

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

Eigene
Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
6. September 2013 (06.09.2013)



W I P O I P C T



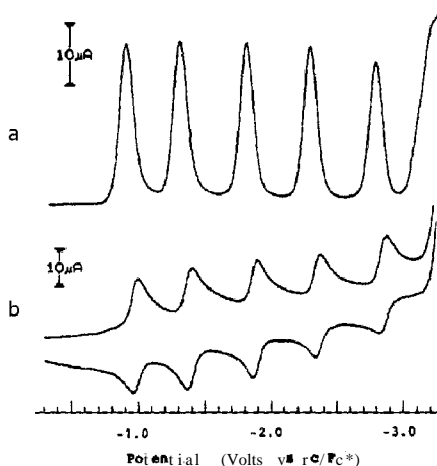
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/127953 AI

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
H01M 4/62 (2006.01) H01M 4/42 (2006.01)
H01M 4/02 (2006.01)
- (74) **Anwalt:** MAIWALD PATENTANWALTS GMBH;
Berthold Lux, Elisenstr. 3 / Elisenhof, 80335 Munich (DE).
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP20 13/054092
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
28. Februar 2013 (28.02.2013)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2012 203 194.4 1. März 2012 (01.03.2012) DE
- (71) **Anmelder:** FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E. V. [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 Munich (DE).
- (72) **Erfinder:** NOACK, Jens; Rißweg 14, 76327 Pfinztal (DE). TUEBKE, Jens; Ruhensteinweg 17, 76337 Waldbronn (DE). PINKWART, Karsten; Taubenstr. 17, 76327 Pfinztal (DE).
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** ELECTROCHEMICAL ENERGY STORAGE DEVICE OR ENERGY CONVERSION DEVICE COMPRISING A GALVANIC CELL HAVING ELECTROCHEMICAL HALF-CELLS CONTAINING A SUSPENSION OF FULLERENE AND IONIC LIQUID

(54) **Bezeichnung :** ELEKTROCHEMISCHER ENERGIESPEICHER- ODER ENERGIEWANDLERVORRICHTUNG AUS EINER GALVANISCHEN ZELLE MIT ELEKTROCHEMISCHEN HALBZELLEN UMFASSEND EINE SUSPENSION AUS FULLEREN UND IONISCHER FLÜSSIGKEIT



Figur 1: Reduktionspeaks von [5,6]-Fulleren-C₆₀ bis [5,6]-Fulleren-C₆₀⁻⁶


- 5 (a) Differential-Puls-Voltammetrie (80 mV Pulse, 50 ms Pulsbreite, 200ms Pulslänge, 10 mV/s Scangeschwindigkeit)
(b) Cyclische-Voltammetrie (100mV/s von C₆₀ in CH₃CN/Toluol bei 25°C)

FIG. 1:

Figur 1: Reduction peaks from [5,6]-fullerene-C₆₀ to [5,6]-fullerene-C₆₀⁻⁶

- (a) Differential pulse voltammetry (80 mV pulses, 50 ms pulse width, 200 ms pulse length, 10 mV/s scanning speed)
(b) Cyclic voltammetry (100 mV/s of C₆₀ in CH₃CN/toluene at 25°C)

WO 2013/127953 A1

WO 2013/127953 AI 

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
V

Elektrochemischer Energiespeicher- oder Energiewandlervorrichtung aus einer galvanischen Zelle mit elektrochemischen Halbzellen umfassend eine Suspension aus Fulleren und ionischer Flüssigkeit

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrochemische Halbzelle umfassend ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren, sowie eine elektrochemische Halbzelle umfassend eine Suspension mit mindestens einem Fulleren und mindestens einer ionischen Flüssigkeit.

10

Weiterhin betrifft die Erfindung eine elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung mit mindestens zwei der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzellen und ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle, umfassend das Bereitstellen einer Suspension mit mindestens einem Fulleren.

15

Hintergrund der Erfindung

Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtungen umfassen galvanische Zellen, bei denen durch Redoxreaktionen an Elektroden chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt wird. Eine galvanische Zelle dient als Gleichspannungsquelle und umfasst mindestens zwei elektrochemische Halbzellen in denen Oxidation und Reduktion getrennt ablaufen. Die galvanischen Zellen werden systematisch in drei Gruppen unterteilt:

(a) Primärzellen, welche auch als Batterie bezeichnet werden, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Verbinden der Halbzellen mit mindestens einem Elektronenleiter und mindestens einem Ionenleiter die Zelle aufgeladen ist und einmalig entladen werden kann. Die der Entladung zugrundeliegende Redoxreaktion ist irreversibel, so dass die Primärzelle elektrisch nicht mehr aufgeladen werden kann.

(b) Sekundärzellen, welche auch als Akkumulator bezeichnet werden, dadurch gekennzeichnet, dass die mit mindestens einem Elektronenleiter und mindestens einem Ionenleiter verbundenen Halbzellen eine galvanische Zelle bilden, die wiederholt aufgeladen und entladen werden kann. Die der Entladung

- 2 -

zugrundeliegende Redoxreaktion ist dabei reversibel, so dass die Sekundärzellen elektrisch aufgeladen werden kann. Die Lebensdauer der Sekundärzelle wird dabei durch eine bestimmte Anzahl an Lade- und Entladevorgängen beschränkt.

- 5 (c) Brennstoffzellen, welche auch als Tertiärzellen bezeichnet werden, dadurch gekennzeichnet, dass der chemische Energieträger nicht in der Zelle gespeichert wird, sondern von extern kontinuierlich zugeführt wird. Eine Brennstoffzelle nutzt somit die chemische Energie eines kontinuierlich zugeführten Brennstoffes und
10 Energie.

Kommerzielle Sekundärzellen sind beispielsweise Blei-Säure-Akkumulatoren, Nickel-Cadmium Akkumulatoren, Nickel-Metallhydrid Akkumulatoren, Nickel-Zink Akkumulatoren, Nickel-Eisen Akkumulatoren, Lithium-Ionen Akkumulatoren, Lithium-
15 Polymer Akkumulatoren, Lithium-Eisen Akkumulatoren, Lithium-Mangan Akkumulatoren, Lithium-Eisen-Phosphat Akkumulatoren, Lithium-Schwefel Akkumulatoren sowie Lithium-Titanat Akkumulatoren.

Blei-Säure-Akkumulatoren umfassen wässrige Schwefelsäure als Elektrolyt und weisen bei
20 einer Nennspannung von 2,0 V eine gravimetrische Energiedichte von 30 Wh/kg auf. Die auf Nickel basierenden Akkumulatoren umfassen wässrige Alkalihydroxide als Elektrolyt und weisen bei einer Nennspannung in einem Bereich von 1,2 bis 1,9 V eine gravimetrische Energiedichte in einem Bereich von 40 bis 110 Wh/kg. Die auf Lithium basierenden Akkumulatoren umfassen wasserfreie organische Lösemittel mit Lithiumsalzen, sowie
25 Salzschnmelzen als Elektrolyt und weisen bei einer Nennspannung in einem Bereich von 2,2 bis 3,7 V eine gravimetrische Energiedichte in einem Bereich von 70 bis 210 Wh/kg auf. Die auf Lithium basierenden Akkumulatoren, insbesondere Lithium-Polymer Akkumulatoren weisen eine hohe Energiedichte auf, allerdings zeigen sie meist ausgeprägte Alterungserscheinungen und beinhalten leicht entzündliche aktive Anoden- und/oder
30 Kathodenmaterialien, was ein großes Gefahrenpotential, insbesondere bei einer Anwendung im privaten Sektor darstellt.

Generell werden hohe Nennspannungen sowie hohe Kapazitäten bei einer hohen gravimetrischen und volumetrischen Energiedichte angestrebt. Dies ist bei mobilen Anwendungen, wie beispielsweise dem Mobilfunksektor, von besonderer Bedeutung.

- 5 Die gravimetrische Energiedichte (E_{grav}) und die volumetrische Energiedichte (E_{vol}) einer galvanischen Zelle ergeben sich gemäß den Formeln (i) und (ii):

$$E_{\text{grav}} [\text{Wh/kg}] = U[\text{V}] \cdot I[\text{A}] \cdot t[\text{h}] / m[\text{kg}] \quad (\text{i}),$$

$$E_{\text{vol}} [\text{Wh/cm}^3] = U[\text{V}] \cdot I[\text{A}] \cdot t[\text{h}] / V[\text{cm}^3] \quad (\text{ii}),$$

10

wobei U die Spannung in Volt [V], I der Strom in Amper [A], t die Zeit in Stunden [h], m die Masse in Kilogramm [kg] und V das Volumen in Kubikzentimeter [cm^3] ist.

- Hohe gravimetrische und volumetrische Energiedichten werden demzufolge erzielt wenn
 15 galvanische Zellen aus Stoffen mit einer hohen Leistung und einer geringen molaren Masse und/oder einem geringen molaren Volumen aufgebaut werden. Es besteht demzufolge ein Bedarf an neuartigen Stoffen die zum Aufbau galvanischer Zellen mit einer hohen Leistung, welche eine hohe gravimetrische und/oder volumetrische Energiedichte aufweisen.

- 20 In diesem Zusammenhang ist die Wahl der in der galvanischen Zelle eingesetzten Elektrolyten und der in der galvanischen Zelle eingesetzten Lösungsmitteln von besonderer Bedeutung, da die üblicherweise eingesetzten wässrigen Elektrolyten und Lösungsmittel bei hohen Spannungen nicht stabil sind. Es besteht demzufolge Bedarf an nicht-wässrigen Elektrolytverbindungen und Lösungsmitteln, welche bei hohen Spannungen stabil sind.

25

In den vorgenannten, aus dem Stand der Technik bereits bekannten und kommerziell erhältlichen Sekundärzellen werden seltene und damit teure metallhaltige Verbindungen als aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterialien eingesetzt. Dies führt dazu, dass die Herstellung der daraus aufgebauten Sekundärzellen sehr kostenintensiv ist.

- 30 Aufgrund der stetig steigenden Nachfrage und des damit verbundenen marktwirtschaftlichen Preisdrucks unter den Marktteilnehmern besteht deshalb ein ganz erheblicher Bedarf an

neuartigen aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterialien, insbesondere aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterialien, welche nicht auf Metallen, Metallionen und/oder Metallverbindungen basieren, insbesondere nicht auf Metallen, Metallionen und/oder Metallverbindungen aus Blei, Nickel, Cadmium, Lithium, Mangan, Titan oder Zink.

5

Unter „aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterialien“ sind elektrochemisch aktive Verbindungen zu verstehen, welche durch chemische Umwandlungen, insbesondere Reduktions- oder Oxidationsvorgänge an einer Elektrode Elektronen aufnehmen oder abgeben.

10

Kurzdarstellung der Erfindung

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe ist das Bereitstellen einer elektrochemischen Halbzelle sowie einer Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung, mit mindestens zwei der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzellen, umfassend aktive Anoden- und Kathodenmaterialien ohne Metalle, Metallionen und/oder Metallverbindungen. Von besonderem Interesse sind dabei Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung mit verbesserter gravimetrischer und/oder volumetrischer Energiedichte.

20 Eine weitere der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe ist das bereitstellen eines geeigneten Elektrolyts für die Herstellung einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle sowie einer erfindungsgemäßen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung, mit einem niedrigen Dampfdruck, hoher thermischer und chemischer Stabilität, sowie hoher elektrischer Leitfähigkeit und einem breiten elektrochemischen Fenster, das außerdem einen, im Vergleich zu den üblichen in kommerziellen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung eingesetzten wasserfreien organischen Lösemitteln, hohen Flammpunkt aufweist.

Unter „Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung“ ist eine Vorrichtung aus Anoden und Kathoden zur spontanen Umwandlung von chemischer in elektrische Energie zu verstehen. Die Anode und die Katode sind dabei sowohl elektrolytisch, als auch

30

metallisch leitend verbunden. Bei den stromerzeugenden Reaktionen handelt es sich um Redoxreaktionen, deren elektromotorischen Kräfte durch die Normalpotentiale der beteiligten chemischen Elemente vorgegeben sind. Die elektromotorische Kraft ist dabei als die Potentialdifferenz zwischen den Klemmen einer elektrischen Stromquelle zu verstehen, wobei diese keinen Strom liefert. Das Normalpotential einer Elektrode ist der Gleichgewichtswert des Elektrodenpotenzials, wenn die an der Elektrodenreaktion beteiligten Komponenten des Elektrolyten sich im Normzustand befinden und die festen Komponenten in einer reinen Form vorliegen, wobei der Normzustand durch eine Normtemperatur bei 273,1 K und einem Normdruck bei 1,01325 Bar festgelegt ist. Für gelöste Elektrolyte ist die spezifische, dem Normzustand entsprechende Konzentration die Normalität. Das Normalpotential entspricht dem Potenzial einer Normal-Metallelektrode, d.h. einer Metallelektrode, die in die Lösung eines ihrer Salze der Aktivität 1 eintaucht, gegen die Normalwasserstoffelektrode bei 25°C; cf. Römpp Chemie Lexikon, 9. Auflage, Seiten 1123, 1476 bis 1477 und 3048 bis 3051. Die im Rahmen dieser Erfindung als elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung mit mindestens zwei elektrochemischen Halbzellen bezeichnete Vorrichtung entspricht im Wesentlichen einer galvanischen Zelle.

Unter „elektrochemischer Halbzelle“ ist eine Anordnungen zu verstehen bei der ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial sowie Elektrode in einen Elektrolyt eintaucht, wobei der Elektrolyt mit dem Elektrolyt mindestens einer weiteren „elektrochemische Halbzelle“ in Kontakt steht, insbesondere über ein poröses Diaphragma (mikroporöser Separator).

Diese Aufgaben werden mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst, vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung betrifft elektrochemische Halbzellen umfassend ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren, sowie elektrochemische Halbzellen umfassend eine Suspension mit mindestens einem Fulleren und mindestens einer ionischen Flüssigkeit.

- 6 -

Weiterhin betrifft die Erfindung eine elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung mit mindestens zwei der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzellen und ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle, insbesondere ein Verfahren zur Herstellung einer elektrochemischen Halbzelle
5 umfassend das Bereitstellen eines aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterials mit mindestens einem Fulleren

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

10 Die Erfindung betrifft eine elektrochemische Halbzelle, umfassend ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren, sowie eine elektrochemische Halbzelle, umfassend eine Suspension mit mindestens einem Fulleren und mindestens einer ionischen Flüssigkeit.

15 Unter „Fulleren“ sind im Rahmen dieser Erfindung sphärische, ausschließlich aus Kohlenstoff bestehende Makromoleküle aus C_{2n} Kohlenstoffatomen mit pentagonalen und hexagonalen Struktureinheiten hoher Symmetrie zu verstehen, welche eine weitere Modifikation des chemischen Elements Kohlenstoff, neben Diamant, Graphit, Kohlenstoffnanoröhren und Graphen darstellt.

20 Unter "ionische Flüssigkeit" sind im Rahmen dieser Erfindung Flüssigkeiten zu verstehen, welche ausschließlich aus Ionen bestehen. Zur Abgrenzung zu klassischen Salzschnmelzen werden nur solche Salze als ionische Flüssigkeiten bezeichnet, die einen Schmelzpunkt von unter 100 °C aufweisen; cf. P. Wasserscheid, W. Keim, *Angewandte Chemie*, International
25 Edition 2000, 39, 3772. Ionische Flüssigkeiten werden meist durch die Art ihres Kations klassifiziert, wobei typische Vertreter auf Imidazolium-, Pyridinium-, Ammonium- und/oder Phosphoniumsalzen basieren. In der Regel weisen ionische Flüssigkeiten einen geringen Dampfdruck, eine hohe thermische und chemische Stabilität, sowie eine hohe elektrische Leitfähigkeit und eine breites elektrochemische Fenster auf. Zudem zeichnen sich die
30 ionischen Flüssigkeiten durch einen, im Vergleich zu den üblichen organischen Lösungsmitteln, hohen Flammpunkt aus.

- 7 -

Das Fulleren ist vorzugsweise ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus [5,6]-Fulleren-C₆₀ (IUPAC: C₆₀-^h)[5,6]fulleren), [5,6]-Fulleren-C₇₀ (IUPAC: (C₇₀-D_{5h}(6))[5,6]fulleren), Fulleren-C₇₆, Fulleren-C₇₈, Fulleren-C₈₄, Fulleren-C₉₀, Fulleren-C₉₆, Fulleren-C₁₀₀ oder Mischungen daraus, besonders bevorzugt [5,6]-Fulleren-C₆₀ und/oder [5,6]-Fulleren-C₇₀, insbesondere [5,6]-Fulleren-C₆₀.

Die ionische Flüssigkeit ist vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-chlorid, 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-hexafluorphosphat, 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-tetrafluorborat, 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-trifluormethansulfonat, 1-Butyl-1-methyl-pyrrolidinium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid, Butyl-trimethylammonium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid, Cholin-dihydrogenphosphat, Ethylammoniumnitrat, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-bromid, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-dicyanamid, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-ethylsulfat, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-methansulfonat, 1-Hexyl-3-methyl-imidazoliumchlorid, 1-Hexyl-3-methyl-imidazolium-hexafluorphosphat, 1-Hexyl-3-methyl-imidazolium-tetrafluorborat, 1-Methyl-3-octyl-imidazolium-hexafluorphosphat, 1-Methyl-3-octyl-imidazolium-tetrafluorborat, 1-Methyl-3-propyl-imidazolium-iodid, 1-Methyl-1-propyl-piperidinium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid, Triethylsulphonium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid oder Mischungen daraus, insbesondere 1-Methyl-1-propylpyrrolidiniumbis(trifluormethylsulfonyl)imid.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die elektrochemische Halbzelle mindestens ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial, mindestens ein Elektrolyt und mindestens eine Elektrode.

25

Aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial

Das aktive Anodenmaterial umfasst eine elektrochemisch aktive Verbindung, welche mindestens 1 Elektron aufnehmen und/oder abgeben kann, bevorzugt mindestens 2 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 3 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 4 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 5 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 6

30

Elektronen weiter bevorzugt bis zu 2 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 3 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 4 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 5 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 6 Elektronen. Das aktive Kathodenmaterial umfasst dabei eine elektrochemisch aktive Verbindung welche mindestens 1 Elektron aufnehmen und/oder abgeben kann, bevorzugt mindestens 2 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 3 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 4 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 5 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 6 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 2 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 3 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 4 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 5 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 6 Elektronen. Die Aufnahme oder Abgabe von Elektronen durch das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial erfolgt durch Reduktions- oder Oxidationsvorgänge.

In einer Ausführungsform umfasst das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial mindestens ein Fulleren. In einer besonderen Ausführungsform ist das Fulleren der einzige Bestandteil des aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterials.

Fulleren kann als mehrfach geladenes Kation beziehungsweise als mehrfach geladenes Anion auftreten, insbesondere kann das Fulleren in oxidiertem Zustand in den Oxidationsstufen +1 bis +6 vorliegen und in reduzierter Form in den Oxidationsstufen -1 bis -6. In anderen Worten kann Fulleren in seinem elektronischen Grundzustand bis zu 6 Elektronen aufnehmen beziehungsweise bis zu 6 Elektronen abgeben. Das Fulleren kann in fester und/oder gelöster Form vorliegen, insbesondere in Form von Partikeln.

In einer besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle, umfasst das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial neben mindestens einem Fulleren keine weiteren aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterialien. In anderen Worten ist in dieser Ausführungsform das Fulleren das einzige aktive Anoden und/oder Kathodenmaterial. Die erfindungsgemäße elektrochemische Halbzelle umfasst bevorzugt ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial das frei von Metallen, Metallionen und/oder Metallverbindungen ist.

In einer weiteren besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle, umfasst das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial mindestens ein Fulleren, das in Form einer Suspension vorliegt. Die Suspension kann dabei 0.1 bis 99.9 Gew.-%, bevorzugt 1 bis 50 Gew.-%, weiter bevorzugt 1 bis 25 Gew.-%, weiter bevorzugt 5 bis 20, insbesondere 10 Gew.-% Fulleren umfassen, bezogen auf das Gesamtgewicht der Suspension.

Im Rahmen dieser Erfindung werden also elektrochemische Halbzellen, umfassend ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren, beschrieben, wobei in einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren in Form einer Suspension vorliegt. In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle liegt das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren in Form einer Suspension mit mindestens einer ionischen Flüssigkeit vor.

In einer weiteren Ausführungsform liegt das Fulleren Form einer Suspension mit einem Elektrolyt vor, insbesondere mit einem Elektrolyt umfassend eine ionische Flüssigkeit. In einer bevorzugten Ausführungsform stellt der Elektrolyt das zur Bildung der Suspension eingesetzte Lösungsmittel dar.

In einer weiteren besonderen Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße elektrochemische Halbzelle ein Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit einem aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial. Das Anoden- und/oder Kathodenmaterial kann dabei neben dem aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial ein Trägermaterial umfassen. Unter „Trägermaterial“ ist ein Material zu verstehen, dass mit dem aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial beschichtet ist, oder in dem das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial verteilt ist, sich aber von dem aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial unterscheidet. In einer Ausführungsform weist das Trägermaterial keine elektrochemische Aktivität, insbesondere keine elektrochemische Aktivität und keine elektrische Leitfähigkeit auf.

Der Elektrolyt umfasst ein ionenleitendes Medium, dessen elektrische Leitfähigkeit durch eine elektrolytische Dissoziation in Ionen begründet wird. In einer besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle umfasst der Elektrolyt eine ionische Flüssigkeit, insbesondere eine ionische Flüssigkeit ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-chlorid, 1-Butyl-3-methyl-
5 imidazolium-hexafluorphosphat, 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-tetrafluorborat, 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-trifluormethansulfonat, 1-Butyl-1-methyl-pyrrolidinium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid, Butyl-trimethylammonium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid, Cholin-dihydrogenphosphat, Ethylammoniumnitrat, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-bromid,
10 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-dicyanamid, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-ethylsulfat, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-methansulfonat, 1-Hexyl-3-methyl-imidazoliumchlorid, 1-Hexyl-3-methyl-imidazolium-hexafluorphosphat, 1-Hexyl-3-methyl-imidazolium-tetrafluorborat, 1-Methyl-3-octyl-imidazolium-hexafluorphosphat, 1-Methyl-3-octyl-imidazolium-tetrafluorborat, 1-Methyl-3-propyl-imidazolium-iodid, 1-Methyl-1-propyl-
15 piperidinium-bis-(trifluormethylsulfonyl)-imid, Triethylsulphonium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid oder Mischungen daraus, insbesondere 1-Methyl-1-propylpyrrolidiniumbis(trifluormethylsulfonyl)-imid.

Die Elektrode der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle umfasst einen
20 elektronenleitenden Werkstoff, der mit dem Elektrolyt in Kontakt steht. In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform umfasst die Elektrode selbst nicht das aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial. Die Elektrode der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle wird weder reduziert noch oxidiert, sondern dient als Elektronenleiter. In anderen Worten können die Reduktions- und Oxidationsvorgänge des
25 aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial an der Elektrode stattfinden ohne dass das aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial selbst Teil der Elektrode ist.

In einer besonderen Ausführungsform umfasst die Elektrode mindestens ein kohlenstoffhaltiges Material. In einer weiteren besonderen Ausführungsform umfasst das
30 kohlenstoffhaltige Material Flächengebilde, insbesondere Kohlenstofffasern und/oder Kohlenstoffpartikel und/oder Kohlenstoffplatten und/oder Kohlenstoffnanoröhren. In einer

weiteren besonderen Ausführungsform umfassen die Flächengebilde gewebte oder nicht-gewebte textile Flächengebilde, welche Kohlenstofffasern enthalten, insbesondere Kohlenstofffilz und/oder Kohlenstoffgewebe.

- 5 In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die elektrochemische Halbzelle mindestens ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren, insbesondere [5,6]-Fulleren-C₆₀, mindestens ein Elektrolyt mit mindestens einer ionischen Flüssigkeit, insbesondere 1-Methyl-1-propylpyrrolidiniumbis(trisfluoromethylsulfonyl)imid und mindestens eine Elektrode, insbesondere eine Graphitplatte und/oder einen Graphitstift
10 und/oder einem Graphitfilz und/oder ein Graphitgewebe.

Elektrochemische Halbzelle mit Suspension

- Eine weitere besondere Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße elektrochemische
15 Halbzelle eine Suspension mit mindestens einem Fulleren und mindestens einer ionischen Flüssigkeit. Die Suspension kann 0.1 bis 99.9 Gew.-%, bevorzugt 1 bis 50 Gew.-%, weiter bevorzugt 1 bis 25 Gew.-%, weiter bevorzugt 5 bis 20, insbesondere 10 Gew.-% Fulleren umfassen, bezogen auf das Gesamtgewicht der Suspension. Die Suspension kann 99.9 bis
20 0.1 Gew.-%, bevorzugt 99 bis 50 Gew.-%, weiter bevorzugt 99 bis 75 Gew.-%, weiter bevorzugt 95 bis 80, insbesondere 90 Gew.-% ionische Flüssigkeit umfassen, bezogen auf das Gesamtgewicht der Suspension. Im Rahmen dieser Erfindung werden allerdings auch Ausführungsformen erfasst, welche eine Suspension aufweisen, die neben Fulleren und ionischer Flüssigkeit weitere Inhaltsstoffe beinhaltet.

- 25 In einer Ausführungsform umfasst das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial eine elektrochemisch aktive Verbindung, welche mindestens 1 Elektron aufnehmen und/oder abgeben kann, bevorzugt mindestens 2 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 3 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 4 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 5 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 6 Elektronen.

30

- 12 -

In einer weiteren Ausführungsform umfasst das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial eine elektrochemisch aktive Verbindung, welche 1 Elektron aufnehmen und/oder abgeben kann, bevorzugt bis zu 2 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 3 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 4 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 5 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 6
5 Elektronen.

Das Fulleren der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle, umfassend mindestens ein Fulleren und mindestens eine ionischen Flüssigkeit, ist insbesondere Bestandteil des aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterials. Fulleren kann als mehrfach geladenes Kation beziehungsweise als mehrfach geladenes Anion auftreten, insbesondere kann das Fulleren in
10 oxidierte Form in den Oxidationsstufen +1 bis +6 vorliegen und in reduzierter Form in den Oxidationsstufen -1 bis -6. In anderen Worten kann Fulleren in seinem elektronischen Grundzustand bis zu 6 Elektronen aufnehmen beziehungsweise bis zu 6 Elektronen abgeben. Das Fulleren kann in fester und/oder gelöster Form vorliegen, insbesondere in Form von
15 Partikeln.

In einer besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle, umfassend mindestens ein Fulleren und mindestens eine ionischen Flüssigkeit ist das Fulleren der einzige Bestandteil des aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterials.
20

In einer weiteren besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle, mit mindestens einem Fulleren und mindestens einer ionischen Flüssigkeit umfasst ein Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit einem aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial. Das Anoden- und/oder Kathodenmaterial kann dabei neben dem aktiven
25 Anoden- und/oder Kathodenmaterial ein Trägermaterial umfassen. Unter „Trägermaterial“ ist ein Material zu verstehen, dass mit dem aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial beschichtet ist, oder in dem das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial verteilt ist, sich aber von dem aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial unterscheidet. In einer Ausführungsform weist das Trägermaterial keine elektrochemische Aktivität, insbesondere
30 keine elektrochemische Aktivität und keine elektrische Leitfähigkeit auf.

Eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle, mit mindestens einem Fulleren und mindestens einer ionischen Flüssigkeit umfasst einen Elektrolyt. Der Elektrolyt umfasst ein ionenleitendes Medium, dessen elektrische Leitfähigkeit durch eine elektrolytische Dissoziation in Ionen begründet wird. In einer
5 besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle umfasst der Elektrolyt eine ionische Flüssigkeit, insbesondere eine ionische Flüssigkeit ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-chlorid, 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-hexafluorphosphat, 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-tetrafluorborat, 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-trifluormethansulfonat, 1-Butyl-1-methyl-pyrrolidinium-
10 bis(trifluormethylsulfonyl)-imid, Butyl-trimethylammonium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid, Cholidihydrogenphosphat, Ethylammoniumnitrat, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-bromid, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-dicyanamid, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-ethylsulfat, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-methansulfonat, 1-Hexyl-3-methyl-imidazoliumchlorid, 1-Hexyl-3-methyl-imidazolium-hexafluorphosphat, 1-Hexyl-3-methyl-imidazolium-
15 tetrafluorborat, 1-Methyl-3-octyl-imidazolium-hexafluorphosphat, 1-Methyl-3-octyl-imidazolium-tetrafluorborat, 1-Methyl-3-propyl-imidazolium-iodid, 1-Methyl-1-propyl-piperidinium-bis-(trifluormethylsulfonyl)-imid, Triethylsulphonium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid oder Mischungen daraus, insbesondere 1-Methyl-1-propylpyrrolidinium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid.

20

In einer weiteren Ausführungsform liegt das Fulleren Form einer Suspension mit einem Elektrolyt vor, insbesondere mit einem Elektrolyt umfassend eine ionische Flüssigkeit. In einer bevorzugten Ausführungsform stellt der Elektrolyt das zur Bildung der Suspension eingesetzte Lösungsmittel dar.

25

Eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle, mit mindestens einem Fulleren und mindestens einer ionischen Flüssigkeit umfasst eine Elektrode. Die Elektrode umfasst einen elektronenleitenden Werkstoff der mit dem Elektrolyt in Kontakt steht. In einer besonderen Ausführungsform umfasst die Elektrode selbst nicht das Fulleren.

30

Die Elektrode der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle, mit mindestens einem Fulleren und mindestens einer ionischen Flüssigkeit wird weder reduziert noch oxidiert,

- 14 -

sondern dient als Elektronenleiter. In anderen Worten können die Reduktions- und Oxidationsvorgänge des Fulleren lediglich an der Elektrode stattfinden ohne dass das Fulleren selbst Teil der Elektrode ist.

- 5 In einer besonderen Ausführungsform umfasst die Elektrode mindestens ein kohlenstoffhaltiges Material. In einer weiteren besonderen Ausführungsform umfasst das kohlenstoffhaltige Material Flächengebilde, insbesondere Kohlenstofffasern und/oder Kohlenstoffpartikel und/oder Kohlenstoffplatten und/oder Kohlenstoffnanoröhren. In einer weiteren besonderen Ausführungsform umfassen die Flächengebilde gewebte oder nicht-
10 gewebte textile Flächengebilde, welche Kohlenstofffasern enthalten, insbesondere Kohlenstofffilz und/oder Kohlenstoffgewebe.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle, mit mindestens einem Fulleren und mindestens einer ionischen Flüssigkeit umfasst mindestens
15 ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren, insbesondere [5,6]-Fulleren-C₆₀, mindestens ein Elektrolyt mit mindestens einer ionischen Flüssigkeit, insbesondere 1-Methyl-1-propylpyrrolidiniumbis(trisfluoromethylsulfonyl)imid und mindestens eine Elektrode, insbesondere eine Graphitplatte und/oder Graphitstift und/oder Graphitfilz und/oder Graphitgewebe.

20

Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung

Die Erfindung umfasst weiterhin eine elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtungen mit mindestens zwei der erfindungsgemäßen
25 elektrochemischen Halbzellen.

In einer besonderen Ausführungsform umfasst die elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung mindestens zwei elektrochemische Halbzellen, wobei

- (i) eine erste elektrochemische Halbzellen
30 (a) ein aktives Anodenmaterial
(b) einen ersten Elektrolyt und

- 15 -

- (c) eine erste Elektrode aufweist, und
- (ii) eine zweite elektrochemische Halbzellen
 - (a) ein aktives Kathodenmaterial
 - (b) einen zweiten Elektrolyt und
 - 5 (c) eine zweite Elektrode aufweist, und
- (iii) der Elektrolyt der ersten elektrochemischen Halbzelle und der Elektrolyt der zweiten elektrochemischen Halbzelle über einen Separator, insbesondere einen mikroporösen Seperator in Kontakt stehen und
- (iv) die erste elektrochemische Halbzelle und/oder die zweiten elektrochemische
10 Halbzelle unabhängig voneinander ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial aufweisen, das mindestens ein Fulleren umfasst

Das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial der ersten und/oder der zweiten elektrochemischen Halbzelle umfasst eine elektrochemisch aktive Verbindung, welche
15 mindestens 1 Elektron aufnehmen und/oder abgeben kann, bevorzugt mindestens 2 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 3 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 4 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 5 Elektronen, weiter bevorzugt mindestens 6 Elektronen. Die Aufnahme oder Abgabe von Elektronen durch das aktive Anoden- oder Kathodenmaterial erfolgt durch Reduktions- oder Oxidationsvorgänge.

20 In einer Ausführungsform umfasst das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial der ersten und/oder der zweiten elektrochemischen Halbzelle eine elektrochemisch aktive Verbindung, welche mindestens 1 Elektron aufnehmen und/oder abgeben kann, bevorzugt bis zu 2 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 3 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 4 Elektronen,
25 weiter bevorzugt bis zu 5 Elektronen, weiter bevorzugt bis zu 6 Elektronen. Die Aufnahme oder Abgabe von Elektronen durch das aktive Anoden- oder Kathodenmaterial erfolgt durch Reduktions- oder Oxidationsvorgänge.

In einer Ausführungsform umfasst das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial der ersten
30 und/oder zweiten elektrochemischen Halbzelle der elektrochemischen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung mindestens ein Fulleren.

Fulleren kann als mehrfach geladenes Kation beziehungsweise als mehrfach geladenes Anion auftreten, insbesondere kann das Fulleren in oxidierter Form in den Oxidationsstufen +1 bis +6 vorliegen und in reduzierter Form in den Oxidationsstufen -1 bis -6. In anderen Worten kann Fulleren in seinem elektronischen Grundzustand bis zu 6 Elektronen aufnehmen beziehungsweise bis zu 6 Elektronen abgeben. Das Fulleren kann in fester und/oder gelöster Form vorliegen, insbesondere in Form von Partikeln.

In einer besonderen Ausführungsform ist das Fulleren der einzige Bestandteil des aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterials der ersten und/oder zweiten elektrochemischen Halbzelle der erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung. In einer weiteren besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung, umfasst das aktive Anoden- und Kathodenmaterial der ersten und zweiten elektrochemischen Halbzelle mindestens ein Fulleren, wobei das aktive Anodenmaterial und das aktive Kathodenmaterial der ersten und der zweiten elektrochemischen Halbzelle identisch sind.

Die erfindungsgemäßen ersten und/oder zweiten elektrochemischen Halbzellen, umfassen bevorzugt ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial das frei von Metallen, Metallionen und/oder Metallverbindungen ist.

In einer Ausführungsform der ersten und/oder der zweiten elektrochemischen Halbzelle, umfasst das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial mindestens ein Fulleren, das in Form einer Suspension vorliegt, insbesondere in Form einer Suspension mit mindestens einer ionischen Flüssigkeit. Die Suspension kann dabei 0.1 bis 99.9 Gew.-%, bevorzugt 1 bis 50 Gew.-%, weiter bevorzugt 1 bis 25 Gew.-%, weiter bevorzugt 5 bis 20, insbesondere 10 Gew.-% Fulleren umfassen, bezogen auf das Gesamtgewicht der Suspension. In einer Ausführungsform mit mindestens einem Fulleren und mindestens einer ionischen Flüssigkeit kann die Suspension 99.9 bis 0.1 Gew.-%, bevorzugt 99 bis 50 Gew.-%, weiter bevorzugt 99 bis 75 Gew.-%, weiter bevorzugt 95 bis 80, insbesondere 90 Gew.-% ionische Flüssigkeit umfassen, bezogen auf das Gesamtgewicht der Suspension.

In einer besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung, umfasst die erste und die zweite elektrochemischen Halbzelle ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren, das in Form einer Suspension vorliegt, wobei die Suspension des aktiven Anodenmaterials der ersten
5 elektrochemischen Halbzelle mit der Suspension des aktiven Kathodenmaterials der zweiten elektrochemischen Halbzelle identisch ist.

In einer weiteren besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung, umfasst die erste und die zweite elektrochemischen
10 Halbzelle ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren, das in Form einer Suspension mit mindestens einer ionischen Flüssigkeit vorliegt. In einer weiteren besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung, umfasst die erste und die zweite elektrochemischen Halbzelle ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren, das in Form
15 einer Suspension mit mindestens einer ionischen Flüssigkeit vorliegt, wobei die Suspension des aktiven Anodenmaterials der ersten elektrochemischen Halbzelle mit der Suspension des aktiven Kathodenmaterials der zweiten elektrochemischen Halbzelle identisch ist.

Im Rahmen dieser Erfindung werden auch Ausführungsformen erfasst, welche eine
20 Suspension umfasst, die neben Fulleren und ionischer Flüssigkeit weitere Inhaltsstoffe aufweist.

In einer weiteren besonderen Ausführungsform umfasst die ersten und/oder die zweiten erfindungsgemäße elektrochemische Halbzelle ein Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit
25 einem aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial. Das Anoden- und/oder Kathodenmaterial kann dabei neben dem aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial ein Trägermaterial umfassen. Unter „Trägermaterial“ ist ein Material zu verstehen, dass mit dem aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial beschichtet ist, oder in dem das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial verteilt ist, sich aber von dem aktiven Anoden- und/oder
30 Kathodenmaterial unterscheidet. In einer Ausführungsform weist das Trägermaterial keine

elektrochemische Aktivität, insbesondere keine elektrochemische Aktivität und keine elektrische Leitfähigkeit auf.

5 In einer weiteren besonderen Ausführungsform liegt das Fulleren Form einer Suspension mit einem Elektrolyt vor, insbesondere mit einem Elektrolyt umfassend eine ionische Flüssigkeit. In anderen Worten umfasst diese Ausführungsform eine erste und/oder der zweiten elektrochemischen Halbzelle mit einem aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial das mindestens ein Fulleren aufweist, das in Form einer Suspension vorliegt, wobei die Suspension auch den Elektrolyt, insbesondere eine ionische Flüssigkeit, umfasst.

10

Der erste und/oder zweite Elektrolyt der ersten und/oder zweiten elektrochemischen Halbzelle der erfindungsgemäßen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung umfasst ein ionenleitendes Medium, dessen elektrische Leitfähigkeit durch eine elektrolytische Dissoziation in Ionen begründet wird. In einer besonderen Ausführungsform umfasst erste und/oder zweite Elektrolyt eine ionische Flüssigkeit, insbesondere eine ionische Flüssigkeit ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 1-Butyl-3-methylimidazolium-chlorid, 1-Butyl-3-methylimidazolium-hexafluorphosphat, 1-Butyl-3-methylimidazolium-tetrafluorborat, 1-Butyl-3-methylimidazolium-trifluormethansulfonat, 1-Butyl-1-methyl-pyrrolidinium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid, Butyl-trimethylammonium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid, Cholindihydrogenphosphat, Ethylammoniumnitrat, 1-Ethyl-3-methylimidazolium-bromid, 1-Ethyl-3-methylimidazolium-dicyanamid, 1-Ethyl-3-methylimidazolium-ethylsulfat, 1-Ethyl-3-methylimidazolium-methansulfonat, 1-Hexyl-3-methylimidazoliumchlorid, 1-Hexyl-3-methylimidazolium-hexafluorphosphat, 1-Hexyl-3-methylimidazolium-tetrafluorborat, 1-Methyl-3-octylimidazolium-hexafluorphosphat, 1-Methyl-3-octylimidazolium-tetrafluorborat, 1-Methyl-3-propylimidazolium-iodid, 1-Methyl-1-propyl-piperidinium-bis-(trifluormethylsulfonyl)imid, Triethylsulphonium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid oder Mischungen daraus, insbesondere 1-Methyl-1-propylpyrrolidinium-bis(trisfluoromethylsulfonyl)imid.

30

In einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen ersten und/oder zweiten elektrochemischen Halbzelle, kann der erste und/oder zweite Elektrolyt identisch mit der

ionischen Flüssigkeit des aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterials sein. In einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen ersten und/oder zweiten elektrochemischen Halbzelle kann der erste Elektrolyt mit dem zweiten Elektrolyt identisch sein.

5

Die erste und/oder zweite Elektrode der ersten und/oder zweiten elektrochemischen Halbzelle der erfindungsgemäßen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung umfasst einen elektronenleitenden Werkstoff der mit dem Elektrolyt in Kontakt steht. In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform umfasst die erste und/oder zweite Elektrode

10

nicht das aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial. Die erste und/oder zweite Elektrode der erfindungsgemäßen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung wird weder reduziert noch oxidiert, sondern dient als Elektronenleiter. In anderen Worten können die Reduktions- und Oxidationsvorgänge des aktiven Anoden- und/oder Kathodenmaterial an der ersten und/oder zweiten Elektrode stattfinden, ohne dass das aktiven Anoden- und/oder

15

Kathodenmaterial selbst Teil der ersten und/oder zweiten Elektrode ist.

In einer besonderen Ausführungsform umfasst die erste und/oder zweite Elektrode mindestens ein kohlenstoffhaltiges Material, insbesondere zwei kohlenstoffhaltige Materialien. In einer weiteren besonderen Ausführungsform umfasst das kohlenstoffhaltige

20 Material Flächengebilde, insbesondere Kohlenstofffasern und/oder Kohlenstoffpartikel und/oder Kohlenstoffplatten und/oder Kohlenstoffnanoröhren. In einer weiteren besonderen Ausführungsform umfassen die Flächengebilde gewebte oder nicht-gewebte textile Flächengebilde, welche Kohlenstofffasern enthalten, insbesondere Kohlenstofffilz und/oder Kohlenstoffgewebe.

25

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung mit mindestens zwei elektrochemischen Halbzellen ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren, insbesondere [5,6]-Fulleren-C₆₀, mindestens ein Elektrolyt mit

30 mindestens einer ionischen Flüssigkeit, insbesondere 1-Methyl-1-

propylpyrrolidiniumbis(trisfluoromethylsulfonyl)imid und mindestens eine erste und zweite

- 20 -

Elektrode, insbesondere Graphitplatten und/oder Graphitstifte und/oder Graphitfilze und/oder Graphitgewebe.

- Die Erfindung betrifft außerdem Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:
- 5 (i) bereitstellen einer Elektrode,
 - (ii) bereitstellen eines aktiven Anoden und/oder Kathodenmaterials mit mindestens einem Fulleren, insbesondere in Form einer Suspension,
 - (iii) bereitstellen eines Elektrolyts, insbesondere eines Elektrolyts mit mindestens einer
10 ionischen Flüssigkeit,

In einer Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle wird die Elektrode mit einer Suspension des aktiven Anoden und/oder Kathodenmaterials behandelt. Dabei wird zunächst eine Suspension des aktiven
15 Anoden und/oder Kathodenmaterials vorbereitet, insbesondere eine Suspension aus mindestens einem Fulleren und mindestens einer ionischen Flüssigkeit, und anschließend die Elektrode mit der Suspension behandelt.

Die Erfindung betrifft außerdem die Verwendung einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle zur Herstellung der erfindungsgemäßen elektrochemische
20 Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung.

Die erfindungsgemäße elektrochemische Halbzelle, sowie die elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtungen mit mindestens zwei der
25 erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzellen zeichnen sich durch eine besonders hohe theoretische Kapazität aus.

Die Kapazität ist das Produkt aus Strom und Zeit und ergibt sich gemäß der Formel (iii):

30 $\text{Kapazität} = I \cdot t$ (iii),

wobei I der Strom in Amper [A], t die Zeit in Stunden [h] ist.

Die Kapazität von elektrochemischen Halbzellen, sowie elektrochemischen Energiespeicher- und/oder Energiewandlern vorrichtungen ergibt sich aus dem Faradayschen Gesetz gemäß

5 Formel (iv):

$$Q = n \cdot z \cdot F \quad (\text{iv}),$$

wobei Q die Ladungsmenge, n die umgesetzte Stoffmenge in Mol [mol], z die Anzahl der
10 Elektronen und F die Faradaykonstante in Coulomb [C] (96487 C) ist.

Für eine erfindungsgemäße Halbzelle sowie die elektrochemische Energiespeicher- und/oder
Energiewandlern vorrichtung mit mindestens zwei der erfindungsgemäßen elektrochemischen
Halbzellen, mit bis zu 6 Elektronenübergängen, ergibt sich damit eine Kapazität von 160.8
15 Ah/mol.

Für eine erfindungsgemäße Halbzelle sowie die elektrochemische Energiespeicher- und/oder
Energiewandlern vorrichtung mit mindestens zwei der erfindungsgemäßen elektrochemischen
Halbzellen mit bis zu 3 Elektronenübergängen, ergibt sich damit eine Kapazität von 80.4
20 Ah/mol.

Für eine erfindungsgemäße Halbzelle sowie die elektrochemische Energiespeicher- und/oder
Energiewandlern vorrichtung mit mindestens zwei der erfindungsgemäßen elektrochemischen
Halbzellen mit bis zu 2 Elektronenübergängen, ergibt sich damit eine Kapazität von 53.6
25 Ah/mol.

Für eine erfindungsgemäße Halbzelle sowie die elektrochemische Energiespeicher- und/oder
Energiewandlern vorrichtung mit mindestens zwei der erfindungsgemäßen elektrochemischen
Halbzellen mit 1 Elektronenübergang, ergibt sich damit eine Kapazität von 26.8 Ah/mol.
30

Für eine erfindungsgemäße Halbzelle sowie die elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung mit mindestens zwei der erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzellen zeigt demzufolge eine theoretische Kapazität in einem Bereich von 26.8 Ah/mol bis 160.8 Ah/mol.

5

Die Energiedichte ist das Produkt aus Ladungsmenge und Spannung und ergibt sich gemäß der Formel (v):

$$W = Q \cdot U \quad (v),$$

10

wobei W die Energiedichte, Q die Ladungsmenge und U die Spannung ist.

Die Energiedichte bei drei Spannungsplateaus mit nutzbaren reversiblen Redoxreaktionen bei 3.5 V, 2.5 V und 1.5 V ergibt nach Formel (v) eine theoretische Energiedichte von 201

15

$$3.5 \text{ V} \cdot 26.8 \text{ Ah/mol} + 2.5 \text{ V} \cdot 26.8 \text{ Ah/mol} + 1.5 \text{ V} \cdot 26.8 \text{ Ah/mol} = 201 \text{ Wh/mol}$$

Figuren

20

Figur 1 zeigt die Reduktionspeaks von [5,6]-Fulleren-C₆₀ bis [5,6]-Fulleren-C₆₀⁻⁶ wie in Q, Xie, E, Perez-Cordero, L' Echegoyen, „Electrochemical Detection of C₆₀⁻⁶ and C₇₀⁻⁶ Enhanced Stability of Fullerenes in Solution, J. Am. Soc, 1992, 114, 3978-3980 veröffentlicht.

25

Figur 2 zeigt die Lade- und Entladekurven einer Zelle mit 10 % [5,6]-Fulleren-C₆₀ in l-Methyl-l-propylpyrrolidiniumbis(trifluoromethylsulfonyl)imid.

30

Figur 3 zeigt eine Einzelne Lade- und Entladekurve einer Zelle mit 10 % [5,6]-Fulleren-C₆₀ in l-Methyl-l-propylpyrrolidiniumbis(trifluoromethylsulfonyl)imid

BEISPIELE

Beispiel 1:

Aus einer Suspension von 10 % [5,6]-Fulleren-C₆₀ in 1-Methyl-1-propyl-
5 pyrrolidiniumbis(trifluoromethylsulfonyl)imid (99 %, Iolitec GmbH, Deutschland) wurde
eine Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung aufgebaut. Die Energiespeicher-
und/oder Energiewandlervorrichtung wurde durch einen mikroporösen Separator (Celgard
Inc., USA) in zwei elektrochemische Halbzelle geteilt. Als Elektroden wurden Graphitplatten
(FU 4036, Schunk Kohlenstofftechnik GmbH, Deutschland) und Graphitfilz (GFA5, SGL-
10 Carbon, Deutschland) eingesetzt. An einen PVC-Rahmen aus vier zueinander etwa
parallelen Segmenten mit einem Hohlraum von 5 x 33 x 30 mm wurde eine Graphitplatte
kraftschlüssig, insbesondere flüssigkeitsdicht, einseitig seitlich angebracht. Anschließend
wurde ein Graphitfilz in den einseitig geöffneten Körper gelegt und eine Suspension von 10
15 % [5,6]-Fulleren-C₆₀ in 1-Methyl-1-propyl-pyrrolidiniumbis(trifluoromethylsulfonyl)imid auf
den Graphitfilz aufgetragen, bis dieser vollständig mit der Suspension gesättigt war und
keine weitere Suspension aufnehmen konnte. Der Hohlraum des einseitig geöffneten Körpers
wurde anschließend 1-Methyl-1-propyl-pyrrolidiniumbis-(trifluoromethylsulfonyl)imid
aufgefüllt, wobei das 1-Methyl-1-propyl-pyrrolidiniumbis(trifluoromethylsulfonyl)imid als
20 Elektrolyt fungiert. Der einseitig geöffnete Körper stellt eine Ausführungsform der
erfindungsgemäßen elektrochemischen Halbzelle der elektrochemischen Energiespeicher-
und/oder Energiewandlervorrichtung dar. Anschließend wurde der einseitig geöffneten
Körper durch das kraftschlüssige, insbesondere flüssigkeitsdichte Auftragen eines Separators
geschlossen. Daraufhin wurde an einem zweiten PVC-Rahmen aus vier zueinander etwa
25 parallelen Segmenten mit einem Hohlraum von 5 x 33 x 30 mm eine zweite Graphitplatte
kraftschlüssig, insbesondere flüssigkeitsdicht, einseitig seitlich angebracht. Anschließend
wurde ein zweiter Graphitfilz in den zweiten einseitig geöffneten Körper gelegt und eine
Suspension von 10 % [5,6]-Fulleren-C₆₀ in 1-Methyl-1-propyl-pyrrolidiniumbis-
(trifluoromethylsulfonyl)imid auf den zweiten Graphitfilz aufgetragen, bis dieser vollständig
30 mit der Suspension gesättigt war und keine weitere Suspension aufnehmen konnte. Der
Hohlraum des zweiten einseitig geöffneten Körpers wurde anschließend 1-Methyl-1-propyl-
pyrrolidiniumbis-(trifluoromethylsulfonyl)imid aufgefüllt, wobei das 1-Methyl-1-propyl-

pyrrolidiniumbis(trifluoromethylsulfonyl)imid als Elektrolyt fungiert. Der zweite einseitig geöffnete Körper stellt eine Ausführungsform der elektrochemischen Halbzelle der erfindungsgemäßen elektrochemischen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung dar. Anschließend wurde der zweite einseitig geöffnete Körper über den die geöffnete Seite abgrenzenden PVC Rahmen an den Separator der ersten Halbzelle kraftschlüssig, insbesondere flüssigkeitsdicht einseitig, seitlich angebracht. Die elektrische Kontaktierung der ersten und der zweiten elektrochemischen Halbzelle erfolgte durch ein erstes Kupferblech an der ersten Graphitplatte und ein zweites Kupferblech und der zweiten Graphitplatte. Die beiden elektrochemischen Halbzellen wurden anschließend über das erste Kupferblech und das zweite Kupferblech mit einem elektrischen Leiter der Stromdichte 0.3 mA/cm^2 elektrisch leitend verbunden.

Wie in den Figuren 2 und 3 gezeigt betragen die Ladeschlußspannung der so hergestellten elektrochemischen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung etwa 5 V und die Entladeschlußspannung etwa 0,5 V. Bei einem Ladevorgang polarisiert die elektrochemischen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung zunächst gleichmäßig bis zu einer Spannung von etwa 4 V. Anschließend verlangsamt sich die Polarisation der elektrochemischen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung bis die Ladeschlußspannung erreicht ist. Nach dem Ladevorgang fällt die Klemmspannung innerhalb von 10 Minuten auf einen Wert von etwa 4,4 V und anschließend innerhalb von weiteren 10 Minuten auf einen Wert von etwa 4,3V. Anschließend wurde die elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung entladen. Dabei polarisierte die Zelle innerhalb von weniger als 1 Minute auf einen Wert von etwa 3,9 V und anschließend innerhalb von 2,5 Stunden auf einen Wert von etwa 2,8 V und anschließend innerhalb von 3,5 Stunden auf einen Wert von etwa 1,25 V. Die Lade- und Entladekurven zeigen ein Verhalten, das dem der Nernstgleichung mit zwei Elektronenübergängen entspricht.

A N S P R Ü C H E

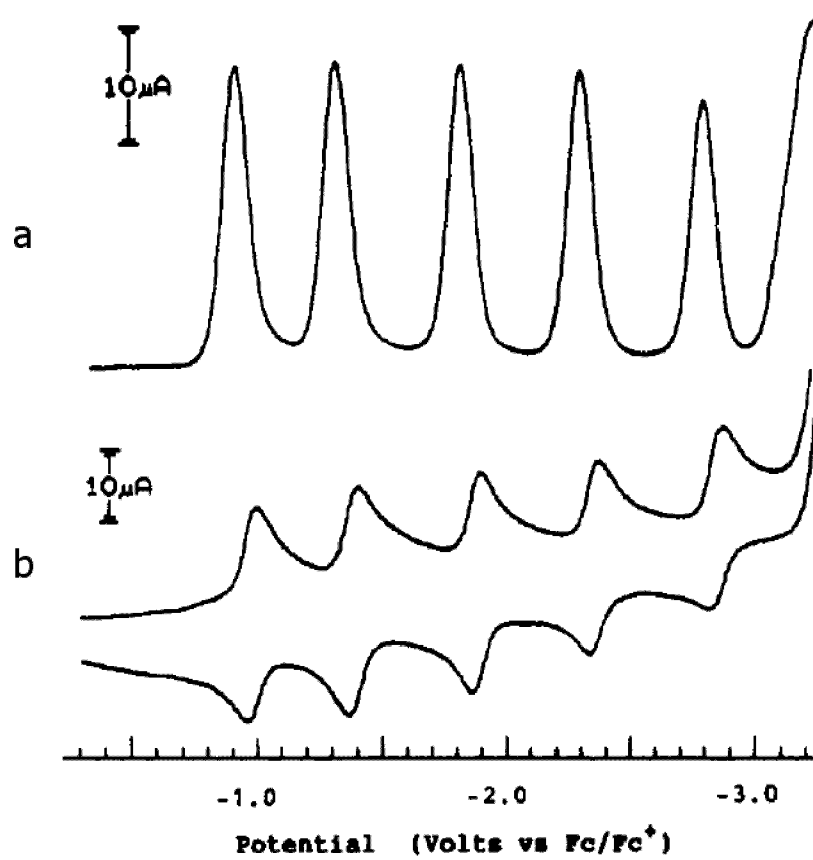
1. Elektrochemische Halbzelle umfassend ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial mit mindestens einem Fulleren.
5
2. Elektrochemische Halbzelle gemäß Anspruch 1, wobei das Fulleren ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus [5,6]-Fulleren-C₆₀, [5,6]-Fulleren-C₇₀, Fulleren-C₇₆, Fulleren-C_{vg}, Fulleren-C_{go}, Fulleren-C_{g2}, Fulleren-C_{g4}, Fulleren-C_{g6}, Fulleren-C_{po} oder Mischungen daraus, vorzugsweise [5,6]-Fulleren-C₆₀ und/oder [5,6]-Fulleren-C₇₀, insbesondere [5,6]-Fulleren-C₆₀.
10
3. Elektrochemische Halbzelle gemäß Anspruch 1, wobei das Fulleren in Form einer Suspension vorliegt, insbesondere in Form einer Suspension mit einer ionischen Flüssigkeit.
15
4. Elektrochemische Halbzelle gemäß Anspruch 3, wobei die ionische Flüssigkeit ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-chlorid, 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-hexafluorphosphat, 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-tetrafluorborat, 1-Butyl-3-methyl-imidazolium-trifluormethansulfonat, 1-Butyl-1-methyl-pyrrolidinium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid, Butyl-trimethylammonium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid, Cholin-dihydrogenphosphat, Ethylammoniumnitrat, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-bromid, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-dicyanamid, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-ethylsulfat, 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium-methansulfonat, 1-Hexyl-3-methyl-imidazoliumchlorid, 1-Hexyl-3-methyl-imidazolium-hexafluorphosphat, 1-Hexyl-3-methyl-imidazolium-tetrafluorborat, 1-Methyl-3-octyl-imidazolium-hexafluorphosphat, 1-Methyl-3-octyl-imidazolium-tetrafluorborat, 1-Methyl-3-propyl-imidazolium-iodid, 1-Methyl-1-propyl-piperidinium-bis-(trifluormethylsulfonyl)-imid, Triethylsulphonium-bis(trifluormethylsulfonyl)imid oder Mischungen daraus, vorzugsweise 1-Methyl-1-propylpyrrolidiniumbis(trifluormethylsulfonyl)imid.
20
25
30
5. Elektrochemische Halbzelle gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend eine Suspension mit 0.1 bis 99.9 Gew.-%, bevorzugt 1 bis 50 Gew.-%,

weiter bevorzugt 1 bis 25 Gew.-%, weiter bevorzugt 5 bis 20, insbesondere 10 Gew.-% Fulleren, bezogen auf das Gesamtgewicht der Suspension.

- 5
6. Elektrochemische Halbzelle gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem aktiven Anoden und/oder Kathodenmaterial, dass bis zu 6 Elektronen aufnehmen und/oder Abgeben kann.
- 10
7. Elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung umfassend zwei elektrochemische Halbzellen, wobei
- (i) eine erste elektrochemische Halbzelle
- (a) ein aktives Anodenmaterial
- (b) einen ersten Elektrolyt und
- (c) eine erste Elektrode aufweist, und
- (ii) eine zweite elektrochemische Halbzelle
- 15
- (a) ein aktives Kathodenmaterial
- (b) einen zweiten Elektrolyt und
- (c) eine zweite Elektrode aufweist, und
- (iii) der Elektrolyt der ersten elektrochemischen Halbzelle und der Elektrolyt der zweiten elektrochemischen Halbzelle über einen mikroporösen Separator in
- 20
- Kontakt stehen und
- (iv) die erste elektrochemische Halbzelle und/oder die zweiten elektrochemische Halbzelle ein aktives Anoden- und/oder Kathodenmaterial aufweisen, das mindestens ein Fulleren umfasst.
- 25
8. Elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei das aktive Anoden- und/oder Kathodenmaterial der ersten und/oder zweiten elektrochemischen Halbzelle eine Suspension mit mindestens einem Fulleren umfasst, insbesondere eine Suspension mit mindestens einem Fulleren und mindestens einer ionischen Flüssigkeit.

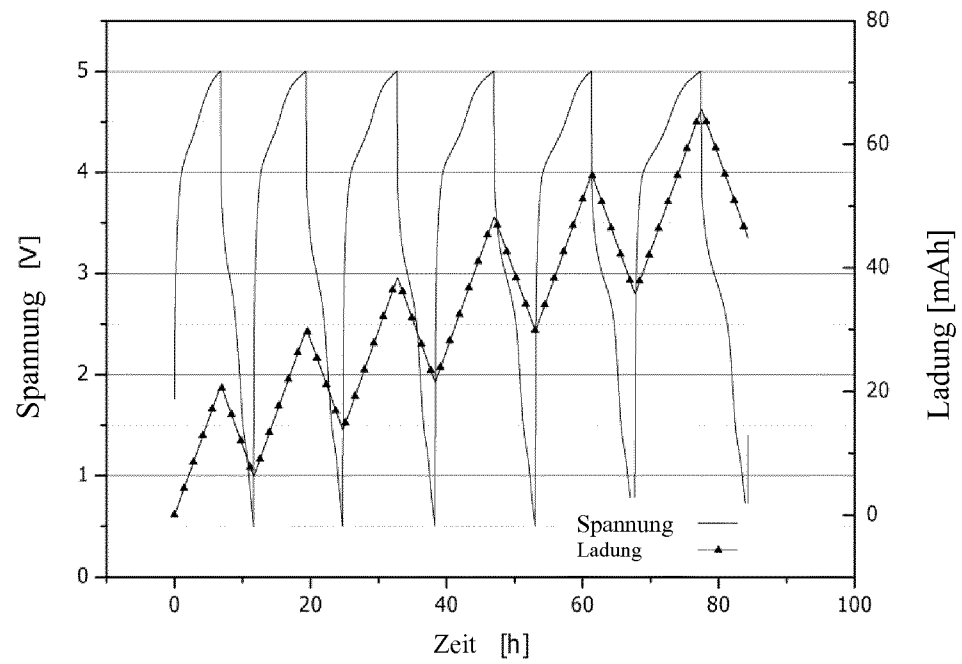
9. Elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung gemäß Anspruch 7 oder 8, wobei die erste und zweite Elektrode mindestens ein kohlenstoffhaltiges Material umfasst, insbesondere zwei kohlenstoffhaltige Materialien.
- 5
10. Elektrochemische Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung gemäß Anspruch 10, wobei die kohlenstoffhaltigen Materialien Flächengebilde umfassen, bevorzugt Kohlenstofffasern und/oder Kohlenstoffpartikel und/oder Kohlenstoffplatten und/oder Kohlenstoffnanoröhren.
- 10
11. Elektrochemische Energiespeicher- oder Energiewandlervorrichtung gemäß Anspruch 11, wobei die Flächengebilde gewebte oder nicht-gewebte textile Flächengebilde umfassen, welche Kohlenstofffasern enthalten, vorzugsweise Kohlenstofffilz und/oder Kohlenstoffgewebe.
- 15
12. Verfahren zur Herstellung einer elektrochemischen Halbzelle, umfassend das Bereitstellen einer Suspension mit mindestens einem Fulleren.
- 20
13. Verwendung einer elektrochemischen Halbzelle gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 zur Herstellung einer elektrochemischen Energiespeicher- und/oder Energiewandlervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 7 bis 12.

FIGUREN

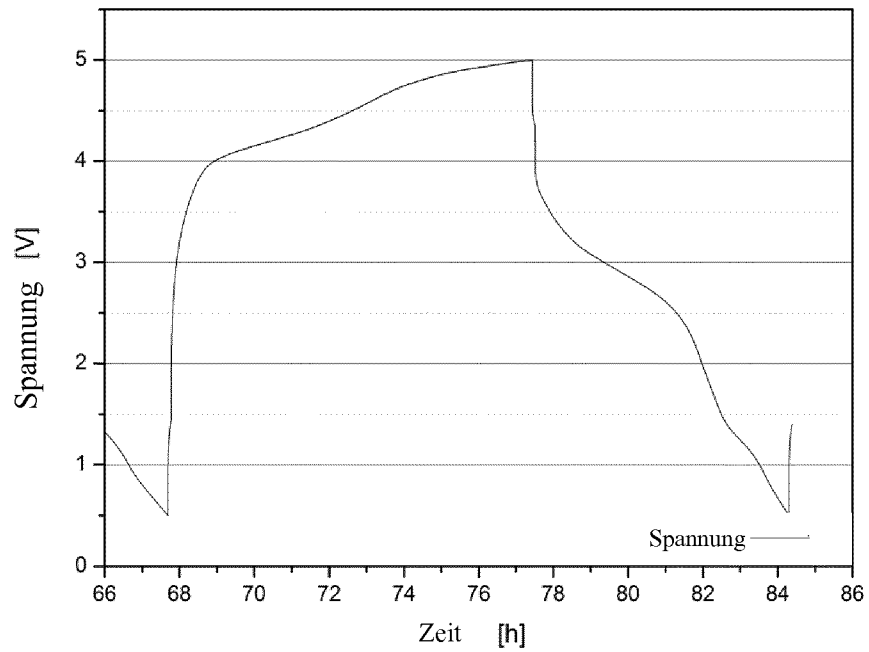


Figur 1: Reduktionspeaks von [5,6]-Fulleren-C₆₀ bis [5,6]-Fulleren-C₆₀⁻⁶

- 5 (a) Differential-Puls-Voltametrie (80 mV Pulse, 50 ms Pulsbreite, 200ms Pulslänge, 10 mV/s Scangeschwindigkeit)
- (b) Cyclische-Voltametrie (100mV/s von C₆₀ in CH₃CN/Toluol bei 25°C)



5 Figur 2: Lade- und Entladekurven einer Zelle mit 10 % [5,6]-Fulleren- C_{60} in 1-Methyl-3-propylpyrrolidiniumbis(trifluoromethylsulfonyl)imid



Figur 3: Einzelne Lade- und Entladekurve einer Zelle mit 10 % [5,6]-Fulleren- C_{60} in l-Methyl-l-propylpyrrolidiniumbis(trifluoromethylsulfonyl)imid

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2013/054092
--

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H01M4/62 H01M4/02 H01M4/42
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) onto 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 practicable, search terms used)
 EPO-Internal , WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
X	US 2005/158626 AI (WAGNER MICHAEL J [US] ET AL WAGNER MICHAEL JAMES [US] ET AL) 21 July 2005 (2005-07-21) the whole document * siehe [0021] - [0026] ; Ansprüche * -----	1-13
X	US 2004/091783 AI (CAGLE DAWSON W [US]) 13 May 2004 (2004-05-13) the whole document * siehe [0012] - [0014] ; [0023] - [0026] ; Ansprüche * -----	1-13
X	WO 2010/091352 A2 (APPLIED MATERIALS INC [US] ; LOPATIN SERGEY [US] ; BACHRACH ROBERT Z [US] 12 August 2010 (2010-08-12) the whole document * siehe [0027] [0028] ; Ansprüche * ----- -/- .	1-13

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 application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
--	--

Date of the actual completion of the international search 12 June 2013	Date of mailing of the international search report 20/06/2013
--	---

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 Stel Imach , Joachim
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/054092

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
X	JP H07 296799 A (MITSUBISHI CABLE IND LTD) 10 November 1995 (1995-11-10) abstract -----	1-13
X	JP H05 314977 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND co LTD) 26 November 1993 (1993-11-26) abstract -----	1-13
X	JP H05 101850 A (KANEKAFUCHI CHEMICAL IND) 23 April 1993 (1993-04-23) abstract -----	1-13
X	GB 2 413 319 A (ITT MFG ENTERPRISES INC [US]) 26 October 2005 (2005-10-26) the whole document * siehe [0013] - [0015] ; [0020] - [0026] ; Ansprüche *	1-13
X	EP 1 548 862 AI (MITSUBISHI CHEM CORP [JP]) 29 June 2005 (2005-06-29) the whole document * siehe [0081] - [0086] ; [0092] - [0150] ; Ansprüche *	1-13
X	US 2005/221184 AI (NARUTO TOSHIYA [JP] ET AL) 6 October 2005 (2005-10-06) the whole document * siehe [0036] - [0089] ; Ansprüche *	1-13
X	wo 2010/068651 A2 (APPLIED MATERIALS INC [US] ; LOPATIN SERGEY [US] ; LAZIK CHRISTOPHER S []) 17 June 2010 (2010-06-17) the whole document * siehe [0004] - [0009] ; [0031] - [0043] ; Ansprüche *	1-13
X	wo 00/31811 AI (MAT & ELECTROCHEM RES CORP [US]) 2 June 2000 (2000-06-02) the whole document * siehe S.4; S.6/7 ; Ansprüche *	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2013/054092
--

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005158626	AI	21-07-2005	NONE

US 2004091783	AI	13-05-2004	DE 10221586 AI 16-01-2003
			GB 2376129 A 04-12-2002
			JP 4383719 B2 16-12-2009
			JP 2003036841 A 07-02-2003
			KR 20020090898 A 05-12-2002
			US 2002182506 AI 05-12-2002
			US 2004091783 AI 13-05-2004

Wo 2010091352	A2	12-08-2010	CN 102369308 A 07-03-2012
			EP 2393959 A2 14-12-2011
			JP 2012517399 A 02-08-2012
			KR 20110122842 A 11-11-2011
			TW 201034276 A 16-09-2010
			wo 2010091352 A2 12-08-2010

JP H07296799	A	10-11-1995	NONE

JP H05314977	A	26-11-1993	NONE

JP H05101850	A	23-04-1993	JP 3143715 B2 07-03-2001
			JP H05101850 A 23-04-1993

GB 2413319	A	26-10-2005	DE 102004052507 AI 23-02-2006
			GB 2413319 A 26-10-2005
			GB 2446980 A 27-08-2008
			JP 4856867 B2 18-01-2012
			JP 2005132719 A 26-05-2005
			KR 20050040117 A 03-05-2005

EP 1548862	AI	29-06-2005	AU 2003272899 AI 23-04-2004
			EP 1548862 AI 29-06-2005
			KR 20050075753 A 21-07-2005
			wo 2004032262 AI 15-04-2004

US 2005221184	AI	06-10-2005	NONE

wo 2010068651	A2	17-06-2010	CN 102246336 A 16-11-2011
			JP 2012512505 A 31-05-2012
			KR 20110100275 A 09-09-2011
			TW 201029248 A 01-08-2010
			US 2010151318 AI 17-06-2010
			wo 2010068651 A2 17-06-2010

wo 0031811	AI	02-06-2000	US 6146791 A 14-11-2000
			wo 0031811 AI 02-06-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/054092

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01M4/62 H01M4/02 H01M4/42
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01M

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

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

EPO-Internal , WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/158626 AI (WAGNER MICHAEL J [US] ET AL WAGNER MICHAEL JAMES [US] ET AL) 21. Jul i 2005 (2005-07-21) das ganze Dokument * si ehe [0021] - [0026] ; Ansprüche *	1-13
X	US 2004/091783 AI (CAGLE DAWSON W [US]) 13. Mai 2004 (2004-05-13) das ganze Dokument * si ehe [0012] - [0014] ; [0023] - [0026] ; Ansprüche *	1-13
X	WO 2010/091352 A2 (APPLI ED MATERIALS INC [US] ; LO PATIN SERGEY [US] ; BACHRACH ROBERT Z [US]) 12. August 2010 (2010-08-12) das ganze Dokument * si ehe [0027] [0028] ; Ansprüche *	1-13

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
12. Juni 2013	20/06/2013

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 Stel Imach , Joachim
--	---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/054092

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP H07 296799 A (MITSUBISHI CABLE IND LTD) 10. November 1995 (1995-11-10) Zusammenfassung -----	1-13
X	JP H05 314977 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND co LTD) 26. November 1993 (1993-11-26) Zusammenfassung -----	1-13
X	JP H05 101850 A (KANEGAFUCHI CHEMICAL IND) 23. April 1993 (1993-04-23) Zusammenfassung -----	1-13
X	GB 2 413 319 A (ITT MFG ENTERPRISES INC [US]) 26. Oktober 2005 (2005-10-26) das ganze Dokument * siehe [0013] - [0015] ; [0020] - [0026] ; Ansprüche *	1-13
X	EP 1 548 862 A1 (MITSUBISHI CHEM CORP [JP]) 29. Juni 2005 (2005-06-29) das ganze Dokument * siehe [0081] - [0086] ; [0092] - [0150] ; Ansprüche *	1-13
X	US 2005/221184 A1 (NARUTO TOSHIYA [JP] ET AL) 6. Oktober 2005 (2005-10-06) das ganze Dokument * siehe [0036] - [0089] ; Ansprüche *	1-13
X	WO 2010/068651 A2 (APPLIED MATERIALS INC [US] ; LOPATIN SERGEY [US] ; LAZIK CHRISTOPHER S []) 17. Juni 2010 (2010-06-17) das ganze Dokument * siehe [0004] - [0009] ; [0031] - [0043] ; Ansprüche *	1-13
X	WO 00/31811 A1 (MAT & ELECTROCHEM RES CORP [US]) 2. Juni 2000 (2000-06-02) das ganze Dokument * siehe S.4; S.6/7 ; Ansprüche *	1-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/054092

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005158626	AI	21-07-2005	KEINE
US 2004091783	AI	13-05-2004	DE 10221586 AI 16-01-2003 GB 2376129 A 04-12-2002 JP 4383719 B2 16-12-2009 JP 2003036841 A 07-02-2003 KR 20020090898 A 05-12-2002 US 2002182506 AI 05-12-2002 US 2004091783 AI 13-05-2004
Wo 2010091352	A2	12-08-2010	CN 102369308 A 07-03-2012 EP 2393959 A2 14-12-2011 JP 2012517399 A 02-08-2012 KR 20110122842 A 11-11-2011 TW 201034276 A 16-09-2010 wo 2010091352 A2 12-08-2010
JP H07296799	A	10-11-1995	KEINE
JP H05314977	A	26-11-1993	KEINE
JP H05101850	A	23-04-1993	JP 3143715 B2 07-03-2001 JP H05101850 A 23-04-1993
GB 2413319	A	26-10-2005	DE 102004052507 AI 23-02-2006 GB 2413319 A 26-10-2005 GB 2446980 A 27-08-2008 JP 4856867 B2 18-01-2012 JP 2005132719 A 26-05-2005 KR 20050040117 A 03-05-2005
EP 1548862	AI	29-06-2005	AU 2003272899 AI 23-04-2004 EP 1548862 AI 29-06-2005 KR 20050075753 A 21-07-2005 wo 2004032262 AI 15-04-2004
US 2005221184	AI	06-10-2005	KEINE
wo 2010068651	A2	17-06-2010	CN 102246336 A 16-11-2011 JP 2012512505 A 31-05-2012 KR 20110100275 A 09-09-2011 TW 201029248 A 01-08-2010 US 2010151318 AI 17-06-2010 wo 2010068651 A2 17-06-2010
wo 0031811	AI	02-06-2000	US 6146791 A 14-11-2000 wo 0031811 AI 02-06-2000