

(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
14. Mai 2020 (14.05.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/094615 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01M 8/0226 (2016.01) H01M 8/0221 (2016.01)
H01M 8/0228 (2016.01) H01M 8/18 (2006.01)
H01M 8/0213 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/080187

(22) Internationales Anmeldedatum:

05. November 2019 (05.11.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2018 219 055.0

08. November 2018 (08.11.2018) DE

(71) Anmelder: **THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen

(DE). **THYSSENKRUPP AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(72) Erfinder: **BECKER, Maik**; Mengestraße 31, 38642 Goslar (DE). **POLCYN, Gregor Damian**; Am Franzosensiepen 63, 44227 Dortmund (DE). **TOROS, Peter**; Am Kaiser-Wilhelm-Park 57, 45326 Essen (DE).

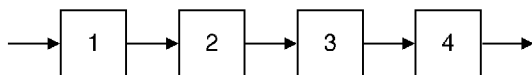
(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,

(54) Title: REDOX FLOW CELL BIPOLAR PLATE, METHOD FOR PRODUCING SAME, AND REDOX FLOW CELLS

(54) Bezeichnung: REDOX-FLOW-ZELLEN-BIPOLARPLATTE, VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG UND REDOX-FLOW-ZELLEN

Fig. 1



(57) Abstract: The present invention relates to a redox flow cell bipolar plate containing at least one porous conductive fabric and at least one polymer, the polymer penetrating the porous conductive fabric and the polymer being a polymer wax, in particular a polyolefin wax. The invention also relates to a redox flow cell comprising at least one redox flow cell bipolar plate of the aforementioned type. Lastly, the invention relates to a method for producing a redox flow cell bipolar plate comprising the steps: a) contacting, in which a flexible, porous conductive fabric is brought into contact with a polymer wax, in particular with a polyolefin wax; b) heating, in which the polymer wax is heated to a first temperature before the contacting, during the contacting and/or after the contacting, such that a liquefied polymer wax is obtained; c) infiltrating, in which the liquefied polymer wax at least partially penetrates the porous conductive fabric, so as to obtain a fabric saturated with the liquefied polymer wax; and d) cooling, in which the fabric saturated with the liquefied polymer wax is cooled to a second temperature, which is lower than the first temperature, so as to obtain a fabric saturated with the solidified polymer wax.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte enthaltend mindestens ein poröses leitfähiges Flächengebilde und mindestens ein Polymer, wobei das Polymer das poröse leitfähige Flächengebilde durchdringt, und wobei das Polymer ein Polymerwachs ist, insbesondere ein Polyolefinwachs. Ferner betrifft die Erfindung eine Redox-Flow-Zelle mit mindestens einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte der vorgenannten Art. Schließlich betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte umfassend a) ein In-Kontakt-Bringen, bei welchem ein flexibles, poröses leitfähiges Flächengebilde mit



WO 2020/094615 A1

MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

einem Polymerwachs in Kontakt gebracht wird, insbesondere mit einem Polyolefinwachs, b) ein Aufleizen, bei welchem das Polymerwachs vor dem In-Kontakt-Bringen, während des In-Kontakt-Bringens und/oder nach dem In-Kontakt-Bringen auf eine erste Temperatur aufgeheizt wird, so dass ein verflüssigtes Polymerwachs erhalten wird, c) ein Einbringen, bei welchem das verflüssigte Polymerwachs in das poröse leitfähige Flächengebilde zumindest teilweise eindringt, wobei ein mit dem verflüssigten Polymerwachs getränktes Flächengebilde erhalten wird, und d) ein Abkühlen, bei welchem das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde auf eine zweite Temperatur abgekühlt wird, die niedriger ist als die erste Temperatur, wobei ein mit dem erstarrtem Polymerwachs getränktes Flächengebilde erhalten wird.

Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte, Verfahren zu deren Herstellung und Redox-Flow-Zellen

Die Erfindung betrifft eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte enthaltend mindestens ein poröses leitfähiges Flächengebilde und mindestens ein Polymer, wobei das Polymer das poröse leitfähige Flächengebilde durchdringt. Die Erfindung betrifft ferner eine Redox-Flow-Zelle mit mindestens einer derartigen Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte sowie ein Verfahren zum Herstellen einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte.

Eine Sekundärbatterie (Akkumulator) bietet die Möglichkeit, unter Nutzung elektrochemischer Redoxreaktionen elektrische Energie weitgehend reversibel als chemische Energie zu speichern. Jede derartige Sekundärbatterie enthält mindestens eine galvanische Zelle mit zwei Halbzellen, einer Akzeptorhalbzelle und einer Donatorhalbzelle.

Eine besondere Art von Sekundärbatterien stellt dabei die Redox-Flow-Batterie (Flüssigbatterie) dar. Bei einer Redox-Flow-Batterie wird elektrische Energie mit Hilfe von elektrochemisch aktiven Substanzen gespeichert, die sich als gelöste Feststoffe oder Flüssigkeiten in den Elektrolyten (Elektrolytlösungen) der beiden Halbzellarten befinden. Hierdurch wird eine Energiespeicherung in der Größenordnung von Kilowattstunden oder Megawattstunden möglich, weshalb solche Systeme als Pufferspeicher für eine temporäre Stromerzeugung (etwa für Gezeiten-, Wind- oder Solarstromanlagen) sowie für Notstromaggregate oder zur Netzstabilisierung konzipiert werden. Eine Redox-Flow-Batterie enthält mindestens eine Redox-Flow-Zelle mit einer Akzeptorhalbzelle und einer Donatorhalbzelle. Elektrolytseitig sind Akzeptorhalbzelle und Donatorhalbzelle einer Redox-Flow-Batterie über eine Membran derart miteinander verbunden, dass ein Ionenaustausch erfolgen kann. Außerhalb der Batterie sind die Elektroden der Halbzellen – nämlich der Akzeptorhalbzellen und der Donatorhalbzellen – über einen externen Stromkreis miteinander elektrisch verbunden, so dass diesem externen Stromkreis beim Entladen der Redox-Flow-Zelle elektrische Energie aus der Redox-Flow-Zelle zugeführt wird und beim Laden der Redox-Flow-Zelle elektrische Energie aus dem externen Stromkreis zugeführt werden kann.

Typischerweise befinden sich der Elektrolyt der Akzeptorhalbzelle und der Elektrolyt der Donatorhalbzelle voneinander getrennt in separaten Kreisläufen. Jeder Elektrolyt wird aus einem Vorratstank in die jeweilige Halbzelle eingeleitet, in welcher eine elektrochemische Umsetzung stattfindet. Zumindest ein Teil des so umgesetzten Elektrolyten wird dann in den jeweiligen Vorratstank zugeführt. Beim Speichern der elektrischen Energie (Aufladen) wird in dem jeweiligen Elektrolyten zumindest ein Teil der elektrochemisch aktiven Substanzen von einem Ladungszustand niedrigerer Energie unter Aufnahme der elektrischen Energie in einen Ladungszustand höherer Energie überführt. Um aus der so gespeicherten Energie wieder elektrische Energie zu erzeugen (Entladen) werden die elektrochemisch aktiven Substanzen in dem jeweiligen Elektrolyten dann von dem Ladezustand höherer Energie in den Ladungszustand niedrigerer Energie überführt, so dass die elektrische Energie im externen Stromkreis bereitgestellt wird.

Um hohe Ströme bereitstellen zu können werden üblicherweise in Sekundärbatterien die Elektrodenflächen so groß wie möglich gewählt. Auch bei Vergrößerung der Elektrodenfläche soll die Feldverteilung innerhalb der einzelnen Zellen jedoch möglichst homogen sein, so dass es erforderlich ist, dass der Elektrolyt über die gesamte Flächenausdehnung der Elektroden gleichmäßig an die Elektrodenoberflächen herangeführt wird. Zu diesem Zweck weist eine Redox-Flow-Zelle eine spezielle flussoptimierte Ausgestaltung in Form von Fluidkanalstrukturen auf, in welchen Kanäle als Flussfeld (Flow Field) für die flächige Zufuhr, Abfuhr und Verteilung des elektrochemisch aktiven Fluids (also des Elektrolyten mit etwaigen darin enthaltenen Komponenten) vorgesehen sind. Zur Steigerung der im externen Stromkreis nutzbaren Stromstärke lassen sich darüber hinaus auch mehrere galvanische Zellen einer Redox-Flow-Batterie in Parallelschaltung anordnen.

Jede einzelne galvanische Zelle einer Redox-Flow-Batterie kann nur eine begrenzte Spannung bereitstellen. Daher werden in der Praxis mehrere solcher Zellen als Stapel (Stack) in einer Reihenschaltung angeordnet, so dass sich auch höhere Spannungen realisieren lassen. Die Halbzellen sind innerhalb des Stapels so angeordnet, dass – von den jeweils ersten und letzten Zellen des Stapels abgesehen – jede Akzeptorhalbzelle mit je zwei Donatorhalbzellen und jede Donatorhalbzelle mit je zwei Akzeptorhalbzellen

elektrisch leitend verbunden ist: innerhalb derselben Zelle ist eine Akzeptorhalbzelle mit einer Donatorhalbzelle jeweils über die Membran verbunden, zwischen zwei benachbarten Zellen ist eine Akzeptorhalbzelle mit einer Donatorhalbzelle über die Elektroden verbunden.

Die Anordnung innerhalb eines Stapels bietet dabei die Möglichkeit einer besonders kompakten Bauweise, indem die Trennwände zwischen jeweils zwei benachbarten galvanischen Zellen als Bipolarplatten ausgebildet sind. Bei Bipolarplatten handelt es sich um integrale Konstruktionselemente, welche neben der Funktion einer Trennwand auch Teilfunktionen der Elektrode der Donatorhalbzelle und der Elektrode der Akzeptorhalbzelle erfüllen. Diejenige Seite der Trennwand, die in der Stapelanordnung der Donatorhalbzelle zugewandt ist, bildet einen Teil der Elektrode der Donatorhalbzelle und die andere Seite der Trennwand, die in der Stapelanordnung der Akzeptorhalbzelle zugewandt ist, bildet einen Teil der Elektrode der Akzeptorhalbzelle. Die beiden Elektroden sind über die Trennwand hinweg elektrisch leitend miteinander verbunden, so dass die Bipolarplatte damit die elektrische Verbindung zweier benachbarter Zellen der Redox-Flow-Batterie gewährleistet. Auf der anderen Seite ist es die Aufgabe einer Bipolarplatte, als Trennwand etwaige Reaktionsfluide wie Gase, die Elektrolyten sowie Reaktanten einer Zelle von denen einer benachbarten Zelle stofflich und räumlich zu trennen und so einen Stoffaustausch zwischen benachbarten Zellen zu verhindern. Typischerweise sollen Bipolarplatten zusätzlich zu der elektrischen Leitfähigkeit auch eine gute thermische Leitfähigkeit sowie eine hohe mechanische Stabilität und chemische Beständigkeit aufweisen - zumindest müssen diese korrosionsfest gegenüber den in der Zelle eingesetzten Reaktionsfluiden sein. Wie bereits ausgeführt weisen derartige Bipolarplatten häufig an mindestens einer Seitenfläche eine Fluidkanalstruktur als Flussfeld auf, in der Regel sind solche Strukturen an beiden Seitenflächen vorgesehen. Allein schon aufgrund der Integration von spezifischen Flüssigelektrolytkanalstrukturen in die Seitenflächen der Bipolarplatten von Redox-Flow-Batterien unterscheiden sich Bipolarplatten von Redox-Flow-Zellen hinsichtlich Struktur, Aufbau, Größe und Materialwahl fundamental von den Bipolarplatten anderer Anwendungen, beispielsweise von Bipolarplatten aus Protonenaustauschermembran-Brennstoffzellen, wo etwa Gasdiffusionsschichten als von der Bipolarplatte getrennte Zellelemente vorgesehen sind.

In der Praxis werden häufig Bipolarplatten aus kompaktem Graphit eingesetzt, welche aus einem Graphitblock in zerteilenden oder zerspanenden Bearbeitungsschritten gefertigt werden. Graphit erfüllt aufgrund seiner guten elektrischen Leitfähigkeit und hohen Korrosionsbeständigkeit viele Anforderungen, die an ein Bipolarplattenmaterial gestellt werden. Im Hinblick auf seine mechanischen Eigenschaften hat sich dieses Material jedoch als nicht ideal herausgestellt: So müssen Bipolarplatten aus Graphit beispielsweise relativ große Abmessungen aufweisen, damit sie hinreichende Festigkeit besitzen. Dies erweist sich hinsichtlich einer kompakten Bauweise als nachteilig. Daher wurden bereits metallische Bipolarplatten vorgeschlagen, beispielsweise solche aus Stahl, Nickel oder Aluminiumlegierungen, wobei sich dort allerdings Probleme bezüglich Korrosionsbeständigkeit, Gewicht und Preis ergeben können.

Um für Bipolarplatten auf der Grundlage elementaren Kohlenstoffs eine hinreichende Festigkeit auch bei geringeren Abmessungen gewährleisten zu können, werden seit Kürzerem auch Bipolarplatten aus Kompositmaterialien gefertigt, die neben einem elektrisch leitfähigen, auf elementarem Kohlenstoff basierenden Material auch ein Polymer enthalten, wobei das Polymer die erforderliche Festigkeit und Dichtigkeit gewährleisten soll. Hierfür kann das auf elementarem Kohlenstoff basierende Material dem Polymer etwa in Pulverform beigemischt werden, so dass ein hochgefülltes Polymer erhalten wird. Gemäß einem anderen Konzept wird die elektrisch leitfähige Komponente als poröser Formkörper bereitgestellt, dessen Hohlräume (vollständig oder zumindest teilweise) mit dem Polymermaterial aufgefüllt werden. Bipolarplatten lassen sich aus derartigen Kompositmaterialien über unterschiedliche Verfahren herstellen, beispielsweise mittels Extrusion der Kompositmischung oder aus entsprechenden Kompositblöcken durch formgebende Bearbeitung, beispielsweise mittels zerteilender, zerspanender oder anderweitige abtragender Formgebungsverfahren. Letztere Verfahren sind ebenfalls erforderlich, um die Oberfläche der Bipolarplatten zu strukturieren, beispielsweise um diese mit Fluidkanalstrukturen wie etwa Flussfeldern zu versehen. Werden mit derartigen Kompositsystemen Bipolarplatten hergestellt, welche die erforderliche Festigkeit aufweisen, so fallen die Bipolarplatten noch immer recht groß aus und weisen relativ hohe Dichten auf, weshalb entsprechende Redox-Flow-Batterien eine relativ hohe

Masse besitzen. Darüber hinaus treten bei den obigen Systemen häufig hohe elektrische Kontaktwiderstände auf, welche eine Nutzung erschweren.

Eine andere Herangehensweise beruht auf flexiblen, zusammenhängenden, porösen Kohlenstoffgebilden, deren Hohlräume mit einem Polymermaterial gefüllt werden. Hierbei gelangen häufig poröse Pressstrukturen aus expandiertem Graphit zum Einsatz. So ist etwa aus WO 2018/136975 A1 ein Kompositmaterial zur Verwendung in elektrochemischen Systemen bekannt, welches ein expandiertes Graphitmaterial mit zwei gegenüberliegenden flachen Seitenflächen aufweist, das mit einer verfestigten Mischung aus einem natürlichen oder synthetischen Wachs mit einem damit mischbaren thermoplastischen Polymer imprägniert wurde; statt dem expandierten Graphit kann bei derartigen Anwendungen auch ein poröses Graphit zum Einsatz kommen.

Nachteilig an einer derartigen Bipolarplatte ist der relativ hohe Zellwiderstand, insbesondere der hohe elektrische Durchtrittswiderstand zwischen der Bipolarplatte als Elektrode und den elektrochemisch aktiven Spezies in den Elektrolyten. Darüber hinaus ist die aufwändige Herstellung der Bipolarplatten unvorteilhaft, für welche mehrere Substanzen mit unterschiedlichen Eigenschaften definiert mittels Imprägnierung in das Graphit homogen eingebracht werden müssen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Bipolarplatte bereitzustellen, mit welcher die Nachteile aus dem Stand der Technik überwunden werden und die insbesondere eine einfache Herstellung und gleichzeitig eine hohe elektrische Leitfähigkeit ermöglicht. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Redox-Flow-Zelle mit einer solchen Bipolarplatte bereitzustellen. Schließlich ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren bereitzustellen mittels dessen eine Bipolarplatte mit einem niedrigen elektrischen Durchtrittswiderstand erzeugt wird.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte der eingangs genannten Art, eine Redox-Flow-Zelle und ein Verfahren zum Herstellen einer solchen Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte mit den in den Ansprüchen angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Die Erfindung beruht auf der Beobachtung, dass eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte enthaltend mindestens ein poröses leitfähiges Flächengebilde und mindestens ein Polymer, wobei das mindestens eine Polymer das mindestens eine poröse leitfähige Flächengebilde durchdringt, dann einen besonders guten elektrisch leitenden Kontakt zwischen der als Elektrode eingesetzten Bipolarplatte einerseits und dem Elektrolyten oder einer im Elektrolyten befindlichen elektroaktiven Spezies andererseits zur Folge hat, wenn das Polymer ein Polymerwachs ist, insbesondere ein Polyolefinwachs. Infolge der hohen elektrischen Leitfähigkeit werden überdies elektrostatische Aufladungen vermieden. Darüber hinaus weisen derartige Systeme eine geringe Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität bei gleichzeitig hoher Temperaturbeständigkeit auf.

Als Polymerwachse werden Wachse aus Polymeren bezeichnet, also aus einem Material, welches aus Makromolekülen besteht, die aus einer oder mehreren sich wiederholenden Struktureinheiten aufgebaut sind, wobei die Struktureinheiten durch die eingesetzten Monomere vorgegeben sind, deren Abfolge definiert oder statistisch sein kann. Die Definition des Begriffs „Wachs“ geht von den Kriterien aus, die von der Deutschen Gesellschaft für Fettwissenschaft e.V. (DGF) entwickelt wurden (in: Fette, Seifen, Anstrichmittel 56, 153 (1954), etabliert in den DGF-Einheitmethoden, Abteilung M: Wachse und Wachsprodukte (1975): „Wachs ist eine technologische Sammelbezeichnung für eine Reihe natürlicher oder künstlich gewonnener Stoffe, welche in der Regel die folgenden Eigenschaften haben: bei 20 °C knetbar fest bis brüchig hart, grob- bis feinkristallin, durchscheinend bis opak, jedoch nicht glasartig, über 40 °C ohne Zersetzung schmelzend, schon wenig oberhalb des Schmelzpunktes verhältnismäßig niedrigviskos und nicht fadenziehend, stark temperaturabhängige Konsistenz und Löslichkeit, unter leichtem Druck polierbar.“), wobei diese Kriterien von der EU in den Erläuterungen des Rates für die Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Zollwesens 3404/1 (1992) und 3404/2 (1988) konkretisiert wurden (etabliert unter International Customs Tariff, Harmonized System HS 3404: “Artificial Waxes (Including Water-Soluble Waxes); Prepared Waxes, not Emulsified or Containing Solvents”). Letztere Konkretisierung stellt gemäß dem Eintrag „Waxes“ aus Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry die – auch im Sinne der Erfindung

anzuwendende – derzeit gültige Definition des Begriffs „Wachs“ wie folgt dar:

- 1) einen Tropfpunkt (mp) von mehr als 40 °C aufweisend;
- 2) eine Schmelzeviskosität aufweisend, die bei einer Temperatur von 10 °C über dem obigen Tropfpunkt 10.000 mPa·s nicht überschreitet;
- 3) unter leichtem Druck polierbar und eine stark temperaturabhängige Konsistenz und Löslichkeit aufweisend;
- 4) bei 20 °C knetbar fest bis brüchig hart, grobkristallin bis feinkristallin, transparent bis opak, jedoch nicht glasartig oder hochviskos oder flüssig;
- 5) bei Temperaturen von oberhalb von 40 °C ohne Zersetzung schmelzend;
- 6) eine Viskosität aufweisend, die oberhalb des Schmelzpunktes eine stark negative Temperaturabhängigkeit zeigt und die Flüssigkeit nicht zum Fadenziehen neigend;
- 7) normalerweise zwischen etwa 50 °C und 90 °C schmelzend (in Ausnahmefällen bis zu 200 °C);
- 8) im allgemeinen nach Zündung mit einer rußenden Flamme brennend; und
- 9) Pasten oder Gele bildend und eine schlechte Wärmeleitung und elektrische Leitung aufweisend (thermische und elektrische Isolatoren).

Vorliegend sind alle dem Fachmann bekannten Polymerwachse einsetzbar, beispielsweise Polyesterwachse, Polyethylenglycolwachse (Carbowachs, PEG), fluorierte Wachse wie etwa Polytetrafluorethylenwachse (PTFE-Wachs) und Polyolefinwachse sowie Mischungen und/oder Copolymere der vorgenannten Wachse. Vorzugsweise gelangt ein thermoplastisches (plastomeres) Polymerwachs zum Einsatz, also ein Polymerwachs, welches sich reversibel (und somit weitgehend zersetzungsfrei) in einen schmelzflüssigen Zustand überführen lässt, in welchem sich dieses verformen lässt. Erfindungsgemäß hat es sich dabei als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn das Polymerwachs ein Polyolefinwachs ist. Damit umfasst die Erfindung also eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte enthaltend mindestens ein poröses leitfähiges Flächengebilde und mindestens ein Polymer, wobei das Polymer das poröse leitfähige Flächengebilde durchdringt und das Polymer ein Polymerwachs ist, insbesondere ein Polyolefinwachs.

Gemäß einer Ausgestaltung ist das Polymerwachs also ein Polyolefinwachs, wobei das Polyolefinwachs ein Polyethylenwachs, ein Polypropylenwachs oder ein Polybutylenwachs ist oder ein Copolymer oder eine Mischung mit zumindest einem der vorgenann-

ten Polyolefinwachse enthält. Hierdurch wird eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte erhalten, welche sich besonders einfach verarbeiten lässt und eine hohe Korrosionsbeständigkeit gegenüber den in der Zelle eingesetzten Reaktionsfluiden aufweist.

Eine derartige Bipolarplatte weist ferner eine deutlich niedrigere Masse auf als eine herkömmliche Bipolarplatte für Redox-Flow-Zellen. Infolge der Verwendung von Polymerwachs wird darüber hinaus eine gewisse plastische Verformbarkeit der Bipolarplatte bereits bei Raumtemperatur (25 °C) erzielt, wodurch die Bipolarplatte toleranzausgleichend und verspannungsausgleichend ausgebildet ist (im Einzelfall sogar selbstabdichtend in einer Stapelanordnung).

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist das Polymerwachs einen Erweichungspunkt aus einem Temperaturbereich von mindestens 80 °C und höchstens 150 °C auf (bestimmt entsprechend ASTM D6090-99), insbesondere von mindestens 100 °C und höchstens 120 °C. Hierdurch wird eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte erhalten, welche sich einfach verarbeiten lässt und bei den Betriebsbedingungen eine hohe thermische Beständigkeit aufweist.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist das Polymerwachs eine zahlengemittelte Molmasse M_n aus einem Bereich von mindestens 1.500 g/mol und höchstens 50.000 g/mol auf (bestimmt mittels Gelpermeationschromatographie), insbesondere von mindestens 3.000 g/mol und höchstens 20.000 g/mol. Hierdurch wird eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte erhalten, welche sich bei moderaten Bearbeitungsbedingungen strukturieren und anderweitig verarbeiten lässt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung besteht das poröse leitfähige Flächengebilde zu mindestens 85 Gew. % aus elementarem Kohlenstoff. Hierdurch wird eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte erhalten, welche über eine besonders hohe elektrische Leitfähigkeit verfügt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist das poröse leitfähige Flächengebilde ein textiles Flächengebilde oder ein poröses Papier. Hierdurch wird eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte erhalten, welche eine optimale Durchdringung des porösen leitfähigen Flächengebildes bei gleichzeitig hoher elektrischer Leitfähigkeit der Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte bietet.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist das poröse leitfähige Flächengebilde ein textiles Flächengebilde, das zumindest bereichsweise aus Fasern (Stränge, Filamente, Fäden) gebildet wird, deren Ausrichtung sich zumindest teilweise quer zur Flächenausdehnung des Flächengebildes erstreckt. Hierdurch wird eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte erhalten, welche eine hohe elektrische Leitfähigkeit in Richtung quer zur Hauptausdehnungsrichtung der Bipolarplatte bietet und damit einen geringen Widerstand zwischen einer Halbzelle einer Zelle und einer Halbzelle einer dieser benachbarten anderen Zelle ermöglicht. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn das textile Flächengebilde ein Filzgebilde ist, insbesondere ein Kohlenstoff-Filzgebilde. Hierdurch weist bereits das textile Flächengebilde eine hohe Stabilität bei gleichzeitiger hoher mechanischer Belastbarkeit auf und kann zusätzlich besonders intensiv von dem Polymerwachs durchdrungen werden. Eine derartige Bipolarplatte weist eine deutlich niedrigere Masse auf als eine herkömmliche Bipolarplatte für Redox-Flow-Zellen, insbesondere im Vergleich zu Bipolarplatten aus kompaktem Graphit oder aus kompaktiertem expandiertem Graphit: Aufgrund des Dichteunterschieds zwischen Graphit einerseits (mit einer Dichte von knapp unter 2 g/cm^3) und einem Kohlenstoff-Filz (mit einer Dichte von weniger als $0,5 \text{ g/cm}^3$) sowie dem darin enthaltenen Wachs (mit einer Dichte um 1 g/cm^3) andererseits werden Bipolarplatten erhalten, welche gegenüber herkömmlichen Bipolarplatten bei ansonsten vergleichbaren weiteren Eigenschaften eine Masse besitzen, die um mindestens einen Faktor 2 geringer ist als die Masse herkömmlicher Bipolarplatten, für bestimmte Ausführungen sogar um einen sogar Faktor 3 geringer. Darüber hinaus weist eine Bipolarplatte auf der Grundlage eines mit Polymerwachs getränkten Kohlenstoff-Filzgebildes an ihrer Oberfläche eine Vielzahl an Faserschlingen und an freien Faserenden auf und besitzt somit eine signifikante Rauigkeit im Submillimeterbereich. Dies führt nicht nur zu einer deutlich höheren elektrischen Leitfähigkeit sondern bietet darüber hinaus auch die Möglichkeit, andere Elemente stabil mit der Oberfläche der Bipolarplatte zu verknüpfen. Dieser Effekt ist dann besonders ausgeprägt, wenn die anderen Elemente selber Oberflächen mit Faserschlingen und Faserenden aufweisen, eine überaus stabile Verknüpfung lässt sich jedoch auch erhalten, wenn an die Oberfläche zuvor zusätzliche Faserabschnitte als Verknüpfungsvermittler aufgebracht werden.

Insbesondere hat es sich dabei als vorteilhaft herausgestellt, wenn das Filzgebilde ein vernadelter Faserfilz ist. Infolge der Vernadelung des Filzes quer zu den beiden Hauptausdehnungsrichtungen lässt sich eine besonders hohe elektrische Leitfähigkeit in Richtung quer zur Hauptausdehnungsrichtung der Bipolarplatte realisieren, also in Dickenrichtung.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist die Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte eine erste Seitenfläche und eine zweite Seitenfläche auf, die sich zumindest im Wesentlichen parallel zur Flächenausdehnung des porösen leitfähigen Flächengebildes erstrecken, wobei zumindest eine dieser beiden Seitenflächen eine Fluidkanalstruktur aufweist, insbesondere jede der beiden Seitenflächen je eine Fluidkanalstruktur.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung enthält die Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte zusätzliche elektrisch leitende Zuschlagsstoffe. Hierdurch wird eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte erhalten, welche eine besonders hohe elektrische Leitfähigkeit über deren gesamte Ausdehnung zeigt.

Weiterhin beinhaltet die Erfindung eine Redox-Flow-Zelle mit mindestens einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte mit den vorgenannten Merkmalen. Hierdurch wird eine Redox-Flow-Zelle erhalten, welche die oben genannten Vorteile bietet.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Herstellen einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte umfassend a) ein In-Kontakt-Bringen, bei welchem ein flexibles, poröses leitfähiges Flächengebilde mit einem Polymerwachs in Kontakt gebracht wird, insbesondere mit einem Polyolefinwachs, b) ein Aufheizen, bei welchem das Polymerwachs vor dem In-Kontakt-Bringen (Schritt a)), während des In-Kontakt-Bringens (Schritt a)) und/oder nach dem In-Kontakt-Bringen (Schritt a)) auf eine erste Temperatur aufgeheizt wird, so dass ein verflüssigtes Polymerwachs erhalten wird, c) ein Einbringen, bei welchem das verflüssigte Polymerwachs in das poröse leitfähige Flächengebilde zumindest teilweise eindringt, wobei ein mit dem verflüssigten Polymerwachs getränktes Flächengebilde erhalten wird, und d) ein Abkühlen, bei welchem das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde auf eine zweite Temperatur abgekühlt wird, die niedriger ist als die erste Temperatur, wobei das Polymerwachs erstarrt und ein mit dem erstarrten Polymerwachs getränktes

Flächengebilde erhalten wird. Mit Hilfe dieses erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, auf besonders einfache Weise eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte von frei zu wählenden Abmessungen in nahezu beliebiger Stückzahl kostengünstig herzustellen, wofür ein geringer Energieaufwand erforderlich ist und bei welchem darüber hinaus geringe Abfallmengen anfallen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde vor dem Abkühlen (Schritt d)) in einen Spalt zwischen zwei rotierenden Walzen eingebracht, so dass überschüssiges verflüssigtes Polymerwachs aus dem mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkten Flächengebilde herausgepresst wird. Auf diese Weise wird eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte erhalten, welche einen besonders geringen elektrischen Durchtrittswiderstand bei gleichzeitig hohem Stofftransportwiderstand durch die Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte hindurch bietet bei einem nur geringen Materialverlust an Polymerwachs.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird vor dem Aufheizen (Schritt b)) beim In-Kontakt-Bringen (Schritt a)) das Polymerwachs auf das poröse leitfähige Flächengebilde aufgebracht und danach beim Aufheizen (Schritt b)) das Polymerwachs alleine oder zusammen mit dem porösen leitfähigen Flächengebilde erhitzt, wobei das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde erhalten wird. Auf diese Weise lässt sich eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte herstellen, die einen hochdefinierten Gehalt an Polymerwachs aufweist. Das Polymerwachs befindet sich bei entsprechender Verfahrensführung zudem an einer der beiden Hauptseitenflächen der Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte in höherer Konzentration als an der anderen (abgewandten) Hauptseitenfläche, so dass die Dichtigkeit der Bipolarplatte vor allem über die Abdichtung an der erstgenannten Hauptseitenfläche sichergestellt ist. Die andere (abgewandte) Hauptseitenfläche weist hingegen einen besonders niedrigen Gehalt an Polymer auf, so dass sich ein Polymergradient über die Dickenausdehnung der Bipolarplatte ausbildet. Da sich an der abgewandten Hauptseitenfläche weniger Polymerwachs befindet, ist dort die Kontaktfläche zwischen dem porösen leitfähigen Flächengebilde und dem dortigen Elektrolyten größer, so dass beide Seiten der Bipolarplatte unterschiedliche Durchtrittswiderstände aufweisen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird vor dem In-Kontakt-Bringen (Schritt a)) beim Aufheizen (Schritt b)) das Polymerwachs auf die erste Temperatur aufgeheizt und danach beim In-Kontakt-Bringen (Schritt a)) das poröse leitfähige Flächengebilde in das verflüssigte Polymerwachs teilweise oder vollständig eingebracht, wobei das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde erhalten wird. Auf diese Weise lässt sich in einem besonders einfachen Verfahren eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte herstellen, die einen besonders hohen Gehalt an Polymerwachs aufweist und damit über einen erhöhten Stofftransportwiderstand durch die Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte verfügt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird vor dem In-Kontakt-Bringen (Schritt a)) beim Aufheizen (Schritt b)) das Polymerwachs auf die erste Temperatur aufgeheizt und danach beim In-Kontakt-Bringen (Schritt a)) das verflüssigte Polymerwachs auf das poröse leitfähige Flächengebilde aufgebracht, wobei das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde erhalten wird. Auf diese Weise wird über ein besonders einfaches Verfahren eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte mit einem definierten Gehalt an Polymerwachs erhalten.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde vor dem Abkühlen (Schritt d)) gewalzt. Auf diese Weise wird Polymerwachs entfernt und gleichzeitig das Polymerwachs, welches zunächst vor allem an der Oberfläche des mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkten Flächengebildes vorliegt, verdichtet und gleichzeitig in die Mitte des Flächengebildes hineingepresst, so dass hierdurch eine besonders homogene Verteilung des Polymerwachses über die Dickenausdehnung der Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte realisiert werden kann. Dies bringt unter anderem eine besonders hohe mechanische Belastbarkeit sowie einen besonders hohen Stofftransportwiderstand mit sich.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird das mit dem erstarrten Polymerwachs getränkte Flächengebilde nach dem Abkühlen (Schritt d)) gewalzt. Auf diese Weise lässt sich eine besonders definierte Oberflächenstruktur der Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte erreichen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird nach dem Abkühlen (Schritt d)) die Oberfläche des mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebildes lokal erwärmt, so dass ein Funktionselement, welches mit der Oberfläche des mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebildes in Kontakt gebracht wurde, mit dem mit erstarrten Polymerwachs getränkten Flächengebilde verschweißt wird, wofür insbesondere elektrisch leitfähige Faserabschnitte vor dem Verschweißen an die zum Verschweißen vorgesehenen Bereich der Oberfläche des mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebildes aufgebracht werden können. Auf diese Weise lassen sich an der Bipolarplatte auf besonders einfache Weise mechanische und elektrische Verbindung mit weiteren Funktionselementen realisieren, welche für eine Anordnung der Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte in einer Redox-Flow-Zelle erforderlich sind.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens werden in mindestens einer Oberfläche des mit dem erstarrten Polymerwachs getränkten Flächengebildes durch Umformen funktionale Strukturelemente erzeugt, insbesondere indem Fluidkanalstrukturen, Verteilerstrukturen, Kontaktbereiche und/oder Dichtungsbereiche durch Pressen oder Walzen eingeprägt werden. Auf diese Weise lassen sich die weiteren erforderlichen Funktionselemente auf einfache Weise integral mit der Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte fertigen.

Zur Verdeutlichung der Erfindung ist diese im Folgenden allgemein beschrieben, wozu repräsentative Beispiele einzelner Bestandteile von Teilaspekten der Erfindung erläutert werden, die in Abhängigkeit von den jeweils gewünschten Eigenschaften nahezu beliebig miteinander verknüpft werden können:

Eine Bipolarplatte ist ein vollständig oder zumindest im Wesentlichen flächenförmig ausgedehntes, mechanisch stabiles (dies bedeutet insbesondere selbsttragendes), gegenüber den flüssigen Elektrolyten beständiges und somit korrosionsfestes sowie thermisch bei den jeweiligen Betriebstemperaturen stabiles Bauelement, welches elektrisch leitend ausgebildet ist und dabei keinen signifikanten Stofftransport durch die Bipolarplatte hindurch in Richtung senkrecht zu der flächenförmigen Erstreckung erlaubt, insbesondere keinen Fluidtransport. Bipolarplatten gelangen in Stapelanordnungen von in Reihe geschalteten Zellen zum Einsatz, wo sie als Barriere dienen, um

einen Stoffaustausch zwischen zwei benachbarten Zellen zu verhindern, genauer gesagt zwischen einer Halbzelle der einen Zelle und einer Halbzelle einer benachbarten anderen Zelle. Über die gemeinsame Bipolarplatte stehen die beiden benachbarten und in Reihe geschalteten Zellen dabei miteinander in elektrischem Kontakt, wobei die eine Seite der Bipolarplatte als Anode (oder Anodenzuführung) der einen Zelle dient und die andere Seite der Bipolarplatte als Kathode (oder Kathodenzuführung) der anderen Zelle.

Derartige Bipolarplatten sind für unterschiedliche Anwendungen speziell angepasst. Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatten dienen zur stofflichen Trennung von Redox-Flow-Zellen in einer Stapelanordnung, also von Zellen, welche die galvanischen Zellen einer Redox-Flow-Batterie sind. Bei der Redox-Flow-Batterie handelt es sich um eine besondere Art von Sekundärbatterien, in welcher elektrische Energie als chemische Energie unter Nutzung elektrochemischer Redoxreaktionen in den Elektrolyten der beteiligten Halbzellen - zumindest weitgehend - reversibel gespeichert wird. Der Elektrolyt ist dabei jeweils eine Flüssigkeit, die mindestens eine elektrochemisch aktive (und somit zu elektrochemischen Redoxreaktionen befähigte) Spezies enthält. Die elektrochemisch aktive Spezies kann dabei eine flüssige Komponente des Elektrolyten oder auch ein in der flüssigen Komponente gelöster Feststoff oder ein Gas sein. Zusätzlich können im Elektrolyten natürlich auch weitere Bestandteile vorliegen, beispielsweise Leitsalze, wobei diese dann bei den jeweiligen Betriebsbedingungen elektrochemisch inert sind. Innerhalb einer Zelle sind die beiden Halbzellen über eine Membran derart miteinander verbunden, dass zwischen den Halbzellen einer Zelle ein Stofftransport der jeweiligen elektrochemisch aktiven Spezies stattfinden kann, wobei es sich häufig um einen Transport bestimmter gelöster Ionen handelt.

Im vorliegenden Fall sind die Bipolarplatten grundsätzlich für alle Redox-Flow-Zelltypen geeignet, beispielsweise solche auf der Basis der Redoxsysteme Zink/Cer, Zink/Brom, Zink/Chlor, Eisen/Chrom, Polysulfid/Bromid und insbesondere für vanadiumbasierende („all-vanadium“) Redox-Flow-Zelltypen.

Die Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte enthält mindestens ein poröses leitfähiges Flächengebilde und mindestens ein Polymer. Als Flächengebilde wird jegliches dreidimensionale Gebilde angesehen, das in zwei Raumrichtungen (den beiden

Hauptausdehnungsrichtungen) eine größere Ausdehnung besitzt als in der dritten Raumrichtung (der Dickenrichtung), beispielsweise in Form von Blättern, Folien, sowie entsprechend von Quadern, Parallelepipeden, Zylindern oder Prismen von jeweils geringer Höhe. Ein solches Flächengebilde weist als äußere Begrenzung neben den stirnseitigen Seitenflächen üblicherweise jeweils zwei Seitenflächen auf, die zumindest bereichsweise parallel zu der von den beiden Hauptausdehnungsrichtungen aufgespannten Fläche verlaufen.

Die Flächengebilde für Redox-Flow-Zellen unterscheiden sich dabei signifikant von den in anderen elektrochemischen Zellen gegebenenfalls verwendeten Flächengebilden (etwa von Gasdiffusionsschichten in Protonenaustauschermembran-Brennstoffzellen). Dies ist unter anderem auf die unterschiedlichen Abmessungen und Funktionalitäten sowie die abweichenden Anforderungen hinsichtlich mechanischer Stabilität zurückzuführen, etwa die erforderliche Stärke in Dickenrichtung oder die Eignung als stoßabsorbierende Elemente.

Als wesentliche strukturelle Eigenschaft ist das vorliegende Flächengebilde porös ausgebildet. Dies bedeutet, dass das Flächengebilde eine Vielzahl an Poren aufweist, also an Öffnungen, Hohlräumen Aussparungen, Kanälen und dergleichen, wobei die Poren von der Außenseite in das Flächengebilde hineinreichen. So ist ein Flächengebilde etwa dann als porös anzusehen, wenn es eine offene Porosität von mindestens 70 % und insbesondere von mindestens 75 % aufweist, was poröse Kohlenstoff-Papiere beinhaltet, bevorzugt eine offene Porosität von mindestens 85 %, insbesondere von mindestens 90 % oder sogar von mindestens 95 %, was etwa mit Kohlenstoff-Filzgebilden realisiert werden kann (bestimmt nach DIN 66133 und allgemein nach den in NIST Recommended Practice Guide „Porosity and Specific Surface Area Measurements for Solid Materials“ (SP 960-17) dargelegten Grundsätzen). Die Poren können auch untereinander verbunden vorliegen und sogar durch das Flächengebilde hindurchreichen. Darüber hinaus kann das Flächengebilde zusätzlich geschlossene Poren aufweisen.

Weiterhin ist das vorliegende Flächengebilde leitfähig ausgebildet. (Soweit nicht anders ausdrücklich bezeichnet werden die Begriffe „Leitfähigkeit“ und „leitfähig“ hier verwendet, um die entsprechenden elektrischen Eigenschaften zu bezeichnen, also im Sinne

von „elektrische Leitfähigkeit“ und „elektrisch leitfähig“.) Dies bedeutet, dass das Flächengebilde eine elektrische Leitfähigkeit von mindestens 100 S/m, insbesondere 200 S/m aufweist (bestimmt etwa nach DIN 51919 oder anderen Verfahren). Eine derartige elektrische Leitfähigkeit lässt sich beispielsweise realisieren, indem das Material des Flächengebildes selber leitfähig ist, indem dies beispielsweise elementaren Kohlenstoff in Form von Graphit, Aktivkohle oder Kohlenstoff-Nanoröhrchen (Carbon Nanotubes, CNT) enthält. Günstig ist es hierbei, wenn die Gerüststruktur des Flächengebildes selbst zu einem überwiegenden Anteil Graphit enthält. Hierbei können aus praktischen Gründen insbesondere solche porösen leitfähigen Flächengebilde verwendet werden, die zu mindestens 85 Gew. % aus elementarem Kohlenstoff bestehen, insbesondere in Form von Graphit. Der Graphit kann dabei in beliebiger Form vorgesehen sein, beispielsweise in Form von expandiertem Graphit. Als besonders günstig hat sich jedoch herausgestellt, wenn der Graphit in Form eines faserbasierten Netzwerks vorliegt, welches unter inerten oder reduktiven Bedingungen in einer thermischen/pyrolytischen Behandlung (durch Carbonisierung und Graphitisierung) aus einem entsprechenden Fasernetzwerk erzeugt wird, in der Regel aus einem polymeren Fasernetzwerk. Typischerweise werden derartige faserbasierte Graphitnetzwerke aus Polymeren wie Rayon/Viskose, Polyacrylnitril oder Pech erzeugt.

Eine besonders hohe Leitfähigkeit lässt sich dabei erzielen, wenn sich die Fasern eines faserbasierenden Netzwerks nicht vollständig parallel zu den beiden Hauptausdehnungsrichtungen (der Flächenausdehnung) des Flächengebildes sondern vielmehr auch - zumindest vereinzelt oder bereichsweise - quer zu diesen Hauptausdehnungsrichtungen erstrecken, wenn die Fasern also auch entlang der Dickenrichtung des Flächengebildes ausgerichtet sind.

Stattdessen ist es natürlich auch möglich, Flächengebilde aus anderen Materialien zu verwenden, die eine gute elektrische Leitfähigkeit gewährleisten; neben elektrisch leitfähigen organischen Materialein können dies beispielsweise Flächengebilde aus elektrisch leitfähigen anorganischen Materialien wie etwa aus Metallfäden oder Metallfasern sein, beispielsweise in Form der Metalle selbst oder von metallischen Gläsern, wobei diese unter den jeweiligen Betriebsbedingungen der Redox-Flow-Zelle gegenüber chemischer sowie thermischer Korrosion beständig und gleichzeitig

hinreichend mechanisch belastbar ausgebildet sein müssen, so dass sie in elektrochemischer Hinsicht inert gegenüber den jeweiligen Bestandteilen der Elektrolyten sind. So können etwa Bipolarplatten-Hilfsstrukturen auf der Basis von Aluminium, Titan und Edelstahl verwendet werden, insbesondere auch mit Beschichtungen, welche die elektrische Leitfähigkeit verbessern, etwa solchen aus Gold oder Chromnitrid.

Als Flächengebilde sind grundsätzlich alle typischen Flächengebilde geeignet, beispielsweise poröse Papiere oder textile Flächengebilde. Als textile Flächengebilde sind alle textilen Raumgebilde geeignet, typischerweise solche in Form von Maschenware, Geweben, Vliesen, Watten, Folien oder dergleichen. Derartige Gebilde können jeweils einzeln oder auch in kombinierter Form zum Einsatz gelangen, beispielsweise als Verbundmaterial aus mindestens zwei der vorgenannten Systeme.

Bei Maschenware handelt es sich um Flächengebilde, in denen ausgerichtete Fasern (Fäden) als Faserbündel Schleifen bilden, die in andere Schleifen hineingeschlungen sind, wobei die so entstehenden Maschen aus einem einzelnen Faden oder mehrerer unterschiedlichen Fäden gebildet werden können, beispielsweise Gewirke, Gestricke und dergleichen, jeweils erhältlich in Einfadentechnik oder auch in Kettfadentechnik. Derartige Maschenware weist typischerweise eine relativ hohe Dehnbarkeit und Elastizität auf. Bei Geweben handelt es sich dagegen um Flächengebilde, in denen mindestens zwei unterschiedliche Fadensysteme durch Verkreuzen miteinander verbunden werden, beispielsweise mindestens zwei rechtwinklig oder nahezu rechtwinklig verkreuzte Fadensysteme (Gewebe) oder nicht rechtwinklig verkreuzte Fadensysteme (Geflechte) und dergleichen. Bei Vliesen handelt es sich um Flächengebilde, bei denen Fasern begrenzter Länge oder Endlosfasern (Filament oder beliebige geschnittene Garne) in einer Faserschicht (Faserflor) auf beliebige Weise miteinander verbunden werden, ohne dass hierbei eine regelmäßige Verkreuzung oder Verschlingung realisiert wird; insbesondere werden als Vliese alle in DIN EN ISO 9092 derart definierten Systeme verstanden.

Vor allem können dabei auch Filzgebilde zum Einsatz gelangen, also Flächengebilde aus Filz, insbesondere ein ungeordnetes Fasergut, bei welchem sich die einzelnen Fasern nur schwer voneinander trennen lassen (Faserfilz). Dies umfasst auch

gebundene Vliese, die aus den ungebundenen Vliesen des entsprechenden Faserguts hergestellt werden, beispielsweise durch Verfestigung mittels Druckluft oder Druckwasser, insbesondere durch trockene Vernadelung in Form eines vernadelten Faserfilzes (Nadelfilzes, Nadelvlies). Beim Vernadeln werden Fasern des Vlieses mechanisch unter Verwendung von Nadeln (die typischerweise Widerhaken aufweisen) oder eines gepulsten Wasserstrahls in das Flächengebilde hineingedrückt. Infolge häufigen Wiederholens des Einstechens oder Einstrahlens werden Fasern aus unterschiedlichen Lagen des Flächengebildes miteinander in Dickenrichtung verbunden (in der Regel verschlungen) und somit das Flächengebilde verfestigt. Anschließend kann optional auch eine Nachbehandlung durchgeführt werden, beispielsweise ein Fixieren, etwa unter Verwendung eines Bindemittels.

Das Material für ein derartiges Flächengebilde und insbesondere für ein Filzgebilde wird – wie vorstehend ausgeführt – hinsichtlich der Beständigkeit ausgewählt, wobei grundsätzlich alle geeigneten Materialien in Frage kommen. Als insbesondere geeignet haben sich hierbei Filzgebilde aus Kohlenstoff herausgestellt (Graphitfilze, Carbonfilze), vor allem solche aus Graphit, Aktivkohle und/oder Kohlenstoff-Nanoröhrchen (sowie gegebenenfalls einem kohlenstoffbasierenden Bindemittel), insbesondere entsprechende Filzgebilde in Form eines vernadelten Faserfilzes, beispielsweise eines Weichfilzes, gegebenenfalls auch eines Hartfilzes.

In der Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte gemäß der vorliegenden Erfindung kann jeweils eines der vorgenannten Flächengebilde vorliegen, es kann in einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte aber auch mehr als ein solches Flächengebilde vorliegen, also beispielsweise zwei Flächengebilde, drei Flächengebilde und dergleichen. Liegt in einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte mehr als ein Flächengebilde vor, so können die einzelnen Flächengebilde dabei identisch oder unterschiedlich ausgebildet sein, und unabhängig voneinander angeordnet sein oder untereinander verbunden vorliegen.

Die Dicke (Stärke) des eingesetzten Flächengebildes kann entsprechend dem konkreten Zellaufbau und der Art des Flächengebildes ausgewählt werden. Aus Gründen der Verfügbarkeit werden häufig Kohlenstoff-Nadelfilze mit einer Dicke aus einem Bereich von 1,0 mm bis 10,0 mm verwendet, insbesondere 4,0 mm bis 6,0 mm.

Die Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte enthält neben obigem Flächengebilde auch ein Polymer, welches das poröse leitfähige Flächengebilde vollständig oder zumindest teilweise durchdringt. Die Durchdringung beinhaltet, dass das Polymer zum überwiegenden Teil in den Poren des Flächengebildes angeordnet ist und diese vollständig oder zumindest teilweise füllt. Infolge dieser Durchdringung wird ein Stofftransport durch das Flächengebilde hindurch senkrecht zu der Ebene der beiden Hauptausdehnungsrichtungen verhindert.

Zumindest ein Polymer durchdringt das poröse leitfähige Flächengebilde, wobei es grundsätzlich auch möglich ist, dass zusätzlich zu diesem zumindest einen Polymer weitere Polymere vorliegen. Die Durchdringung des Flächengebildes bringt es mit sich, dass ein so durchdrungenes Flächengebilde einen Stofftransport durch dieses Flächengebilde hindurch nicht mehr ermöglicht. Die Durchdringung bedeutet nicht, dass die Porenstruktur von dem Polymer vollständig ausgefüllt wird oder auch nur vollständig verschlossen wird (vollständiger Stoffschluss). Vielmehr bewirkt die Durchdringung, dass eine Vielzahl der von der einen Seitenfläche zu der anderen Seitenfläche ursprünglich durchgängigen Poren infolge des in das Flächengebilde eingebrachten Polymers nicht mehr frei durchquert werden können. Hierdurch ist natürlich nicht ausgeschlossen ist, dass vereinzelt noch durchgängige Poren existieren. Demzufolge kann in einem derartig durchdrungenen System allenfalls ein geringer Stofftransport durch das Flächengebilde stattfinden, welcher dem Umfang nach zu vernachlässigen ist.

Das Polymer ist ein Wachs aus mindestens einem Polymer (also ein Polymerwachs), wobei grundsätzlich alle Polymerwachse geeignet sind, beispielsweise Polyesterwachse, Polyethylenglycolwachse (Carbowachs, PEG), fluorierte Wachse wie etwa Polytetrafluorethylenwachse (PTFE-Wachs) und Polyolefinwachse sowie Mischungen und/oder Copolymere der vorgenannten Wachse untereinander. Insbesondere kann ein thermoplastisches Polymerwachs verwendet werden. Es hat sich dabei als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn das Polymerwachs ein Polyolefinwachs ist.

Als Polyolefinwachs im Sinne der vorliegenden Anmeldung gelten alle Polyolefine, welche einen wachsartigen Charakter aufweisen. Einen wachsartigen Charakter weisen Substanzen auf, die hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften als Wachs gelten. Für Polyolefinwachse bedeutet dies unter Berücksichtigung der obigen Definition vor

allem, dass sie einen Tropfpunkt oberhalb von 40 °C ausweisen (wobei der Tropfpunkt diejenige Temperatur darstellt, bei der eine Substanz bei einem Aufheizvorgang unter definierten Prüfbedingungen zu fließen anfängt, wobei die Bestimmung nach der Deutschen Einheitsmethode M-III 3 zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen der Deutschen Gesellschaft für Fettwissenschaft e.V. (Münster) oder nach ASTM D3954 erfolgt, allgemein gegebenenfalls auch nach DIN ISO 2176, ASTM D566, ASTM D2265) und dass bei einer Temperatur von 10 °C oberhalb des Tropfpunktes der Substanz ihre Schmelzeviskosität einen Wert von 10.000 mPa·s nicht übersteigt (bei der jeweiligen Temperatur bestimmt nach der Deutschen Einheitsmethode M-III 8 zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen der Deutschen Gesellschaft für Fettwissenschaft e.V. (soweit anwendbar), nach ISO 11443 oder nach ASTM D3835). Insoweit der Erweichungspunkt (bestimmt nach ASTM D6090, allgemein gegebenenfalls auch nach DIN 51920, ASTM D3461, ASTM D3104) als Beginn eines Aufschmelzvorgangs angesehen werden kann, der in etwa beim Tropfpunkt endet, liegt der Erweichungspunkt von Wachsen dicht unterhalb des Tropfpunktes des Waxes und unterscheidet sich von diesem häufig nur um wenige Temperaturgrade. Somit weisen Polyolefinwachse also mittlere Molmassen (als zahlengemittelte Molmassen, bestimmt mittels Gelpermeationschromatographie) aus einem Bereich von 1.500 g/mol bis 50.000 g/mol auf (bestimmt nach DIN EN ISO 16014 oder in Analogie zu dem für Polystyrol eingesetzten Verfahren aus DIN 55672 oder ASTM D5296 bei Berücksichtigung der in ASTM D3016 dargelegten Grundsätze nach Kalibrierung mit kommerziell verfügbaren Polystyrolstandards).

Als Polyolefine gelten sämtliche gesättigten polymeren Kohlenwasserstoffe, welche aus Olefinen herstellbar sind - insbesondere aus alpha-Olefinen. Damit sind Polyolefine klar unterschieden von den niedermolekularen Paraffinen (Gemische aliphatischer azyklischer Kohlenwasserstoffe, welche nicht als Polymere vorliegen und daher Molmassen von maximal 700 g/mol aufweisen, typischerweise von weniger als 600 g/mol). Als Polyolefine gelten Homopolymere ebenso wie Copolymere mit zwei oder mehreren unterschiedlichen Olefinbestandteilen. So sind Polyolefine unter anderem Homopolymere der allgemeinen Struktur $[-CH_2-C(R^1)(R^2)-]_n-$, wobei der Rest R^1 eine geradkettige oder verzweigte gesättigte aliphatische oder cycloaliphatische

Gruppe darstellt und der Rest R^2 in der Regel Wasserstoff (H), seltener eine geradkettige oder verzweigte gesättigte aliphatische oder cycloaliphatische Gruppe, welche mit dem Rest R^1 identisch oder von diesen verschieden sein kann. Unter die Definition von Polyolefinen fallen die vorgenannten Verbindungen in sämtlichen Kurzketten- und/oder Langketten-Verzweigungstypen, beispielsweise solche, die in Niederdruck- oder Hochdruckverfahren erhältlich sind, sowie in beliebiger Taktizität (isotaktisch, syndiotaktisch oder ataktisch). Typische Polyolefine sind Polyethylen (PE einschließlich LDPE und HDPE), Polypropylen (PP), Polybutylen (Polybuten-1, PB), Polyisobutylen (PIB) und/oder Polymethylpenten (PMP) sowie Copolymere von Ethylen oder Propylen mit längerkettigen alpha-Olefinen, typischerweise mit Buten, Hexen oder Octen, beispielsweise LLDPE.

Demzufolge bilden die Polyolefinwachse also eine hochspezifische kleine Gruppe von stark begrenztem Umfang innerhalb der großen Gruppe der Polyolefine. Grundsätzlich lassen sich alle Polyolefinwachse einsetzen, wobei die Wachseigenschaften - insbesondere die Temperatureigenschaften und die rheologischen Eigenschaften - in erster Linie auf die jeweilige mittlere Kettenlänge der Polymermoleküle zurückzuführen sind. Demzufolge sind Polyolefinwachse vor allem solche Polyolefine, die eine zahlengemittelte Molmasse M_n aus einem Bereich von mindestens 1.500 g/mol und höchstens 50.000 g/mol aufweisen und insbesondere von mindestens 3.000 g/mol und höchstens 20.000 g/mol auf. Die entsprechenden zahlengemittelten Molmassen werden mit geeigneten Verfahren ermittelt, sei es in Absolutverfahren – etwa massenspektroskopisch, beispielsweise mittels Flugzeitanalyse von Ionen, die in matrixunterstützter Laserdesorption-Ionisierung freigesetzt wurden (MALDI-TOF) -, sei es in nicht-absoluten Verfahren. Letztere beinhalten vor allem die Gelpermeationschromatographie, welche typischerweise zur Molmassenbestimmung von Polymeren herangezogen wird; eine Bestimmung erfolgt unter Verwendung eines geeigneten Lösungsmittels (zumeist Tetrahydrofuran), wobei zur Kalibrierung eine geeignete Polymersubstanz bekannter Verteilung eingesetzt wird (typischerweise kommerziell verfügbare Polystyrolsysteme); entsprechend standardisierte Vorschriften finden sich in DIN EN ISO 16014 (auch in Analogie zu dem für Polystyrol eingesetzten Verfahren aus DIN 55672 oder ASTM D5296 unter Berücksichtigung der in ASTM D3016 dargelegten Grundsätze).

Die vorgenannten Polyolefinwachse sind ohne Ausnahme verwendbar. So werden Polyolefinwachse mit einem Erweichungspunkt aus einem Temperaturbereich von mindestens 80 °C und höchstens 150 °C verwendet, insbesondere aus einem Temperaturbereich von mindestens 100 °C und höchstens 120 °C, vor allem auch von mindestens 105 °C bis höchstens 115 °C. Der Erweichungspunkt wird dabei mit für Wachse gängigen und geeigneten Verfahren bestimmt, etwa entsprechend ASTM D6090 (typischerweise nach ASTM D6090-99 sowie späteren Versionen).

Neben entsprechenden Polyolefinen umfasst der Begriff Polyolefinwachse ebenfalls Mischungen der vorgenannten Polyolefine (Homopolymere und oder Copolymere) sowie solche Polymere, die durch Polymerisation von Ethylen mit geeigneten Comonomeren wie beispielsweise Vinylacetat und/oder Acrylsäure gewonnen werden (modifizierte Polyolefinwachse, beispielsweise Ethylen-Vinylacetat-Copolymere (EVA) oder Ethylen-Acrylsäure-Copolymere (EAA)) und darüber hinaus auch Oxidate aller vorgenannten Polyolefine.

Vorliegend kann die Beladung des Flächengebildes mit Polymerwachs entsprechend dem konkret eingesetzten System ausgewählt werden. Typischerweise haben sich Polymerwachs-Flächenbeladungen in einem Bereich von Bereich von 0,2 g/cm² bis 0,35 g/cm² als vorteilhaft herausgestellt, insbesondere von 0,27 g/cm² bis 0,28 g/cm² (bei einer typischen Dicke des Flächengebildes von 4,6 mm entsprechend einer Wachs-Volumenbeladung aus einem Bereich von etwa 0,4 g/cm³ bis 0,75 g/cm³).

Die Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte gemäß der vorliegenden Erfindung kann beliebig ausgebildet sein und insbesondere alle Formen und Ausgestaltungen aufweisen, welche typischerweise Bipolarplatten für Redox-Flow-Zellen besitzen; dies umfasst insbesondere auch Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatten, welche an einer Seitenfläche (die sich parallel zu den beiden Hauptausdehnungsrichtungen der Bipolarplatte erstreckt oder zumindest im Wesentlichen parallel dazu) eine Ausgestaltung aufweisen, die zum Heranführen und/oder zum Ableiten von Fluiden an Seitenflächen oder von dieser weg und/oder zum Verteilen von Fluiden entlang der Seitenfläche der Bipolarplatte eingerichtet ist, beispielsweise eine Struktur, welche einen Kanal oder mehrere Kanälen als Fluidkanalstruktur aufweist und die zum gerichteten Hindurchleiten von Fluiden

angepasst ist, insbesondere von Elektrolyten. Vorzugsweise weist die Bipolarplatte an beiden Seitenflächen eine entsprechende Struktur auf.

Darüber hinaus kann eine Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte natürlich auch weitere Elemente enthalten, beispielsweise funktionale Zuschlagsstoffe (Hilfsstoffe, Additive) oder auch weitere poröse leitfähige Flächengebilde und/oder weitere Polymere. Als derartige funktionale Zuschlagsstoffe kommen grundsätzlich alle Stoffe in Frage, welche die Beschaffenheit der Redox-Flow-Zelle hinsichtlich gezielter Eigenschaften oder hinsichtlich eines gewünschten Verhaltens bei den jeweiligen Betriebsbedingungen steuern; derartige Zuschlagsstoffe sind dem Fachmann bekannt. Dies betrifft ebenfalls Zuschlagsstoffe, die eine höhere elektrische Leitfähigkeit zur Folge haben, insbesondere gut leitfähige partikuläre Zuschlagstoffe.

Die vorliegende Erfindung beinhaltet darüber hinaus eine Redox-Flow-Zelle mit mindestens einer der vorgenannten Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatten. Bei der Redox-Flow-Zelle kann es sich grundsätzlich um beliebige Arten an Redox-Flow-Zellen handeln, also auch solche, die auf der Basis der Redoxsysteme Zink/Cer, Zink/Brom, Zink/Chlor, Eisen/Chrom, Polysulfid/Bromid und insbesondere von vanadiumbasierenden Redoxsystemen beruhen.

Darüber hinaus wird auch ein Verfahren zum Herstellen einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte bereitgestellt, welches vier Schritte umfasst; die einzelnen Schritte müssen hierbei nicht zwingend nacheinander ablaufen, diese können vielmehr auch teilweise zeitversetzt (zeitlich überlappend, so dass ein Schritt begonnen wird, bevor ein anderer Schritt vollständig abgeschlossen ist), zum Teil sogar gleichzeitig stattfinden. Es sei darauf hingewiesen, dass insbesondere der Schritt des In-Kontakt-Bringens und der Schritt des Aufheizens (Schritt b)) lediglich zur Unterscheidung der einzelnen funktionalen Abläufe dient, wobei beide Schritte in beliebiger Reihenfolge ablaufen können, auch gleichzeitig oder teilweise zeitversetzt.

Bei dem Schritt des In-Kontakt-Bringens wird das zuvor beschriebene Flächengebilde als flexibles, poröses leitfähiges Flächengebilde mit mindestens einem Polymerwachs der zuvor ausgeführten Art in Kontakt gebracht, insbesondere mit einem thermoplastischen Polymerwachs, insbesondere einem Polyolefinwachs.

In dem Schritt des Aufheizens (Schritt b)) wird das Polymerwachs auf eine erste Temperatur aufgeheizt. Hierbei wird ein verflüssigtes Polymerwachs erhalten. Wie bereits ausgeführt kann das Aufheizen (Schritt b)) entweder vor dem In-Kontakt-Bringen (Schritt a)) durchgeführt werden, während des In-Kontakt-Bringens (das bedeutet also zusammen mit diesem) oder auch nach dem In-Kontakt-Bringen, gegebenenfalls auch teilweise überlappend damit.

In dem Schritt des Einbringens (Schritt c)) dringt das beim Aufheizen (Schritt b)) erhaltene verflüssigte Polymerwachs in das poröse leitfähige Flächengebilde zumindest teilweise ein. Hierbei wird ein mit dem verflüssigten Polymerwachs getränktes Flächengebilde erhalten.

In dem Schritt des Abkühlens (Schritt d)) wird das beim Einbringen (Schritt c)) erhaltene mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde auf eine zweite Temperatur abgekühlt, welche niedriger ist als die erste Temperatur. Hierbei wird ein mit dem erstarrten Polymerwachs getränktes Flächengebilde erhalten.

Hinsichtlich der zeitlichen Abfolge ergibt sich zwingend, dass das Einbringen (Schritt c)) entweder zeitlich nach dem In-Kontakt-Bringen (Schritt a)) erfolgt, gleichzeitig mit dem In-Kontakt-Bringen (Schritt a)) oder teilweise zeitlich überlappend mit dem In-Kontakt-Bringen. Gleichermaßen muss das Einbringen (Schritt c)) entweder zeitlich nach dem Aufheizen (Schritt b)) erfolgen, gleichzeitig mit dem Aufheizen (Schritt b)) oder teilweise zeitlich überlappend mit dem Aufheizen (Schritt b)). Ferner findet das Abkühlen (Schritt d)) im Wesentlichen nach dem Einbringen (Schritt c)) statt.

Insgesamt lassen sich hierbei unterschiedliche Verfahrensführungen wählen; so kann beispielsweise eine kontinuierliche Verfahrensführung oder auch eine diskontinuierliche Verfahrensführung gewählt werden. Bei einer kontinuierlichen Verfahrensführung wird das poröse leitfähige Flächengebilde kontinuierlich bewegt, vorzugsweise als bahnförmiges Material, das eine Strecke mit unterschiedlichen Teilabschnitten durchläuft, in welchen die jeweiligen Bearbeitungsschritte durchgeführt werden. Bei letzteren kann es sich beispielsweise um Beaufschlagungssektionen handeln, in welchen das Flächengebilde mit dem Polymerwachs in Kontakt gebracht wird, sowie um Temperiersektionen, in welchen das Flächengebilde aufgeheizt oder abgekühlt wird.

Bei Verwendung von bahnförmigem Material - vor allem von Rollenmaterial - kann auch eine Reel-to-Reel-Methode gewählt werden. Im Falle einer diskontinuierlichen Verfahrensführung wird ein definierter Abschnitt des porösen leitfähigen Flächengebildes in jeweiligen Bearbeitungsschritten unterworfen.

Grundsätzlich sind alle geeigneten und den Fachmann bekannten Maßnahmen verwendbar, um die jeweiligen Verfahrensschritte zu realisieren. So können etwa das flexible, poröse leitfähige Flächengebilde und das Polymerwachs auf beliebige Weise miteinander in Kontakt gebracht werden, sofern nur ein Kontakt zwischen dem Polymerwachs und dem Flächengebilde hergestellt wird, etwa ein Einbetten, Einlegen, Eintauchen, Auftragen, Aufsprayen, Auflegen, Schichten und dergleichen, beispielsweise, indem das Flächengebilde in aufgeschmolzenes Polymerwachs vollständig eingebracht wird (so dass das Flächengebilde das Polymerwachs aufnehmen kann), indem nach Art eines Doctes lediglich ein Teil des Flächengebildes in das aufgeschmolzene Polymerwachs eingebracht wird (so dass das aufgeschmolzene Polymerwachs mit Hilfe von Kapillarkräften in das Flächengebilde hinein gefördert wird), indem das aufgeschmolzene Polymerwachs auf die Oberfläche des Flächengebildes aufgetragen wird - etwa als Sprayaerosol oder mittels eines Rakels - (so dass das aufgeschmolzene Polymerwachs von der Oberfläche in das Flächengebilde hinein gefördert wird) oder indem nicht-aufgeschmolzenes Polymerwachs auf die Oberfläche des Flächengebilde aufgebracht wird - etwa, indem das feste Polymerwachs auf die Oberseite des Flächengebilde aufgelegt wird oder das Flächengebilde auf das feste Polymerwachs aufgelegt wird - und das Polymerwachs anschließend aufgeschmolzen wird (so dass das aufgeschmolzene Polymerwachs von der Oberfläche in das Flächengebilde hinein gefördert wird).

Gleichermaßen kann das Aufheizen (Schritt b)) des Polymerwachses auf eine erste Temperatur (bei welcher das Polymer aufgeschmolzen und daher verflüssigt wird und somit niederviskos vorliegt, also oberhalb des Erweichungspunkts oder sogar des Tropfpunkts oder Schmelzpunkts des Polymerwachses) mit beliebigen Heizverfahren bewerkstelligt werden, etwa in einer separaten Heizeinheit, beispielsweise einem Ofen, insbesondere ein Rohrofen oder Durchlaufofen, in einem Tiegel oder Schiffchen, mittels elektromagnetischer Heizverfahren wie etwa Induktionsheizen mittels Mikrowellen,

mittels optischer Verfahren wie etwa mittels Laser oder Infrarotstrahlung und dergleichen.

Für den Fall, dass das In-Kontakt-Bringen (Schritt a)) vor dem Aufheizen (Schritt b)) erfolgen soll, kann beispielsweise das noch feste oder halbfeste Polymerwachs auf das poröse leitfähige Flächengebilde aufgebracht werden (alternativ kann auch das poröse leitfähige Flächengebilde auf das noch nicht verflüssigte Polymerwachs aufgebracht werden), erst danach wird das Polymerwachs alleine oder zusammen mit dem porösen leitfähigen Flächengebilde erhitzt.

Für den Fall, dass das Aufheizen (Schritt b)) vor dem In-Kontakt-Bringen (Schritt a)) erfolgt, kann beispielsweise das Polymerwachs zunächst erhitzt werden und erst danach das poröse leitfähige Flächengebilde in das aufgeschmolzene Polymerwachs so eingebracht werden, dass das gesamte Flächengebilde oder nur ein Teil des Flächengebildes von dem Polymerwachs umgeben ist. Alternativ kann aber auch das aufgeschmolzene Polymerwachs auf das Flächengebilde aufgebracht werden.

Das Einbringen (Schritt c)) des verflüssigten Polymerwachses in das poröse leitfähige Flächengebilde lässt sich ebenfalls über alle geeigneten Verfahren realisieren. Häufig wird hier eine Prozessführung gewählt, für welche kein aktives Handeln erforderlich ist, da dieser Schritt in der Regel vielmehr von alleine abläuft, sobald das verflüssigte Polymerwachs in Kontakt mit dem porösen leitfähigen Flächengebilde steht - in diesem Fall erfolgt das Einbringen (Schritt c)) unter Einwirkung der Schwerkraft oder von Kapillarkräften. Dies kann durch Anlegen einer Druckdifferenz zwischen dem Äußern und Innern des Flächengebildes unterstützt werden, beispielsweise, indem das Flächengebilde innerhalb der Polymerwachsschmelze zusammengepresst und wieder entspannt wird, das Polymerwachs unter Hochdruck in die Porenstruktur des Flächengebildes eingepresst oder mittels Unterdruck durch diese hindurchgesaugt wird.

Das Abkühlen (Schritt d)) des mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkten Flächengebildes auf eine zweite Temperatur, welche niedriger ist als die erste Temperatur, kann ebenfalls über alle gängigen Verfahrensführungen erreicht werden. Im einfachsten Fall handelt es sich bei dem Abkühlen (Schritt d)) des erwärmten Polymerwachses um einen Warteprozess, in welchem das heiße durchtränkte

Flächengebilde aufgrund der kälteren Umgebungstemperatur von selbst abkühlt. Natürlich ist es auch möglich, eine Verfahrensführung mit aktiver Kühlung zu wählen (etwa in einem Kaltbereich, durch Aufblasen von gekühltem Gas oder dergleichen), wobei der Abkühlvorgang bei Bedarf auch einem vorgegebenen Temperaturprofil folgen kann.

Das Verfahren kann zusätzlich zu den vorgenannten Schritten natürlich weitere Schritte enthalten. Im Folgenden sind exemplarisch einzelne Schritte genannt, welche sich als besonders vorteilhaft herausgestellt haben. Diese lassen sich nicht nur beliebig miteinander kombinieren, anstelle dessen oder zusätzlich dazu können selbstverständlich auch weitere, hier nicht näher beschriebene Schritte durchgeführt werden, welche dem Fachmann an sich bekannt sind.

So kann das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde vor dem Abkühlen (Schritt d)) zwischen zwei rotierenden Walzen in einen Walzenspalt eingebracht werden, wobei das überschüssige verflüssigte Polymerwachs (sowie im Flächengebilde eingeschlossene Luft) aus dem mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkten Flächengebilde herausgepresst wird. In diesem Schritt wird typischerweise das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde in Dickenrichtung durch die Kalandrierwalzen zusammengepresst und gestaucht. Typischerweise erfolgt das Zusammenpressen auf eine Dicke, die maximal 70 % der Dicke des Flächengebildes vor dem Verdichten ausmacht, vorzugsweise maximal 80 % der Dicke getränkten Flächengebildes. Dieser zusätzliche Schritt lässt sich nach jedem geeigneten Verfahren durchführen, insbesondere in einem Kalandrier mit zwei oder mehreren Walzen. Derartige Walzen, insbesondere Kalandrierwalzen können dabei aktiv beheizt werden, um ein Erstarren des aufgeschmolzenen Polymerwachses zu verhindern, so dass dieses in die Porenstruktur des Flächengebildes hineingepresst wird. Stattdessen können die Walzen auch unbeheizt sein und die vor dem Abkühlen (Schritt d)) noch vorhandene Restwärme des getränkten Flächengebildes nutzen, um das Verdichten in noch nicht erstarrtem Zustand zu bewerkstelligen, wobei das noch immer flüssige Polymerwachs ebenfalls in die Porenstruktur eingepresst wird. Alternativ kann ein bereits erstarrtes Polymer beim Verdichten auch ohne separate Heizmaßnahmen gewalzt/kalandriert werden, beispielsweise indem das in den

Walzenspalt eingebrachte erstarrte Flächengebilde durch die Wahl eines geeigneten Spaltmaßes mit einem derart hohen Druck beaufschlagt wird, dass das Polymerwachs dort infolge des inneren Drucks und der inneren Reibung zumindest teilweise erneut aufschmilzt, während es in den Walzenspalt eingeführt wird.

Anstelle eines Kalandrierens oder auch zusätzlich dazu kann das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde vor dem Abkühlen (Schritt d)) auch einseitig gewalzt werden. Alternativ ist es möglich, das mit dem erstarrten Polymerwachs getränkte Flächengebilde erst nach dem Abkühlen (Schritt d)) zu walzen. Das Walzen kann hierbei durch unbeheizte Walzen oder aber mittels beheizter Walzen erfolgen. Beim Walzen wird in erster Linie die äußere Oberfläche des mit dem erstarrten Polymerwachs getränkten Flächengebildes formgebend verändert, in der Regel geglättet. Sofern an den Walzen entsprechende Strukturelemente vorgesehen sind, können die Strukturelemente auch in die Oberfläche einprägt werden. Für derartige Walzvorgänge sind alle geeigneten Walzverfahren grundsätzlich möglich.

Ferner können funktionale Strukturelemente in mindestens einer Oberfläche des mit dem erstarrten Polymerwachs getränkten Flächengebildes durch Umformen erzeugt werden, beispielsweise durch Druckumformen, Zugumformen, Schubumformen oder Biegeumformen, insbesondere indem Fluidkanalstrukturen, Verteilerstrukturen, Kontaktbereiche und/oder Dichtungsbereiche in einem Pressvorgang oder Walzvorgang eingeprägt werden. Darüber hinaus sind natürlich auch andere Nachbearbeitungsschritte möglich, bei denen die Oberfläche der späteren Bipolarplatte strukturiert wird.

Darüber hinaus kann die Oberfläche des mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebildes nach dem Abkühlen (Schritt d)) in beliebiger Verfahrensführung auch lokal erwärmt werden, um ein Funktionselement oder mehrere Funktionselemente daran zu befestigen. Als Funktionselemente kommen grundsätzlich alle dem Fachmann bekannten Strukturen in Frage, beispielsweise Schläuche zum Einleiten oder Abführen von Elektrolyten, Verteilerstrukturen und dergleichen, aber auch Siegelemente (etwa Dichtungen) zum dichtenden Verschließen von Redox-Flow-Zellen oder auch Sonden und/oder Fühler zur Messung charakteristischer Größen, beispielsweise einer lokalen Temperatur, Spannung oder dergleichen (einzeln oder lokal aufgelöst). Hierfür wird das Funktionselement in Kontakt mit der Oberfläche des mit erstarrtem Polymerwachs

getränkten Flächengebilde gebracht, mit dem mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebilde lokaler erwärmt und so miteinander verschweißt. Als besonders vorteilhaft hat es sich herausgestellt, wenn vor dem Verschweißen an den für die Verschweißung vorgesehenen Bereich der Oberfläche des mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebildes zusätzlich elektrisch leitfähige Faserabschnitte aufgebracht werden.

Auf die oben beschriebene Weise lassen sich kostengünstig Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatten und Zellanordnungen erhalten, da sowohl Materialkosten wie auch Bearbeitungskosten und Herstellungskosten gering sind.

Zur Verdeutlichung der Verfahren sind im Folgenden repräsentative Beispiele unter Bezugnahme auf die entsprechenden Figuren allgemein beschrieben, wobei auch einzelne Teilschritte und Abläufe derselben erläutert werden, die in Abhängigkeit von den jeweils gewünschten Zielen eines derartigen Verfahrens nahezu beliebig miteinander verknüpft werden können. Die Figuren zeigen dabei jeweils schematisch Fig. 1 den Ablauf der wichtigsten Verfahrensschritte eines Verfahrens zur Herstellung einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte gemäß einer ersten Ausführungsform; Fig. 2 den Ablauf der wichtigsten Verfahrensschritte eines Verfahrens zur Herstellung einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte gemäß einer zweiten Ausführungsform; Fig. 3 den Ablauf der wichtigsten Verfahrensschritte eines Verfahrens zur Herstellung einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte gemäß einer dritten Ausführungsform; Fig. 4 den Ablauf der wichtigsten Verfahrensschritte eines Verfahrens zur Herstellung einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte gemäß einer vierten Ausführungsform; Fig. 5 den Ablauf der wichtigsten Verfahrensschritte eines Verfahrens zur Herstellung einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte gemäß einer fünften Ausführungsform; Fig. 6 den Ablauf der wichtigsten Verfahrensschritte eines Verfahrens zur Herstellung einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte gemäß einer sechsten Ausführungsform; und Fig. 7 den Ablauf der wichtigsten Verfahrensschritte eines Verfahrens zur Herstellung einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte gemäß einer siebenten Ausführungsform.

In Fig. 1 ist eine erste exemplarische Ausführungsform gezeigt, bei dem zuerst der Schritt des in-Kontakt-Bringens 1 vorgesehen ist, bei welchem das flexible, poröse

leitfähige Flächengebilde mit dem Polymerwachs in Kontakt gebracht wird. Nach dem In-Kontakt-Bringen 1 wird dann der Schritt des Aufheizens 2 durchgeführt, bei dem das Polymerwachs auf eine erste Temperatur aufgeheizt wird. Die Temperatur wird dabei unter Berücksichtigung des konkret eingesetzten Polymerwachses hoch genug gewählt, so dass das Polymerwachs bei dieser Temperatur als verflüssigtes Polymerwachs vorliegt. Nach dem Aufheizen 2 wird der Schritt des Einbringens 3 durchgeführt, bei welchem das verflüssigte Polymerwachs in das poröse leitfähige Flächengebilde vollständig oder zumindest teilweise eindringt. Hierbei wird ein mit dem verflüssigten Polymerwachs getränktes Flächengebilde erhalten. Nach dem Einbringen 3 wird schließlich der Schritt des Abkühlens 4 durchgeführt. Nachdem das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde dabei auf eine Temperatur unterhalb des Tropfpunktes oder sogar des Erweichungspunktes abgekühlt wird, wird ein mit dem erstarrtem Polymerwachs getränktes Flächengebilde erhalten; dieses kann als Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte zum Einsatz gelangen.

In Fig. 2 ist eine zweite exemplarische Ausführungsform gezeigt. Der Verfahrensablauf ist bei zweiten exemplarischen Ausführungsform mit dem der ersten exemplarischen Ausführungsform weitgehend identisch, es existiert hier lediglich eine einzige Abweichung: Im Unterschied zu der in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsform findet bei der zweiten Ausführungsform das In-Kontakt-Bringen 1 gleichzeitig mit dem Aufheizen 2 statt.

In Fig. 3 ist eine dritte exemplarische Ausführungsform gezeigt. Der Verfahrensablauf ist bei der dritten exemplarischen Ausführungsform mit dem der ersten exemplarischen Ausführungsform weitgehend identisch, es existiert hier lediglich eine einzige Abweichung: Im Unterschied zu der in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsform findet bei der dritten Ausführungsform das In-Kontakt-Bringen 1 erst nach dem Aufheizen 2 des Polymerwachses statt, so dass das Polymerwachs beim In-Kontakt-Bringen 1 bereits in flüssiger Form vorliegt.

In Fig. 4 ist eine vierte exemplarische Ausführungsform gezeigt. Der Verfahrensablauf ist bei der vierten exemplarischen Ausführungsform mit dem der ersten exemplarischen Ausführungsform weitgehend identisch, es existiert hier lediglich eine einzige Abweichung: Im Unterschied zu der in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsform ist

bei der vierten Ausführungsform mit dem Walzen 5 ein weiterer Bearbeitungsschritt vorgesehen, welcher nach dem Einbringen 3 aber noch vor dem Abkühlen 4 stattfindet. Im vorliegenden Fall kann es sich bei dem Walzen 5 auch um ein kombiniertes Walzen und Kalandrieren handeln.

In Fig. 5 ist eine fünfte exemplarische Ausführungsform gezeigt. Der Verfahrensablauf ist bei der fünften exemplarischen Ausführungsform mit dem der vierten exemplarischen Ausführungsform weitgehend identisch, es existiert hier lediglich eine Abweichung: Im Unterschied zu der in Fig. 4 dargestellten vierten Ausführungsform ist bei der fünften Ausführungsform ein Walzen 5 vorgesehen, welches nach dem Abkühlen 4 des Polymerwaxes an dem Flächengebilde vorgenommen wird.

In Fig. 6 ist eine sechste exemplarische Ausführungsform gezeigt. Der Verfahrensablauf ist bei sechsten exemplarischen Ausführungsform mit dem der ersten exemplarischen Ausführungsform weitgehend identisch, es existiert hier lediglich eine Abweichung: Im Unterschied zu der in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsform ist bei der sechsten Ausführungsform mit dem Verschweißen 6 ein weiterer Bearbeitungsschritt vorgesehen, welcher erst nach dem Abkühlen 4 stattfindet. Im vorliegenden Fall wird beim Verschweißen 6 mindestens ein Funktionselement in Kontakt mit der Oberfläche des mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebildes gebracht. Infolge der in der Kompositstruktur aus Flächengebilde und Polymerwachs gespeicherten Wärme wird das Funktionselement mit dem mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebilde lokal verschweißt.

In Fig. 7 ist schließlich eine siebente exemplarische Ausführungsform gezeigt. Der Verfahrensablauf ist bei der siebenten exemplarischen Ausführungsform mit dem der ersten exemplarischen Ausführungsform weitgehend identisch, es existiert hier lediglich eine einzige Abweichung: Im Unterschied zu der in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsform ist bei der siebenten Ausführungsform mit dem Umformen 7 ein weiterer Bearbeitungsschritt vorgesehen, welcher erst nach dem Abkühlen 4 stattfindet. Beim Umformen 7 werden in der Oberfläche des mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebildes funktionale Strukturelemente erzeugt, es werden insbesondere Fluidkanalstrukturen eingepreßt.

Typischerweise weisen erfindungsgemäße Verfahren nicht nur einen sondern beide der in den letzten beiden Figuren dargestellten zusätzlichen Schritte des Umformens und Verschweißens auf (nicht bildlich dargestellt); derartige Verfahren umfassen also beispielsweise zuerst die in den Figuren 1 bis 5 dargestellten Schritte, danach das obige Umformen und danach das obige Verschweißen.

Im Weiteren sind experimentelle Ausführungsbeispiele für die vorliegende Erfindung beschrieben, wodurch deren technische Lehre lediglich verdeutlicht aber nicht beschränkt werden soll:

Als Polymerwachs wurde exemplarisch ein Polyolefinwachs eingesetzt, nämlich ein hochschmelzendes kristallines Hochdruckpolyethylenwachs der Firma Trecora Chemical, Inc., welches einen Erweichungspunkt in einem Bereich von 107 °C bis 116 °C (bestimmt nach ASTM D6090-99) und bei 150 °C eine (dynamische) Viskosität von 7 bis 12 mPa·s (bestimmt nach ASTM D1986-91) aufweist. Damit war das Polyolefinwachs bei den Verarbeitungsbedingungen hinreichend niederviskos (dünnflüssig), um die Oberfläche des Flächengebildes zu benetzen, und gleichzeitig bei den Betriebsbedingungen mechanisch stabil genug, um als selbsttragende Bipolarplatte zum Einsatz gelangen zu können.

Als Flächengebilde wurde ein genadelter Kohlenstofffilz der Firma SGL CARBON GmbH mit einer Dicke von 4,6 mm eingesetzt.

Im Rahmen von im Vorfeld durchgeführten Stabilitätstests und Leitfähigkeitsmessungen stellten sich Wachs-Flächenbeladungen aus einem Bereich von etwa 0,2 g/cm² bis 0,35 g/cm² als besonders vorteilhaft heraus (entsprechend bei der gewählten Filzdicke von 4,6 mm also Wachs-Volumenbeladungen aus einem Bereich von etwa 0,4 g/cm³ bis 0,75 g/cm³). Bei Verwendung von höheren Flächenbeladungen wurde beobachtet, dass die Oberfläche der resultierenden Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte flächig mit Polyolefinwachs bedeckt war, was eine Verringerung der elektrischen Leitfähigkeit zur Folge hatte, da das Polyolefinwachs bei Kontaktierung mit anderen leitfähigen Materialien elektrisch isolierende Eigenschaften aufweist. Im Gegensatz dazu wurde bei einer niedrigeren Flächenbeladung die Homogenität der Polyolefinfüllung verringert, so

dass Stabilität und Dichtigkeit der Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte gegenüber Elektrolytbestandteilen aus benachbarten Halbzellen beeinträchtigt wurde.

Bei der technischen Umsetzung des Imprägnierungsverfahrens wurde daher für das vorliegende System eine Beladung mit Polyolefinwachs innerhalb der oben beschriebenen Grenzen angestrebt, als Zielwert wurde für den oben beschriebenen genadelten Kohlenstofffilz eine Wachs-Flächenbeladung von etwa $0,27 \text{ g/cm}^2$ bis $0,28 \text{ g/cm}^2$ gewählt.

Eine Imprägnierung des Kohlenstofffilzes mit Polyolefinwachs wurde im Rahmen von unterschiedlichen Verfahren vorgenommen. Im vorliegenden Fall wurde eine kontinuierliche Verfahrensführung gewählt. Hierfür wurde der obige Kohlenstofffilz als eine auf einer Rolle aufgespulte Filzbahn bereitgestellt, deren eines Ende zur Herstellung der Bipolarplatte von der Rolle abgespult und anschließend durch ein beheiztes Wachsbad mit dem aufgeschmolzenen Polyolefinwachs geführt wurde. Alternativ wurde auch eine diskontinuierliche Verfahrensführung durchgeführt, bei welcher ein zugeschnittener Filzabschnitt in das aufgeschmolzene Polyolefinwachs eingetaucht und aus diesem wieder herausgenommen wurde; die in kontinuierlichen und diskontinuierlichen Verfahren erhaltenen Bipolarplatten zeigten sich qualitativ im Wesentlichen identisch.

Die so erhaltene wachsgetränkte Filzbahn oder die so erhaltenen wachsgetränkten Filzabschnitte wurden anschließend in den Spalt eines Kalanders eingeführt, um das aufgeschmolzene Polyolefinwachs in die schwammartige Struktur des Flächengebilde hinein zu pressen und gleichzeitig überschüssiges Polyolefinwachs sowie eingeschlossene Luft aus dem Flächengebilde heraus zu pressen.

Proben 1 und 2 wurden jeweils in einem kontinuierlichen Verfahren hergestellt, wobei in beiden Fällen als poröses, elektrisch leitfähiges Flächengebilde der oben beschriebene Kohlenstofffilz mit einer Dicke von 4,6 mm und als Polyolefinwachs das oben beschriebene Hochdruck Polyethylenwachs zum Einsatz kam.

Bei Probe 1 wurde das Polyolefinwachs bei einer Temperatur von etwa $160 \text{ }^{\circ}\text{C}$ zu einem Wachsbad aufgeschmolzenen und der von der Rolle abgespulte Kohlenstofffilz mit einer Spulgeschwindigkeit von $0,5 \text{ m/min}$ in das Wachsbad hinein geführt, durch dieses hindurch geleitet und aus diesem wieder heraus geführt. Anschließend wurde

der mit noch flüssigem Polyethylenwachs getränkte Kohlenstoffilz in den Walzenspalt zwischen zwei beheizten Kalandervalzen eingeführt, wobei als Walzentemperatur eine Temperatur von 180 °C und ein Walzenspalt von 4 mm vorgegeben wurden, um überschüssiges Wachs aus dem Flächengebilde herauszupressen und in das Wachsbad rückführen zu können.

Nach dem Austritt aus dem Walzenspalt wurde der so erhaltene mit Polyethylenwachs getränkte Kohlenstoffilz auf eine ebene Unterlage geführt und dort für eine Abkühlzeit von 15 min belassen. Anschließend wurde die Wachs-Flächenbeladung als Wert zwischen 0,21 g/cm² und 0,24 g/cm² bestimmt. Auf diese Weise wurden mit Polyolefinwachs imprägnierte planare Filzplatten als Halbzeuge erhalten, welche dann auf die jeweils gewünschten Abmessungen zugeschnitten wurden und gegebenenfalls mit weiteren Strukturelementen versehen wurden.

Bei Probe 2 wurde das Polyolefinwachs bei einer etwas geringeren Temperatur von etwa 140 °C zu einem Wachsbad aufgeschmolzen und der von der Rolle abgespulte Kohlenstoffilz mit einer deutlich höheren Spulgeschwindigkeit von 6,0 m/min in das Wachsbad hinein geführt, durch dieses hindurch geleitet und aus diesem wieder heraus geführt. Anschließend wurde der so mit Polyethylenwachs getränkte Kohlenstoffilz in den Walzenspalt zwischen zwei beheizten Kalandervalzen eingeführt, wobei als Walzentemperatur eine Temperatur von 140 °C und als Walzenspalt einen Spalt von 3,5 mm vorgegeben wurden. Auch bei Probe 2 wurde nach Austritt aus dem Walzenspalt der so erhaltene mit Polyethylenwachs getränkte Kohlenstoffilz auf eine ebene Unterlage geleitet und dort für eine Abkühlzeit von zunächst 10 min belassen. Anschließend wurde die Wachs-Flächenbeladung als Wert zwischen 0,24 g/cm² und 0,28 g/cm² bestimmt.

Auf diese Weise wurden mit Polyolefinwachs imprägnierte planare Platten erhalten, welche dann auf die jeweils gewünschten Abmessungen zugeschnitten wurden. Infolge der kürzeren Abkühlungszeit von 10 min wies der so erhaltene getränkte Kohlenstoffilz eine höhere Restwärme auf, welche zu einer Verformung der Filzplatten führte; bei Einhalten einer längeren Abkühlungszeit von 15 min konnte eine solche Verformung vermieden werden. Diese hierbei erhaltenen Halbzeuge wurden ebenfalls auf die jeweils gewünschte Bemaßung zugeschnitten.

Für die so imprägnierten Filze wurde in einer Messanordnung, die einer Redox-Flow-Zelle ähnlich war, oberhalb eines Flächenkompressionsdrucks von 10 kPa ein elektrischer Widerstand beobachtet, der mit dem elektrischen Widerstand von unbehandeltem Filz übereinstimmte.

Zur nachträglichen Strukturierung wurde noch vor Abschluss der Abkühlungsphase bei einem Teil der so erhaltenen Filzplatten von Probe 2 mittels eines Pressstempels, dessen Pressfläche das Negativ eines Flussfeldes aufwies, eine entsprechende Fluidkanalstruktur in die Oberseite eingeprägt. Dazu wurde der Pressstempel auf den noch restwarmen, mit Polyolefinwachs getränkten Kohlenstofffilz aufgelegt und dieser dann mit einem konstanten Anpressdruck beaufschlagt. Hierdurch wurde das Positiv des Flussfelds auf die jeweiligen Seitenflächen übertragen. Es zeigte sich, dass die Kanäle der so erzeugten Kanalstruktur eine hohe Konturschärfe bei gleichzeitig guter Reproduzierbarkeit aufwiesen. Demzufolge ist ersichtlich, dass mit dem Einprägen eines Pressstempels für die Bipolarplatten eine besonders einfache Möglichkeit zur Verfügung steht, um selbst komplexe Strukturen in der Oberfläche der Bipolarplatte zu erzeugen, so dass auf die bisherig erforderlichen, technisch und zeitlich aufwändigeren Fertigungsverfahren wie etwa auf ein Einfräsen von Kanalstrukturen verzichtet werden kann. Mittels einfacher Prägetechnik lassen sich auf einfache Weise und in kurzer Zeit unterschiedliche Geometrien auf die Bipolarplatte übertragen, die sich ansonsten nur mit einem erheblich höheren Zeitaufwand realisieren ließen. Anders als bei der Imprägnierung von Flächengebilden mit Reaktivharzen oder Epoxiden stehen bei Verwendung von Polyolefinwachsen also nicht nur materialabtragende Verfahren zur Verfügung, um die Oberfläche der Bipolarplatte zu strukturieren.

Anstelle des Einprägens auf eine restwarme Bipolarplatte kann zur Strukturierung natürlich auch ein Einprägevorgang verwendet werden, bei welchem ein erwärmter oder beheizter Pressstempel auf ein bereits erkalten Kohlenstoffilz auf gepresst wird, um ein vergleichbares Flussfeld zu einzubringen.

Die für die Probe 1 wie auch die für Probe 2 erhalten Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatten wiesen jeweils eine gute Planarität auf und konnten zu Stücken von etwa 0,6 m x 1,2 m verarbeitet werden.

Stücke aus einer derartigen Bipolarplatte wurden in nachfolgenden Untersuchungen in eine Zellanordnung gebracht. In dieser Zellanordnung wurden die Bipolarplatten mit Wasser und mit Elektrolyten, welche in vanadiumbasierenden Redox-Flow-Zellen typischerweise eingesetzt werden, hinsichtlich ihrer Dichtigkeit, mechanischen Stabilität, Korrosionsfestigkeit, thermischen Beständigkeit und ihres Stofftransportwiderstands für einen Stofftransport durch die Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte hindurch untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die mit beiden Proben hergestellten Zellen Dichtigkeiten, Korrosionsfestigkeiten und thermische Beständigkeiten aufwiesen, die vergleichbar sind mit den Eigenschaften bisher existierender Systemen, insbesondere von extrudierten Bipolarplatten aus expandiertem Graphit. So wurde insbesondere kein Durchtritt von Elektrolyten oder der darin enthaltenen Bestandteile durch den imprägnierten Kohlenstofffilz festgestellt. Infolge der Imprägnierung mit Polyolefinwachs weist die so erhaltene Bipolarplatte noch eine gewisse Flexibilität auf, was die weitere Verarbeitung deutlich vereinfacht – zumindest im Vergleich mit den typischerweise recht spröden, weniger duktilen Reaktivpolymeren, beispielsweise Harzen oder Epoxiden.

Vor allem aber wiesen die so hergestellten Bipolarplatten in vanadiumbasierenden Redox-Flow-Batterien hervorragende Durchtrittswiderstände auf, welche deutlich geringer waren als die bei Verwendung herkömmlicher extrudierter Bipolarplatten aus expandiertem Graphit erzielbaren Durchtrittswiderstände; im Verlauf der Strukturierung änderte sich dabei die elektrische Leitfähigkeit der Bipolarplatte nicht. Für sämtliche Bipolarplatten wurde beobachtet, dass Faserenden und Schlingen aus Faserbüscheln aus der Bipolarplatte und über deren Oberfläche hinaus ragen, ohne von dem Polymerwachs bedeckt zu sein. Derzeit wird vermutet, dass diese Abschnitte der Fasern für den niedrigen Durchtrittswiderstand verantwortlich sind und dass die Faserenden und Faserschlingen nur deshalb aus der Oberfläche der Bipolarplatten herausragen, weil die Bipolarplatten neben dem Flächengebilde selbst nur Polymerwachs enthalten, die insgesamt weich sind und bei niedrigen Temperaturen aufschmelzen und erstarren. Beim Erstarren des Polymerwachses können die Faserabschnitte sich elastisch aufrichten und das Polymerwachs durchdringen, so dass diese nicht mehr von einer isolierenden Schicht bedeckt sind und zur Leitfähigkeit beitragen können, was eine deutliche Verringerung des Durchtrittswiderstands zur Folge hat; vermutlich aufgrund der höheren Viskosität und Erweichungsbereiche einer

höhermolekularen Thermoplastschmelze tritt dies bei herkömmlichen Bipolarplatten nicht auf, weshalb die erfindungsgemäßen Systeme als einzigartig erachtet werden.

Die vorstehend beschriebenen exemplarischen Versuche belegen also die hervorragende Eignung der erfindungsgemäßen Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatten.

Bezugszeichenliste

- 1 In-Kontakt-Bringen
- 2 Aufheizen
- 3 Einbringen
- 4 Abkühlen
- 5 Walzen
- 6 Verschweißen
- 7 Umformen

Ansprüche

1. Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte enthaltend mindestens ein poröses leitfähiges Flächengebilde und mindestens ein Polymer, wobei das Polymer das poröse leitfähige Flächengebilde durchdringt, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Polymer ein Polymerwachs ist, insbesondere ein Polyolefinwachs.
2. Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymerwachs ein Polyolefinwachs ist, wobei das Polyolefinwachs ein Polyethylenwachs, ein Polypropylenwachs, ein Polybutylenwachs oder ein Copolymer oder eine Mischung mit mindestens einem der vorgenannten Polyolefinwachse ist.
3. Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymerwachs einen Erweichungspunkt aus einem Temperaturbereich von mindestens 80 °C und höchstens 150 °C aufweist, bestimmt entsprechend ASTM D6090-99, insbesondere von mindestens 100 °C und höchstens 120 °C.
4. Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymerwachs eine zahlengemittelte Molmasse M_n aus einem Bereich von mindestens 1.500 g/mol und höchstens 50.000 g/mol aufweist, bestimmt mittels Gelpermeationschromatographie, insbesondere von mindestens 3.000 g/mol und höchstens 20.000 g/mol.
5. Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das poröse leitfähige Flächengebilde zu mindestens 85 Gew.-% aus elementarem Kohlenstoff besteht.
6. Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das poröse leitfähige Flächengebilde ein textiles Flächengebilde oder ein poröses Papier ist.
7. Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das poröse leitfähige Flächengebilde ein textiles Flächengebilde ist, das zumindest

bereichsweise aus Fasern gebildet wird, deren Ausrichtung sich zumindest teilweise quer zur Flächenausdehnung des Flächengebildes erstreckt.

8. Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das textile Flächengebilde ein Filzgebilde ist, insbesondere ein Kohlenstoff-Filzgebilde.
9. Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Filzgebilde ein vernadelter Faserfilz ist.
10. Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte eine erste Seitenfläche und eine zweite Seitenfläche aufweist, die sich zumindest im Wesentlichen parallel zur Flächenausdehnung des porösen leitfähigen Flächengebildes erstrecken, wobei zumindest eine dieser beiden Seitenflächen eine Fluidkanalstruktur aufweist, insbesondere jede der beiden Seitenflächen je eine Fluidkanalstruktur.
11. Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte zusätzliche elektrisch leitende Zuschlagsstoffe enthält.
12. Redox-Flow-Zelle mit mindestens einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11.
13. Verfahren zum Herstellen einer Redox-Flow-Zellen-Bipolarplatte umfassend
 - a) ein In-Kontakt-Bringen (1), bei welchem ein flexibles, poröses leitfähiges Flächengebilde mit einem Polymerwachs in Kontakt gebracht wird, insbesondere mit einem Polyolefinwachs,
 - b) ein Aufheizen (2), bei welchem das Polymerwachs vor dem In-Kontakt-Bringen (1), während des In-Kontakt-Bringens (1) und/oder nach dem In-Kontakt-Bringen (1) auf eine erste Temperatur aufgeheizt wird, so dass ein verflüssigtes Polymerwachs erhalten wird,
 - c) ein Einbringen (3), bei welchem das verflüssigte Polymerwachs in das poröse leitfähige Flächengebilde zumindest teilweise eindringt, wobei ein mit dem verflüssigten Polymerwachs getränktes Flächengebilde erhalten wird, und

- d) ein Abkühlen (4), bei welchem das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde auf eine zweite Temperatur abgekühlt wird, die niedriger ist als die erste Temperatur, wobei ein mit dem erstarrtem Polymerwachs getränktes Flächengebilde erhalten wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde vor dem Abkühlen (4) in einen Spalt zwischen zwei rotierenden Walzen eingebracht wird, so dass überschüssiges verflüssigtes Polymerwachs aus dem mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkten Flächengebilde herausgepresst wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Aufheizen (2) beim In-Kontakt-Bringen (1) das Polymerwachs auf das poröse leitfähige Flächengebilde aufgebracht wird und danach beim Aufheizen (2) das Polymerwachs alleine oder zusammen mit dem porösen leitfähigen Flächengebilde erhitzt wird, wobei das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde erhalten wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem In-Kontakt-Bringen (1) beim Aufheizen (2) das Polymerwachs auf die erste Temperatur aufgeheizt wird und danach beim In-Kontakt-Bringen (1) das poröse leitfähige Flächengebilde in das verflüssigte Polymerwachs teilweise oder vollständig eingebracht wird, wobei das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde erhalten wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem In-Kontakt-Bringen (1) beim Aufheizen (2) das Polymerwachs auf die erste Temperatur aufgeheizt wird und danach beim In-Kontakt-Bringen (1) das verflüssigte Polymerwachs auf das poröse leitfähige Flächengebilde aufgebracht wird, wobei das mit dem verflüssigten Polymerwachs getränkte Flächengebilde erhalten wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das mit dem erstarrten Polymerwachs getränkte Flächengebilde nach dem Abkühlen (4) gewalzt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Abkühlen (4) die Oberfläche des mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebildes lokal erwärmt wird, so dass ein Funktionselement, das in Kontakt mit der Oberfläche des mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebildes gebracht und mit dem mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebilde verschweißt wird, wobei insbesondere elektrisch leitfähige Faserabschnitte vor dem Verschweißen an den zum Verschweißen vorgesehenen Bereich der Oberfläche des mit erstarrtem Polymerwachs getränkten Flächengebildes aufgebracht werden.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass in mindestens einer Oberfläche des mit dem erstarrten Polymerwachs getränkten Flächengebildes durch Umformen funktionale Strukturelemente erzeugt werden, insbesondere indem Fluidkanalstrukturen, Verteilerstrukturen, Kontaktbereiche und/oder Dichtungsbereiche durch Pressen oder Walzen eingeprägt werden.

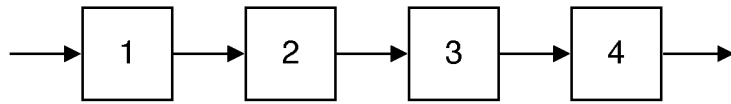
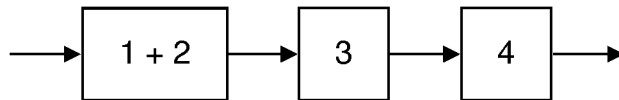
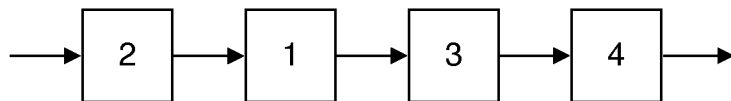
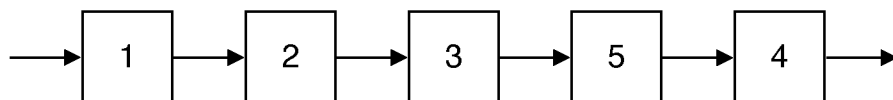
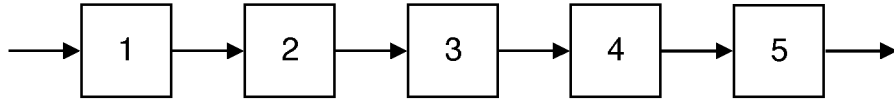
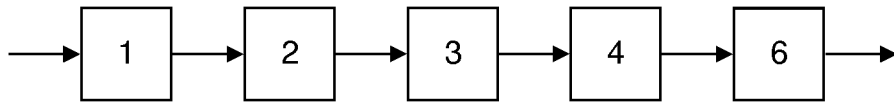
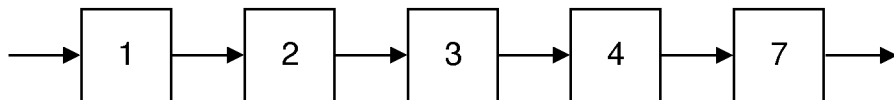
Fig. 1**Fig. 2****Fig. 3****Fig. 4**

Fig. 5**Fig. 6****Fig. 7**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/080187

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01M 8/0226**(2016.01)i; **H01M 8/0228**(2016.01)i; **H01M 8/0213**(2016.01)i; **H01M 8/0221**(2016.01)i; **H01M 8/18**(2006.01)n

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 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	WO 2018136975 A1 (ECHEMION INC [US]) 26 July 2018 (2018-07-26) cited in the application	1-3,5,10-20
Y	claims 1-3, 13-17 figures 1-6 paragraphs [0006] - [0020], [0028] - [0040]	4,6-9
X	CN 108666594 A (UNIV EAST CHINA NORMAL) 16 October 2018 (2018-10-16)	1-3,10-12
Y	claims 1-2 paragraphs [0008] - [0013], [0016], [0017], [0020] - [0024], [0026]	4-9,13-20
Y	US 2008095982 A1 (AE HARUHIKO [JP] ET AL) 24 April 2008 (2008-04-24) example 1 paragraphs [0104] - [0106], [0108], [0109]	1-20
Y	JP 2006019227 A (IDEMITSU KOSAN CO) 19 January 2006 (2006-01-19) claims 1, 4-7 paragraphs [0011] - [0013], [0015] - [0017], [0022], [0041] - [0043]	1-20



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

09 January 2020

Date of mailing of the international search report

20 January 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Perednis, Dainius

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/080187

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4965832 B2 (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD) 04 July 2012 (2012-07-04) claims 1, 2, 5, 7 paragraphs [0014], [0015], [0018], [0026], [0039] - [0041], [0050]	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/080187

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2018136975	A1	26 July 2018	US	2019372131	A1	05 December 2019
				WO	2018136975	A1	26 July 2018
CN	108666594	A	16 October 2018	NONE			
US	2008095982	A1	24 April 2008	CA	2584985	A1	11 May 2006
				EP	1808283	A1	18 July 2007
				JP	4590414	B2	01 December 2010
				JP	WO2006049159	A1	29 May 2008
				KR	20070085579	A	27 August 2007
				MY	145337	A	31 January 2012
				TW	200628286	A	16 August 2006
				US	2008095982	A1	24 April 2008
				WO	2006049159	A1	11 May 2006
JP	2006019227	A	19 January 2006	NONE			
JP	4965832	B2	04 July 2012	JP	4965832	B2	04 July 2012
				JP	2007059349	A	08 March 2007

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01M8/0226 H01M8/0228 H01M8/0213 H01M8/0221
 ADD. H01M8/18

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01M

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2018/136975 A1 (ECHEMION INC [US]) 26. Juli 2018 (2018-07-26) in der Anmeldung erwähnt	1-3,5, 10-20
Y	Ansprüche 1-3, 13-17 Abbildungen 1-6 Absätze [0006] - [0020], [0028] - [0040] -----	4,6-9
X	CN 108 666 594 A (UNIV EAST CHINA NORMAL) 16. Oktober 2018 (2018-10-16)	1-3, 10-12
Y	Ansprüche 1-2 Absätze [0008] - [0013], [0016], [0017], [0020] - [0024], [0026] -----	4-9, 13-20
Y	US 2008/095982 A1 (AE HARUHIKO [JP] ET AL) 24. April 2008 (2008-04-24) Beispiel 1 Absätze [0104] - [0106], [0108], [0109] ----- -/-	1-20



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Januar 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/01/2020

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

Perednis, Dainius

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	JP 2006 019227 A (IDEMITSU KOSAN CO) 19. Januar 2006 (2006-01-19) Ansprüche 1, 4-7 Absätze [0011] - [0013], [0015] - [0017], [0022], [0041] - [0043] -----	1-20
Y	JP 4 965832 B2 (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD) 4. Juli 2012 (2012-07-04) Ansprüche 1, 2, 5, 7 Absätze [0014], [0015], [0018], [0026], [0039] - [0041], [0050] -----	1-20

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/080187

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2018136975	A1	26-07-2018	US	2019372131 A1		05-12-2019
			WO	2018136975 A1		26-07-2018

CN 108666594	A	16-10-2018	KEINE			

US 2008095982	A1	24-04-2008	CA	2584985 A1		11-05-2006
			EP	1808283 A1		18-07-2007
			JP	4590414 B2		01-12-2010
			JP	W02006049159 A1		29-05-2008
			KR	20070085579 A		27-08-2007
			MY	145337 A		31-01-2012
			TW	200628286 A		16-08-2006
			US	2008095982 A1		24-04-2008
			WO	2006049159 A1		11-05-2006

JP 2006019227	A	19-01-2006	KEINE			

JP 4965832	B2	04-07-2012	JP	4965832 B2		04-07-2012
			JP	2007059349 A		08-03-2007
