736144 A1 25-03-2010
			CZ 301387 B6 10-02-2010
			US 2011165457 A1 07-07-2011

US 2008138702	A1	12-06-2008	KR 20080015373 A 19-02-2008

US 2006228629	A1	12-10-2006	BR PI0608991 A2 12-01-2010
			CN 101156262 A 02-04-2008
			EP 1872423 A1 02-01-2008
			JP 2008538444 A 23-10-2008
			WO 2006110354 A1 19-10-2006

US 7267904	B2	11-09-2007	CN 1288594 A 21-03-2001
			CN 1645647 A 27-07-2005
			EP 1049180 A1 02-11-2000
			WO 0028607 A1 18-05-2000
			US 6797429 B1 28-09-2004
			US 2004096735 A1 20-05-2004

WO 2007028662	A1	15-03-2007	CN 1929164 A 14-03-2007
			DE 102005042215 A1 08-03-2007
			EP 1925047 A1 28-05-2008
			JP 2009507353 A 19-02-2009
			KR 20080049029 A 03-06-2008
			US 2010279173 A1 04-11-2010

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 2, 4, 13, 14 (in full); 1, 6 (in part)

Electrochemical cell for a lithium ion battery, comprising at least one electrolyte and at least one cathodic electrode and at least one anodic electrode, as well as at least one separator arranged between - or on - the cathodic electrode(s) and/or anodic electrode(s), the separator comprising at least one porous ceramic material which is preferably present in a layer that is applied to an organic backing material, said organic backing material preferably comprising or being a non-woven polymer, the electrolyte, electrodes and separator(s) being incorporated into a pressure-proof, gas-tight enclosure and said enclosure and said electrochemical cell not comprising any means for reducing pressure in the enclosure, in particular not comprising any rupturing device, pressure valve, one-way valve, central pin, mandrel or the like, characterised in that the enclosure is in the form of a multi-layered film, in particular a laminated film, in particular in the form of a "pouch cell" or "tea bag", or in the form of a frame cell with frame and enveloping sheet or in the form of a sealed composite of shell pieces, or any combination thereof or variation thereon.

2. Claims 3 (in full); 1 (in part)

Electrochemical cell for a lithium ion battery, comprising at least one electrolyte and at least one cathodic electrode and at least one anodic electrode, as well as at least one separator arranged between - or on - the cathodic electrode(s) and/or anodic electrode(s), the separator comprising at least one porous ceramic material which is preferably present in a layer that is applied to an organic backing material, said organic backing material preferably comprising or being a non-woven polymer, the electrolyte, electrodes and separator(s) being incorporated into a pressure-proof, gas-tight enclosure and said enclosure and said electrochemical cell not comprising any means for reducing pressure in the enclosure, in particular not comprising any rupturing device, pressure valve, one-way valve, central pin, mandrel or the like, characterised in that the cathodic electrode comprises at least one substrate, to which or on which an active material is applied or deposited, the active material comprising either:

(1) at least one lithium-polyanion compound, or

(2) at least one lithium-nickel-manganese-cobalt mixed oxide (NMC) which is not present in a spinel structure, preferably $\text{Li} [\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}]_2\text{O}_2$, in which the proportion of Li, Co, Mn, Ni and O may each vary by +/- 5 %, or

(3) a mixture of a lithium-nickel-manganese-cobalt mixed oxide (NMC) which is not present in a spinel structure, with a lithium-manganese-oxide (LMO) in a spinel structure, or

(4) a mixture of (1) and (2) or a mixture of (1) and (3).

3. Claims 5, 7, 11 (in full); 1, 6 (in part)

Electrochemical cell for a lithium ion battery, comprising at least one electrolyte and at least one cathodic electrode and at least one anodic electrode, as well as at least one separator arranged between - or on - the cathodic electrode(s) and/or anodic electrode(s), the separator comprising at least one porous ceramic material which is preferably present in a layer that is applied to an organic backing material, said organic backing material preferably comprising or being a non-woven polymer, the electrolyte, electrodes and separator(s) being incorporated into a pressure-proof, gas-tight enclosure and said enclosure and said electrochemical cell not comprising any means for reducing pressure in the enclosure, in particular not comprising any rupturing device, pressure valve, one-way valve, central pin, mandrel or the like, characterised in that the thickness of the cathodic electrode (substrate and active material) and the thickness of the anodic electrode (substrate and active material) are each less than 300 [micro]m, preferably less than 200 [micro]m, more preferably less than 150 [micro]m and even more preferably less than 100 [micro]m.

4. Claims 8-10 (in full); 1 (in part)

Electrochemical cell for a lithium ion battery, comprising at least one electrolyte and at least one cathodic electrode and at least one anodic electrode, as well as at least one separator arranged between - or on - the cathodic electrode(s) and/or anodic electrode(s), the separator comprising at least one porous ceramic material which is preferably present in a layer that is applied to an organic backing material, said organic backing material preferably comprising or being a non-woven polymer, the electrolyte, electrodes and separator(s) being incorporated into a pressure-proof, gas-tight enclosure and said enclosure and said electrochemical cell not comprising any means for reducing pressure in the enclosure, in particular not comprising any rupturing device, pressure valve, one-way valve, central pin, mandrel or the like, characterised in that the active material of the cathode and/or anode that is in contact with the electrolytes contains the porous ceramic material of the separator in the form of particles added to the active material.

5. Claims 12 (in full); 1 (in part)

Electrochemical cell for a lithium ion battery, comprising at least one electrolyte and at least one cathodic electrode and at least one anodic electrode, as well as at least one separator arranged between - or on - the cathodic electrode(s) and/or anodic electrode(s), the separator comprising at least one porous ceramic material which is preferably present in a layer that is applied to an organic backing material, said organic backing material preferably comprising or being a non-woven polymer, the electrolyte, electrodes and separator(s) being incorporated into a pressure-proof, gas-tight enclosure and said enclosure and said electrochemical cell not comprising any means for reducing pressure in the enclosure, in particular not comprising any rupturing device, pressure valve, one-way valve, central pin, mandrel or the like, characterised in that one side or both sides of the separator is/are coated with a polyetherimide.

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
2, 4, 13, 14(vollständig); 1, 6(teilweise)

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01M2/16 H01M10/42 H01M10/0525
 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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2005 322517 A (TOSHIBA CORP) 17. November 2005 (2005-11-17) Absätze [0024] - [0040], [0060] - [0073], [0077] - [0097]; Abbildungen 1-3,5 -----	1,2,4,6, 13,14
X	CZ 301 387 B6 (HE3DA S R O [CZ]) 10. Februar 2010 (2010-02-10) das ganze Dokument	1,2,4, 13,14
X,P	-& WO 2010/031363 A1 (HE3DA S R O [CZ]; PROCHAZKA JAN JR [CZ]; PROCHAZKA JAN [CZ]) 25. März 2010 (2010-03-25) Seiten 3-6,17; Abbildungen 1,10,13,17; Beispiele 1-7 ----- -/--	1,2,13, 14



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" älteres Dokument, 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 anderen 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

11. Mai 2011

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/08/2011

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

Schwake, Andree

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2008/138702 A1 (NAKAMURA TOMOYUKI [JP] ET AL) 12. Juni 2008 (2008-06-12) Absätze [0039] - [0057], [0089], [0165], [0200], [0209], [0249]; Abbildungen 1,3,4,6 -----	1,2,4, 13,14
X	US 2006/228629 A1 (CHRISTIAN PAUL A [US] ET AL) 12. Oktober 2006 (2006-10-12) Absätze [0036] - [0037]; Abbildung 1 -----	1,2,14
A	US 7 267 904 B2 (KOMATSU SHIGEO [JP] ET AL) 11. September 2007 (2007-09-11) Spalte 12, Zeile 25 - Spalte 14, Zeile 52; Abbildungen 4-6 -----	1
A	WO 2007/028662 A1 (DEGUSSA [DE]; HYING CHRISTIAN [DE]; HENNIGE VOLKER [DE]; HOERPEL GERHA) 15. März 2007 (2007-03-15) das ganze Dokument -----	1,2,4,6, 13,14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/000908

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2005322517 A	17-11-2005	KEINE	
CZ 301387 B6	10-02-2010	AU 2009295014 A1 CA 2736144 A1 WO 2010031363 A1 US 2011165457 A1	25-03-2010 25-03-2010 25-03-2010 07-07-2011
WO 2010031363 A1	25-03-2010	AU 2009295014 A1 CA 2736144 A1 CZ 301387 B6 US 2011165457 A1	25-03-2010 25-03-2010 10-02-2010 07-07-2011
US 2008138702 A1	12-06-2008	KR 20080015373 A	19-02-2008
US 2006228629 A1	12-10-2006	BR PI0608991 A2 CN 101156262 A EP 1872423 A1 JP 2008538444 A WO 2006110354 A1	12-01-2010 02-04-2008 02-01-2008 23-10-2008 19-10-2006
US 7267904 B2	11-09-2007	CN 1288594 A CN 1645647 A EP 1049180 A1 WO 0028607 A1 US 6797429 B1 US 2004096735 A1	21-03-2001 27-07-2005 02-11-2000 18-05-2000 28-09-2004 20-05-2004
WO 2007028662 A1	15-03-2007	CN 1929164 A DE 102005042215 A1 EP 1925047 A1 JP 2009507353 A KR 20080049029 A US 2010279173 A1	14-03-2007 08-03-2007 28-05-2008 19-02-2009 03-06-2008 04-11-2010

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 2, 4, 13, 14(vollständig); 1, 6(teilweise)

Elektrochemische Zelle für eine Lithiumionenbatterie umfassend zumindest einen Elektrolyten und zumindest eine kathodischen Elektrode und zumindest eine anodischen Elektrode sowie zumindest einen zwischen - oder auf der - kathodischer (n) Elektrode und/oder anodischer (n) Elektrode angeordneten Separator, wobei der besagte Separator zumindest einen porösen keramischen Werkstoff umfasst, welcher vorzugsweise in einer auf einem organischen Trägermaterial aufgetragenen Schicht vorliegt, wobei dieses organische Trägermaterial vorzugsweise ein nicht-verwebtes Polymer umfasst oder ist, wobei Elektrolyt, Elektroden und Separator(en) in einer druckfesten Umhäusung gasdicht eingeschlossen sind, und wobei besagte Umhäusung sowie besagte elektrochemische Zelle keine Mittel zum Druckabbau in der Umhäusung umfassen, insbesondere keine Bersteinrichtung, Druckventil, Einwegventil, Zentralpin, Dorn oder dergleichen, dadurch gekennzeichnet, dass die Umhäusung in Form einer Verbundfolie, insbesondere einer Laminatfolie, ausgebildet ist, insbesondere als "pouch cell" oder "tea bag", oder als Rahmencelle mit Rahmen und Hüllblechen oder als abgedichteter Verbund von Schalenstücken, oder als jede beliebige Kombination oder Abwandlung hiervon.

2. Ansprüche: 3(vollständig); 1(teilweise)

Elektrochemische Zelle für eine Lithiumionenbatterie umfassend zumindest einen Elektrolyten und zumindest eine kathodischen Elektrode und zumindest eine anodischen Elektrode sowie zumindest einen zwischen - oder auf der - kathodischer (n) Elektrode und/oder anodischer (n) Elektrode angeordneten Separator, wobei der besagte Separator zumindest einen porösen keramischen Werkstoff umfasst, welcher vorzugsweise in einer auf einem organischen Trägermaterial aufgetragenen Schicht vorliegt, wobei dieses organische Trägermaterial vorzugsweise ein nicht-verwebtes Polymer umfasst oder ist, wobei Elektrolyt, Elektroden und Separator(en) in einer druckfesten Umhäusung gasdicht eingeschlossen sind, und wobei besagte Umhäusung sowie besagte elektrochemische Zelle keine Mittel zum Druckabbau in der Umhäusung umfassen, insbesondere keine Bersteinrichtung, Druckventil, Einwegventil, Zentralpin, Dorn oder dergleichen, dadurch gekennzeichnet, dass die kathodische Elektrode zumindest einen Träger umfasst, auf welchem zumindest ein Aktivmaterial aufgebracht oder abgeschieden ist, wobei das Aktivmaterial entweder:

- (1) zumindest eine Lithium-Polyanion-Verbindung oder
- (2) zumindest eine Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

(NMC), welches nicht in einer Spinellstruktur vorliegt, vorzugsweise $\text{Li}[\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}]\text{O}_2$, wobei der Anteil an Li, Co, Mn, Ni und O jeweils um +/- 5 % variieren kann, oder (3) eine Mischung aus einem Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Mischoxid (NMC), welches nicht in einer Spinellstruktur vorliegt, mit einem Lithium-Mangan-Oxid (LMO) in Spinellstruktur, oder (4) eine Mischung aus (1) und (2) oder eine Mischung aus (1) und (3) umfasst.

3. Ansprüche: 5, 7, 11(vollständig); 1, 6(teilweise)

Elektrochemische Zelle für eine Lithiumionenbatterie umfassend zumindest einen Elektrolyten und zumindest eine kathodischen Elektrode und zumindest eine anodischen Elektrode sowie zumindest einen zwischen - oder auf der - kathodischer (n) Elektrode und/oder anodischer (n) Elektrode angeordneten Separator, wobei der besagte Separator zumindest einen porösen keramischen Werkstoff umfasst, welcher vorzugsweise in einer auf einem organischen Trägermaterial aufgetragenen Schicht vorliegt, wobei dieses organische Trägermaterial vorzugsweise ein nicht-verwebtes Polymer umfasst oder ist, wobei Elektrolyt, Elektroden und Separator(en) in einer druckfesten Umhausung gasdicht eingeschlossen sind, und wobei besagte Umhausung sowie besagte elektrochemische Zelle keine Mittel zum Druckabbau in der Umhausung umfassen, insbesondere keine Bersteinrichtung, Druckventil, Einwegventil, Zentralpin, Dorn oder dergleichen, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der kathodischen Elektrode (Träger und Aktivmaterial) sowie die Dicke der anodischen Elektrode (Träger und Aktivmaterial) jeweils geringer ist als 300 [micro]m, vorzugsweise geringer als 200 [micro]m, weiter vorzugsweise geringer als 150 [micro]m, sowie weiter vorzugsweise geringer als 100 [micro]m.

4. Ansprüche: 8-10(vollständig); 1(teilweise)

Elektrochemische Zelle für eine Lithiumionenbatterie umfassend zumindest einen Elektrolyten und zumindest eine kathodischen Elektrode und zumindest eine anodischen Elektrode sowie zumindest einen zwischen - oder auf der - kathodischer (n) Elektrode und/oder anodischer (n) Elektrode angeordneten Separator, wobei der besagte Separator zumindest einen porösen keramischen Werkstoff umfasst, welcher vorzugsweise in einer auf einem organischen Trägermaterial aufgetragenen Schicht vorliegt, wobei dieses organische Trägermaterial vorzugsweise ein nicht-verwebtes Polymer umfasst oder ist, wobei Elektrolyt, Elektroden und Separator(en) in einer druckfesten Umhausung gasdicht eingeschlossen sind, und wobei besagte Umhausung sowie besagte elektrochemische Zelle keine Mittel zum Druckabbau in der Umhausung umfassen, insbesondere keine

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Bersteinrichtung, Druckventil, Einwegventil, Zentralpin, Dorn oder dergleichen, dadurch gekennzeichnet, dass das mit dem Elektrolyten in Kontakt tretende Aktivmaterial von Kathode und/oder Anode das poröse keramische Material des Separators enthält, und zwar in Form von dem Aktivmaterial zugesetzten Partikeln.

5. Ansprüche: 12(vollständig); 1(teilweise)

Elektrochemische Zelle für eine Lithiumionenbatterie umfassend zumindest einen Elektrolyten und zumindest eine kathodischen Elektrode und zumindest eine anodischen Elektrode sowie zumindest einen zwischen - oder auf der - kathodischer (n) Elektrode und/oder anodischer (n) Elektrode angeordneten Separator, wobei der besagte Separator zumindest einen porösen keramischen Werkstoff umfasst, welcher vorzugsweise in einer auf einem organischen Trägermaterial aufgetragenen Schicht vorliegt, wobei dieses organische Trägermaterial vorzugsweise ein nicht-verwebtes Polymer umfasst oder ist, wobei Elektrolyt, Elektroden und Separator(en) in einer druckfesten Umhausung gasdicht eingeschlossen sind, und wobei besagte Umhausung sowie besagte elektrochemische Zelle keine Mittel zum Druckabbau in der Umhausung umfassen, insbesondere keine Bersteinrichtung, Druckventil, Einwegventil, Zentralpin, Dorn oder dergleichen, dadurch gekennzeichnet, dass der Separator einseitig oder beidseitig mit einem Polyetherimid beschichtet ist.
