

(19)



(11)

EP 4 411 061 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.08.2024 Patentblatt 2024/32

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
D06N 3/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23154137.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**D06N 3/0063; D06M 15/03; D06M 15/035;
D06M 15/05; D06M 15/11; D06M 15/15;
D06M 15/263; D06M 15/285; D06M 15/333;
D06M 23/08; D06N 3/02; D06N 3/042; D06N 3/12;
D06N 3/126; D06M 2400/02; (Forts.)**

(22) Anmeldetag: **31.01.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Carl Freudenberg KG
69469 Weinheim (DE)**

(72) Erfinder:

- **SCHNEIDER, Ulrich
64297 Darmstadt (DE)**
- **ARNOLD, Thomas
64658 Fürth (DE)**
- **SCHÄFER, Lukas
64653 Lorsch (DE)**

(54) **WÄRMEISOLATIONSMATERIAL FÜR ELEKTROCHEMISCHE ZELLEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Wärmeisolationsmaterial für elektrochemische Zellen, vorzugsweise für Lithium-Ionen Zellen, umfassend eine wärmeisolierende Schicht, die ein erstes textiles Flächengebilde umfasst,

wobei das erste textile Flächengebilde eine Beschichtung aufweist, die Aerogelpartikel und mindestens einen Binder enthält, wobei der Binder zumindest teilweise wasserlöslich ist.

EP 4 411 061 A1

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)
D06N 2209/065

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Wärmeisolationsmaterial für elektrochemische Zellen, insbesondere für Lithium-Ionen Zellen, eine elektrochemische Zelle, vorzugsweise eine Lithium-Ionen Zelle, die durch ein erfindungsgemäßes Wärmeisolationsmaterial thermisch isoliert vorliegt sowie ein Zellmodul und/oder ein Batteriesystem, in dem mindestens zwei elektrochemische Zellen durch ein erfindungsgemäßes Wärmeisolationsmaterial voneinander thermisch isoliert vorliegen. Die Erfindung betrifft ferner Verfahren zur Herstellung des Wärmeisolationsmaterials sowie seine Verwendung.

[0002] Wärmeisolationsmaterialien zur Vermeidung oder zumindest Verzögerung des "thermal runaway" (Thermischen Durchgehens) für elektrochemische Zellen sind bekannt. Thermisches Durchgehen stellt ein hohes Sicherheitsrisiko dar. Sicherheitsnormen für Lithium-Ionen-Batterien umfassen somit auch einen Brandtest. Bei diesem Test wird eine Zelle in einem Batteriemodul einem "thermal runaway" ausgesetzt, und dann wird festgestellt, ob eine Entzündung infolge der thermischen Ausbreitung auf andere Zellen auftritt. Um diese Gefahr zu verringern, werden zwischen den Zellen meist feuerfeste Materialien bzw. Wärmeisolationsmaterialien, d.h. Materialien mit hohen thermischen Isolations-eigenschaften, angeordnet.

[0003] Herkömmliche Wärmeisolationsmaterialien wie Schaumstoff- oder Faserplatten können zwar hohe Temperaturen aushalten, haben aber eine relativ geringe Wärmeisolationseigenschaft. Bei solchen Materialien muss folglich die Dicke der Isolierung hoch eingestellt werden, damit ein effektives Wärmemanagement gewährleistet werden kann. Der Platzbedarf für Batteriemodule schränkt jedoch den für die Isolierung verfügbaren Raum zwischen den Zellen innerhalb des Moduls ein. Feuerfeste Materialien wie Glimmer oder Keramikplatten können zwar ebenfalls hohe Temperaturen aushalten, sind aber relativ inkompressibel und haben eine geringe Wärmeisolationseigenschaft. Solche Materialien eignen sich deshalb nicht für Batteriesysteme, bei denen sich die Zellen während des Betriebs ausdehnen und zusammenziehen, wie z. B. bei Pouch- und prismatischen Zellen.

[0004] Ebenso ist es wünschenswert, das Gesamtgewicht des Batteriemoduls zu begrenzen, ohne die Beständigkeit gegen Wärmeausbreitung, Feuerausbreitung oder auch die mechanischen Eigenschaften zu verschlechtern.

[0005] Um eine gute thermisch isolierende Wirkung zu erzielen ist es ferner bekannt Aerogele einzusetzen, die eine sehr hohe Isolationsfähigkeit aufweisen. Aerogele sind eine Klasse von Strukturen mit geringer Dichte, offenen Zellstrukturen, großen Oberflächen und Porengrößen im Nanometerbereich. Ihre Wirkungsweise beruht darauf, dass ihre geringe Dichte bewirkt, dass die Wärmeleitung über lange Wege innerhalb der Gerüststruktur erfolgt. Darüber hinaus führen die vorhandenen großen Porenvolumina und die sehr kleinen Porengrößen zu minimaler Konvektion. Aerogele können auch mit IR-absorbierenden oder streuenden Dotierstoffen versehen werden, um die isolierende Wirkung zu erhöhen. In der Regel haben Aerogel-Materialien einen zwei- bis sechsmal höheren Wärmewiderstand als andere gängige Isolationsarten, z. B. Schaumstoffe, Glasfasern usw. Aus diesem Grund können Aerogele die effektive Abschirmung und Wärmedämmung erhöhen, ohne die Dicke oder das Gewicht der Isolierung wesentlich zu vergrößern.

[0006] Es wäre wünschenswert ein Wärmeisolationsmaterial für das Wärmemanagement von elektrochemischen Zellen, insbesondere von Lithium-Ionen Batterien zu erhalten, das sich zur thermischen Isolierung von einzelnen Zellen, Zellmodulen und/oder von Batteriesystemen eignet und das eine hohe Wärmeisolationseigenschaft mit geringer Dicke und Gewicht kombiniert. Aus Nachhaltigkeitsgründen wäre ferner wünschenswert, dass das Wärmeisolationsmaterial auf einfache Weise recycelbar ist.

[0007] Aus der US 2012/0142802 A sind offenzellige Schaumstoffe bekannt, die mit Aerogelpartikeln gefüllt sind. Die US 2019/0161909 A von Oikawa offenbart eine Wärmedämmplatte mit einem Vliesstoff und einem Aerogel. Die dort beschriebenen Materialien weisen jedoch nicht die gewünschte Kombination aus thermischen, feuerfesten, mechanischen und hydrophoben Eigenschaften zur Verwendung in Wärmemanagementelementen von Batterien auf. Ferner sind die Materialien nicht einfach recycelbar.

[0008] Aus der WO2021142169 A1 ist ein Batterie-Wärmemanagement-Element bekannt, umfassend: eine erste Wärmeschutzschicht und mindestens eine elastische Schicht, die ein oder mehrere organische Materialien enthält. Die Wärmeschutzschichten können eine Aerogel-Zusammensetzung umfassen, die bevorzugt eine Silica-Aerogel-Zusammensetzung ist. Die Aerogel-Zusammensetzung kann ferner einen Binder enthalten, wobei als Binder Klebstoffe, Harze, Zemente, Schäume und Polymere genannt werden. Das Wärmemanagement-Element ist nicht einfach recycelbar.

[0009] Aus der US 2021257690A1 ist eine Baugruppe für eine Batterie bekannt, umfassend eine Wärmemanagement-Mehrschichtfolie, die auf einer Oberfläche einer elektrochemischen Zelle angeordnet ist, wobei die Wärmemanagement-Mehrschichtfolie Folgendes umfasst

- eine thermisch isolierende Schicht,
- eine erste wärmeverteilende Schicht, die auf einer ersten Seite der wärmeisolierenden Schicht angeordnet ist, und
- eine zweite wärmeverteilende Schicht, die auf einer zweiten Seite der wärmeisolierenden Schicht angeordnet ist.

[0010] Die thermisch isolierende Schicht kann einen Vliesstoff, beispielsweise aus Faserglas, kombiniert mit einem Aerogel und einen Binder enthalten. Als Binder für die Faserglasschicht werden Epoxid, ein Polyamid, ein Polyimid, ein

Polyester wie Poly(butylenterephthalat), ein Polyethylen, ein Polypropylen, ein Polystyrol, ein Polycarbonat, ein Polysulfon, ein Polyurethan, ein Silikon und ein Vinylester genannt. Die Schicht ist nicht einfach recyclebar.

[0011] Handelsübliche Wärmeisolationsmaterialien auf Aerogel-Basis, wie beispielsweise das Aerogel Blankett: Typ: SACB-0-6, der Firma Tradematt (Henan) Industry, bzw., das Nasbis Insulation Sheet: EYGY0912QN3P der Firma Panasonic Industrial Devices, weisen außerdem den Nachteil auf, dass sie stauben. Aus diesem Grund ist das Nasbis Insulation Sheet verpackt, was allerdings zu einer verschlechterten Komprimierbarkeit führt.

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Wärmeisolationsmaterial für das Wärmemanagement von elektrochemischen Zellen, insbesondere von Lithium-Ionen Zellen, Zellmodulen und/oder Batteriesystemen bereit zu stellen, das sich zur thermischen Isolierung für die vorgenannten Produkte eignet und eine hohe Wärmeisolationseffizienz mit geringer Dicke und Gewicht kombinieren kann. Ferner soll das Wärmeisolationsmaterial auf einfache Weise recyclebar sein und die an elektrochemische Zellen gestellten Anforderungen bezüglich dynamisch mechanischer Beständigkeit sowie thermischer Isolationseffizienz unter Kompression erfüllen. Weitere Aufgaben umfassen die Bereitstellung von Verfahren zur Herstellung des Wärmeisolationsmaterials sowie von Verwendungen hierfür.

[0013] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Wärmeisolationsmaterial für elektrochemische Zellen, vorzugsweise für Lithium-Ionen Zellen, für Zellmodule und/oder Batteriesysteme, umfassend eine wärmeisolierende Schicht, die ein erstes textiles Flächengebilde umfasst, wobei das erste textile Flächengebilde eine Beschichtung aufweist, die Aerogelpartikel und mindestens einen Binder enthält, wobei der Binder zumindest teilweise wasserlöslich ist.

[0014] Das erfindungsgemäße Wärmeisolationsmaterial eignet sich hervorragend zur thermischen Isolierung von elektrochemischen Zellen, vorzugsweise für Lithium-Ionen Zellen, für Zellmodule und/oder Batteriesysteme und zeigt dabei eine hohe Wärmeisolationseffizienz auch bei geringer Dicke und Gewicht. Zellmodule umfassen mindestens zwei miteinander verschaltete elektrochemische Zellen aber kein Batteriemanagementsystem. Batteriesysteme umfassen mindestens eine elektrochemische Zelle und/oder mindestens ein Zellmodul sowie ein Batteriemanagementsystem. Das Wärmeisolationsmaterial erfüllt die an elektrochemische Zellen gestellten Anforderungen bezüglich dynamisch mechanischer Beständigkeit sowie thermischer Isolationseffizienz unter Kompression.

[0015] Ferner zeichnet sich das Wärmeisolationsmaterial durch eine gute Recyclebarkeit aus. Die gute Recyclebarkeit wird dadurch ermöglicht, dass das Wärmeisolationsmaterial aufgrund der zumindest teilweisen Wasserlöslichkeit des Binders durch Einbringen z.B. in Wasser oder andere geeignete Lösungsmittel unkompliziert in seine Bestandteile zerlegt werden kann. Aufgrund ihrer geringen Dichte schwimmen die Aerogelpartikel nach Auflösen des Binders auf der Oberfläche des Wassers und können einfach abgeschöpft, getrocknet und wiederverwendet werden.

[0016] Ein weiterer Vorteil an der Kombination von Aerogelen und zumindest teilweise wasserlöslichem Binder ist die große Oberfläche von Aerogelen. Diese ermöglicht dünne Binderschichten, die sich besonders schnell durch Wasser auflösen lassen.

[0017] Der Binder ist vorteilhafterweise zumindest teilweise wasserlöslich. Ob ein Binder erfindungsgemäß zumindest teilweise wasserlöslich ist, kann mit der im Kapitel Messmethoden beschriebenen Wasserlöslichkeitsmessung bestimmt werden.

[0018] Zumindest teilweise wasserlösliche Binder können ein einzelnes zumindest teilweise wasserlösliches Polymer oder eine Mischung aus zumindest teilweise wasserlöslichen Polymeren enthalten.

[0019] Bevorzugt ist der zumindest teilweise wasserlösliche Binder ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Polyvinylacetat, bevorzugt teilverseiftem Polyvinylacetat, Polyvinylalkohol, Acrylat-Copolymer, Polyvinylpyrrolidon, Polyethyleneimin, Polyalkylen-Oxid, Polyacrylamid, Polyacrylsäure sowie deren Salze, Polycarbonsäure und deren Salze, Polyaminosäure, modifizierter Stärke, ethoxylierter Stärke, hydroxypropylierter Stärke, modifizierter Cellulose, wie Celluloseether, Celluloseester, Celluloseamid, Pullulan, Guarkernmehl, Gummi Arabikum, Xanthan, Carrageen, Cellulose, Gelatine und deren Salze, Dextrin, Maltodextrin sowie Copolymeren und Blends hiervon.

[0020] Besonders bevorzugt ist der zumindest teilweise wasserlösliche Binder ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Polyvinylacetat, teilverseiftem Polyvinylacetat, Polyvinylalkohol, Polyacrylamid, Cellulose basierendem Binder, bevorzugt Methylcellulose, Carboxymethylcellulose, Ethylcellulose, Hydroxyethylcellulose, Hydroxypropylcellulose, sowie chemisch modifizierter Stärke, insbesondere ethoxylierter Stärke, hydroxypropylierter Stärke sowie Copolymeren und Blends hiervon.

[0021] Weiter besonders bevorzugt ist der zumindest teilweise wasserlösliche Binder ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Polyvinylacetat, teilverseiftem Polyvinylacetat, Polyvinylalkohol, Polyacrylamid, Cellulose basierendem Binder, bevorzugt Methylcellulose, Carboxymethylcellulose, Ethylcellulose, Hydroxyethylcellulose, Hydroxypropylcellulose, sowie chemisch modifizierter Stärke, insbesondere ethoxylierter Stärke, hydroxypropylierter Stärke sowie Blends hiervon.

[0022] Weiter besonders bevorzugt ist der zumindest teilweise wasserlösliche Binder ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus teilverseiftem Polyvinylacetat, vorzugsweise mit einem Verseifungsgrad von mindestens 50 mol% beispielsweise 50 bis 100 mol%, insbesondere 70 bis 100 mol%, Polyvinylalkohol, Methylcellulose, Carboxymethylcellulose, Ethylcellulose, Hydroxyethylcellulose, Hydroxypropylcellulose, ethoxylierter Stärke, hydroxypropylierter Stärke sowie Copolymeren und Blends hiervon.

[0023] Weiter besonders bevorzugt ist der zumindest teilweise wasserlösliche Binder ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus teilverseiftem Polyvinylacetat, vorzugsweise mit einem Verseifungsgrad von mindestens 50 mol%, beispielsweise 50 bis 100 mol%, insbesondere 70 bis 100 mol%, Polyvinylalkohol, Methylcellulose, Carboxymethylcellulose, Ethylcellulose, Hydroxyethylcellulose, Hydroxypropylcellulose, ethoxylierter Stärke und hydroxypropylierter Stärke sowie Blends hiervon.

[0024] Weiter besonders bevorzugt ist der zumindest teilweise wasserlösliche Binder ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus teilverseiftem Polyvinylacetat, vorzugsweise mit einem Verseifungsgrad von mindestens 50 mol%, beispielsweise 50 bis 100 mol%, insbesondere 70 bis 100 mol%, Polyvinylalkohol sowie Copolymeren und Blends hiervon.

[0025] Weiter besonders bevorzugt ist der zumindest teilweise wasserlösliche Binder ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus teilverseiftem Polyvinylacetat, vorzugsweise mit einem Verseifungsgrad von mindestens 50 mol%, beispielsweise 50 bis 100 mol%, insbesondere 70 bis 100 mol%, Polyvinylalkohol sowie Blends hiervon.

[0026] In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform ist der zumindest teilweise wasserlösliche Binder teilverseiftes Polyvinylacetat, vorzugsweise mit einem Verseifungsgrad von mindestens 50 mol%, beispielsweise 50 bis 100 mol%, insbesondere 70 bis 100 mol% und/oder Polyvinylalkohol.

Der Verseifungsgrad des Polyvinylacetats kann mittels IS K 6726, Ausgabe 94, Oktober 20, 2017 bestimmt werden.

[0027] Polyvinylalkohol (PVOH) ist ein synthetisches Polymer, das durch die Hydrolyse oder Verseifung von Polyvinylacetat hergestellt werden kann. Dabei kann PVOH durch vollständige Hydrolyse oder Verseifung von Polyvinylacetat hergestellt werden, indem alle Acetatgruppen in Alkoholgruppen umgewandelt werden. Polyvinylalkohol kann als Vinylalkohol-Homopolymer angesehen werden. In PVOH liegen viele Wasserstoffbrücken vor, es ist ein hochkristallines Polymer, das sich in heißem Wasser über etwa 60°C auflöst.

[0028] Die Hydrolyse des Polyvinylacetats kann aber auch nicht vollständig sein, wenn man nämlich eine bestimmte Anzahl von Acetatgruppen übrig lässt. Dies führt dann zur Bildung von teilverseiftem Polyvinylacetat. In teilverseiftem Polyvinylacetat liegt eine geringere Anzahl an Wasserstoffbrücken vor als in Polyvinylalkohol. Das Polymer ist schwächer wasserstoffgebunden, weniger kristallin und bereits in kaltem Wasser löslich. Als solches kann das teilverseifte Polyvinylacetat auch als Vinylalkohol-Vinylacetat-Copolymer angesehen werden. Ein bevorzugtes teilverseiftes Polyvinylacetat enthält nur Vinylalkohol-Gruppen und Vinylacetatgruppen.

[0029] Die hier beschriebene Beschichtung kann einen oder mehrere Polyvinylalkohole, ein oder mehrere teilverseifte Polyvinylacetate oder eine Kombination davon als Binder enthalten. In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Binder Polyvinylalkohol und/oder teilverseiftes Polyvinylacetat.

[0030] In einigen Ausführungsformen umfasst der Binder ein Polyvinylalkohol Copolymer und/oder ein Copolymer eines teilverseiften Polyvinylacetats. Polyvinylalkohol Copolymere enthalten zusätzlich zu den Vinylalkohol-Gruppen mindestens eine weitere Monomereinheit. Copolymere von teilverseiftem Polyvinylacetat enthalten zusätzlich zu den Vinylalkohol-Gruppen und den Vinylacetatgruppen mindestens eine weitere Monomereinheit.

[0031] In einer Ausführungsform weist das Polyvinylalkohol Copolymer und/oder das Copolymer des teilverseiften Polyvinylacetats mindestens eine neutrale weitere Monomereinheit auf, insbesondere Ethylen, Propylen und/oder N-Vinylpyrrolidon.

[0032] In einer weiteren Ausführungsform weist das Polyvinylalkohol Copolymer und/oder das Copolymer des teilverseiften Polyvinylacetats mindestens eine kationische weitere Monomereinheit auf.

[0033] In einer weiteren Ausführungsform weist das Polyvinylalkohol Copolymer und/oder das Copolymer des teilverseiften Polyvinylacetats mindestens eine anionische weitere Monomereinheit auf, insbesondere Vinylpolymerisationseinheiten, Sulfonsäurevinylmonomere und deren Ester, Monocarbonsäurevinylmonomere, deren Ester und Anhydride, Dicarbonsäuremonomere mit einer polymerisierbaren Doppelbindung, deren Ester, Anhydride und Alkalimetallsalze der vorgenannten Stoffe.

[0034] Beispiele für besonders geeignete anionische weitere Monomereinheiten sind die Vinylpolymerisationseinheiten, die den anionischen Vinylmonomeren entsprechen einschließlich Vinylessigsäure, Maleinsäure, Monoalkylmaleat, Dialkylmaleat, Maleinsäureanhydrid, Fumarsäure, Monoalkylfumarat, Dialkylfumarat, Itaconsäure, Monoalkylitaconat, Dialkylitaconat, Citraconsäure, Monoalkylcitraconsäure, Dialkylcitraconsäure, Citraconsäureanhydrid, Mesaconsäure, Monoalkylmesaconat, Dialkylmesaconat, Glutaconsäure, Monoalkyl Glutaconat, Dialkylglutaconat, Glutaconsäureanhydrid, Alkylacrylate, Alkylalkacrylate, Vinylsulfonsäure, Sulfonsäure, Allylsulfonsäure, Ethylensulfonsäure, 2-Acrylamido-1-methylpropansulfonsäure, 2-Acrylamid-2-methylpropansulfonsäure, 2-Methylacrylamido-2-methylpropansulfonsäure Säure, 2-Sulfoethylacrylat, Alkalimetallsalze der vorgenannten (z. B. Natrium-, Kalium- oder andere Alkalimetallsalze), Ester der vorgenannten (z. B. Methyl-, Ethyl- oder andere C1-C4- oder C6-Alkylester) und Kombinationen der vorgenannten (z. B. mehrere Arten von anionischen Monomeren oder gleichwertige Formen des gleichen anionischen Monomers). In einigen Ausführungsformen kann das Polyvinylalkohol Copolymer und/oder das Copolymer des teilverseiften Polyvinylacetats zwei oder mehr mehrere Arten von weiteren Monomereinheiten enthalten, die aus neutralen, anionischen und/oder kationischen Monomereinheiten ausgewählt sind.

[0035] Die hier beschriebene Beschichtung kann ein oder mehrere der beschriebenen Polymere als Binder enthalten.

[0036] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Wärmeisolationsmaterial für elektrochemische Zellen, vorzugs-

weise für Lithium-Ionen Zellen, für Zellmodule und/oder Batteriesysteme, umfassend eine wärmeisolierende Schicht, die ein erstes textiles Flächengebilde umfasst, wobei das erste textile Flächengebilde eine Beschichtung aufweist, die Aerogelpartikel und einen Binder enthält, wobei der Binder vorzugsweise zumindest teilweise wasserlöslich ist und wobei der Binder ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Polyvinylacetat, bevorzugt teilverseiftem Polyvinylacetat, Polyvinylalkohol, Acrylat-Copolymer, Polyvinylpyrrolidon, Polyethyleneimin, Polyalkylen-Oxid, Polyacrylamid, Polyacrylsäure sowie deren Salze, Polycarbonylsäure und deren Salze, Polyaminosäure, modifizierter Stärke, ethoxylierter Stärke, hydroxypropylierter Stärke, modifizierte Cellulose, wie Celluloseether, Celluloseester, Celluloseamid, Pullulan, Guarkernmehl, Gummi Arabikum, Xanthan, Carrageen, Cellulose, Gelatine und deren Salze, Dextrin, Maltodextrin sowie Copolymeren und Blends hiervon.

[0037] Bevorzugte Binder des Wärmeisulationsmaterials entsprechen den oben in Bezug auf den zumindest teilweise wasserlöslichen Binder beschriebenen.

[0038] Die Aerogelpartikel umfassen vorzugsweise anorganische, organische oder anorganischorganische Hybridmaterialien.

[0039] Grundsätzlich können alle Metalloxide, Polymere und einige andere Stoffe als Ausgangsbasis für die Aerogelsynthese mittels eines Sol-Gel-Prozesses verwendet werden. Aerogele können dadurch hergestellt werden, dass ein Gel aus einem gallertartigen Stoff, vorzugsweise Kieselsäure, unter extremen Bedingungen getrocknet wird. Aerogele im weiteren Sinn, d.h. im Sinne von "Gel mit Luft als Dispersionsmittel", werden durch Trocknung eines geeigneten Gels hergestellt. Unter den Begriff "Aerogel" in diesem Sinne, fallen u.a. Aerogele im engeren Sinne und Xerogele. Dabei wird ein getrocknetes Gel als Aerogel im engeren Sinn bezeichnet, wenn die Flüssigkeit des Gels bei Temperaturen oberhalb der kritischen Temperatur und ausgehend von Drücken oberhalb des kritischen Druckes entfernt wird. Hieran ist vorteilhaft, dass durch diese speziellen Trocknungsbedingungen die Dimensionsstabilität gewährleistet wird.

[0040] Wird die Flüssigkeit des Gels dagegen unterkritisch, beispielsweise unter Bildung einer Flüssig-Dampf-Grenzphase entfernt, dann bezeichnet man das entstandene Gel als Xerogel. Erfindungsgemäß können auch Aerogele eingesetzt werden, die nicht unter kritischen Bedingungen getrocknet werden. Bei dieser Vorgehensweise kann die Dimensionsstabilität im Trocknungsprozess durch eine Funktionalisierung, vorzugsweise Silanisierung, der Gel-Precursor Oberfläche erhalten werden (funktionalisierte Aerogele). Vorteilhaft an den funktionalisierten Aerogelen ist, dass sie durch die Funktionalisierung hydrophob eingestellt werden können und somit im Einsatz weniger Feuchtigkeit aufnehmen. Darüber hinaus sind sie kostengünstiger als Aerogele im engeren Sinne, da sie kontinuierlich hergestellt werden können.

[0041] Es ist anzumerken, dass es sich bei den erfindungsgemäßen Aerogelen um Aerogele im Sinne von Gel mit Luft als Dispersionsmittel handelt, d.h. um Aerogele im weiteren Sinne. Der Formgebungsprozess des Aerogels wird in der Regel während des Sol-Gel-Übergangs abgeschlossen. Nach Ausbildung der festen Gelstruktur kann die äußere Form in der Regel nur noch durch Zerkleinerung, beispielsweise Mahlen, verändert werden, da das Material für eine andere Form der Bearbeitung zu brüchig ist.

[0042] Bevorzugte Aerogelpartikel sind aus Kieselsäure hergestellt.

[0043] Die Aerogelpartikel weisen vorzugsweise eine Partikelgrößenverteilung mit einem d50-Wert von 50 μm bis 3 mm, noch bevorzugter von 200 μm bis 3 mm und oder einen d95-Wert von 50 μm bis 10 mm, noch bevorzugter von 500 μm bis 5 mm auf und insbesondere von 750 bis 2,5 mm auf. Gemessen wird die Partikelgrößenverteilung nach DIN 66165-2:2016-08.

[0044] Die Beschichtung weist bevorzugt einen Anteil an Aerogelpartikeln von mindesten 60 Gew.%, beispielsweise von 60 bis 95 Gew.%, noch bevorzugter von 60 bis 90 Gew.%, noch bevorzugter von 60 bis 85 Gew.% und insbesondere von 60 bis 80 Gew.% auf, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Beschichtung.

[0045] Ebenfalls bevorzugt weist das Wärmeisulationsmaterial einen Anteil an Aerogelpartikeln von 6 bis 75 Gew.%, noch bevorzugter von 10 bis 70 Gew.%, noch bevorzugter von 10 bis 60 Gew.%, noch bevorzugter von 15 bis 55% auf, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht des Wärmeisulationsmaterials.

[0046] Erfindungsgemäß umfasst das thermische Isolationsmaterial ein erstes textiles Flächengebilde, das eine Beschichtung aufweist, die Aerogelpartikel und einen Binder enthält. Unter einer Beschichtung ist dabei zu verstehen, dass die Aerogelpartikel und der Binder zumindest eine Oberfläche des ersten textilen Flächengebildes zumindest anteilig bedecken. Dabei kann die Beschichtung auch zumindest teilweise in das erste textile Flächengebilde eingedrungen sein. Die Beschichtung kann mithin auch zumindest anteilig als Imprägnierung vorliegen. Die Beschichtung kann auf einer oder beiden Oberflächen des ersten textilen Flächengebildes vorliegen. Bevorzugt liegt sie auf lediglich einer Oberfläche vor, da das textile Flächengebilde auf der der Beschichtung abgewandten Seite so einen mechanischen Schutz bieten und/oder als Verklebhilfe fungieren kann.

[0047] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Wärmeisulationsmaterial mindestens ein zweites textiles Flächengebilde auf. Das zweite textile Flächengebilde kann als Schutzschicht fungieren. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das zweite textile Flächengebilde auf der dem ersten textilen Flächengebilde abgewandten Seite der Beschichtung angeordnet. Auf diese Weise bieten die textilen Flächengebilde auf beiden Seiten der Beschichtung einen mechanischen Schutz.

[0048] Dabei kann die Beschichtung auch zumindest teilweise in das zweite textile Flächengebilde eingedrungen sein. Die Beschichtung kann mithin auch zumindest anteilig als Imprägnierung im zweiten textilen Flächengebilde vorliegen. Dies bietet den Vorteil einer noch besseren Partikeleinbindung, da die Partikel in den Faserzwischenräumen "verkeilt" vorliegen können.

[0049] Ebenfalls bevorzugt liegt das zweite textile Flächengebilde zumindest teilweise außerhalb der Beschichtung vor. Hierdurch kann es das Wärmeisulationsmaterial vor mechanischer Belastung schützen.

[0050] Weist das Wärmeisulationsmaterial neben dem ersten textilen Flächengebilde kein weiteres textiles Flächengebilde auf, so beträgt der Anteil an Aerogelpartikeln vorzugsweise höchstens 75 Gew.%, beispielsweise von 10 bis 75 Gew.%, noch bevorzugter von 10 bis 65 Gew.%, noch bevorzugter von 15 bis 65 Gew.%, noch bevorzugter von 15 bis 55 Gew.%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht des Wärmeisulationsmaterials.

[0051] Weist das Wärmeisulationsmaterial neben dem ersten textilen Flächengebilde ein zweites textiles Flächengebilde und/oder noch weitere textile Flächengebilde auf, so beträgt der Anteil an Aerogelpartikeln vorzugsweise mindestens 6 Gew.% beispielsweise von 6 bis 60 Gew.%, noch bevorzugter von 10 bis 60 Gew.%, noch bevorzugter von 10 bis 55 Gew.%, noch bevorzugter von 15 bis 45 Gew.%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht des Wärmeisulationsmaterials.

[0052] Die Beschichtung kann des Weiteren ein oder mehrere zusätzliche Additive enthalten, beispielsweise Brandschutzadditive, insbesondere Additive auf Basis organischer Stickstoff- und/oder Phosphorverbindungen. Diese sind besonders vorteilhaft, da sie neben ihrer brandhemmenden Wirkung eine weichmachende und damit flexibilisierende Wirkung für Polymere haben.

[0053] Die Beschichtung kann auch Netzmittel enthalten, beispielsweise um wässrige Beschichtungsformulierungen mit nicht kompatiblen hydrophoben Aerogelen zu ermöglichen, Rheologie modifizierende Additive wie z.B. Acrylate, Acrylamide, cellulosische Systeme, Dispergierhilfsmittel, Farbstoffe und/oder Entschäumer.

[0054] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das erste und/oder das zweite textile Flächengebilde ein Vliesstoff. Ein Vliesstoff ist ein Gebilde aus Fasern begrenzter Länge (Stapelfasern), Endlosfasern (Filamenten) oder geschnittenen Garnen jeglicher Art und jeglichen Ursprungs, die auf irgendeine Weise zu einem Vlies (einer Faserschicht, einem Faserflor) zusammengefügt und auf irgendeine Weise miteinander verbunden worden sind; davon ausgeschlossen ist das Verkreuzen bzw. Verschlingen von Garnen, wie es beim Weben, Wirken, Stricken, der Spitzenherstellung, dem Flechten und der Herstellung von getufteten Erzeugnissen geschieht. Nicht zu den Vliesstoffen gehören Folien und Papiere. Vliesstoffe sind in der Norm DIN 61210-2:1988-10 definiert.

[0055] Bevorzugt ist das erste und/oder das zweite textile Flächengebilde ein Nassvliesstoff. Hieran ist vorteilhaft, dass Nassvliesstoffe eine hohe Isotropie und Gleichmäßigkeit aufweisen. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das erste und/oder das zweite textile Flächengebilde ein Vliesstoff, insbesondere ein Nassvliesstoff, aus Fasern mit einer Stapellänge von 0,5 bis 20 mm, noch bevorzugter von 2 bis 20 mm, noch bevorzugter von 5 bis 20 mm, noch bevorzugter von 5 bis 18 mm, insbesondere von 8 bis 15 mm. Der Durchmesser der Fasern beträgt bevorzugt von 1 bis 30 μm , noch bevorzugter von 5 bis 20 μm , insbesondere von 7 bis 15 μm .

[0056] Ebenfalls bevorzugt ist das erste und/oder das zweite textile Flächengebilde ein Vliesstoff, insbesondere ein Nassvliesstoff, der mit einem Bindemittel, insbesondere mit einem zumindest teilweise wasserlöslichen Bindemitteln gebunden ist. Dabei kann die Wasserlöslichkeit des Bindemittels analog zu der des Binders, wie im Kapitel Messmethoden beschrieben, bestimmt werden. Bevorzugt ist das Bindemittel, insbesondere das zumindest teilweise wasserlösliche Bindemittel ausgewählt aus den Polymeren, die erfindungsgemäß in Bezug auf den zumindest teilweise wasserlöslichen Binder beschrieben sind.

[0057] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält das erste und/oder das zweite textile Flächengebilde Glasfasern. Bevorzugt enthält sowohl das erste als auch das zweite textile Flächengebilde Glasfasern. Vorteilhaft an der Verwendung von Glasfasern ist, dass diese aufgrund ihrer hohen Dichte beim Recyclingsprozess nach unten sinken und so einfach von den leichteren Aerogelpartikeln abgetrennt werden können. Bevorzugt beträgt der Anteil an Glasfasern, bezogen auf das Gesamtgewicht des Wärmeisulationsmaterials, 25 bis 94 Gew.%, noch bevorzugter von 35 bis 85 Gew.%, noch bevorzugter von 40 bis 75 Gew.% und insbesondere von 50 bis 65 Gew.%. Weiter bevorzugt beträgt der Anteil an Glasfasern im ersten textilen Flächengebilde, bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten textilen Flächengebildes 60 bis 98 Gew.%, noch bevorzugter von 70 bis 95 Gew.% und insbesondere von 80 bis 95 Gew.%. Weiter bevorzugt beträgt der Anteil an Glasfasern im zweiten textilen Flächengebilde, bezogen auf das Gesamtgewicht des zweiten textilen Flächengebildes 60 bis 98 Gew.%, noch bevorzugter von 70 bis 95 Gew.% und insbesondere von 80 bis 95 Gew.%.

[0058] Vorzugsweise sind die Glasfasern Stapelfasern, bevorzugt mit einer mittleren Faserlänge von 2 bis 20 mm, noch bevorzugter von 5 bis 18 mm, insbesondere von 8 bis 15 mm. Der Durchmesser der Glasfasern beträgt bevorzugt von 1 bis 30 μm , noch bevorzugter von 5 bis 20 μm , insbesondere von 7 bis 15 μm . Dabei können die Glasfasern der vorgenannten Stapel unabhängig voneinander für das erste und/oder zweite textile Flächengebilde verwendet werden.

[0059] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das erste textile Flächengebilde ein Vliesstoff, bevorzugt ein Nassvliesstoff. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das zweite textile Flächengebilde

ein Vliesstoff, bevorzugt ein Nassvliesstoff.

[0060] Das erste und das zweite textile Flächengebilde können unabhängig voneinander auch Fasern aufweisen, die keine Glasfasern sind, insbesondere Bindefasern und/oder zumindest teilweise wasserlösliche Fasern. Bevorzugte Bindefasern und/oder zumindest teilweise wasserlösliche Fasern sind Polyvinylalkohol-Fasern und/oder Polyvinylacetat-Fasern, in denen das Polyvinylacetat teilweise verseift ist, vorzugsweise mit einem Verseifungsgrad von mindestens 50 mol%, beispielsweise 50 bis 100 mol%, insbesondere 70 bis 100 mol%. Eine Messung, um festzustellen, ob Fasern zumindest teilweise wasserlöslich sind, ist im Kapitel Messmethoden beschrieben.

[0061] Falls vorhanden, beträgt der Anteil an Fasern, die keine Glasfasern sind, insbesondere der zumindest teilweise wasserlöslichen Fasern, im ersten textilen Flächengebilde, bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten textilen Flächengebildes, von 40 bis 2 Gew.%, noch bevorzugter von 30 bis 4 Gew.%, noch bevorzugter von 25 bis 5 Gew.%, insbesondere von 15 bis 5 Gew.%. Falls vorhanden, beträgt der Anteil an Fasern, die keine Glasfasern sind, insbesondere der zumindest teilweise wasserlöslichen Fasern, im zweiten textilen Flächengebilde, bezogen auf das Gesamtgewicht des zweiten textilen Flächengebildes von 40 bis 2 Gew.%, noch bevorzugter von 30 bis 4 Gew.%, noch bevorzugter von 25 bis 5 Gew.%, insbesondere von 15 bis 5 Gew.%.
[0062] In einer Ausführungsform enthält das erste und das zweite textile Flächengebilde unabhängig voneinander sowohl Glasfasern als auch Fasern, die keine Glasfasern sind, in Kombination.

[0063] Zumindest teilweise wasserlösliche Fasern können ein einzelnes zumindest teilweise wasserlösliches Polymer oder eine Mischung aus zumindest teilweise wasserlöslichen Polymeren enthalten. Bevorzugte Fasern, die keine Glasfasern sind, sind Fasern, die mindestens ein Polymer enthalten, wie es in Bezug auf den zumindest teilweise wasserlöslichen Binder beschrieben ist.

[0064] Bevorzugt weist das erste textile Flächengebilde ein Flächengewicht gemessen nach ISO 9073-1:1989-07 im Bereich von 30 g/m² bis 300 g/m², noch bevorzugter im Bereich von 40 g/m² bis 300 g/m², insbesondere im Bereich von 50 g/m² bis 250 g/m² auf. Hieran ist vorteilhaft, dass das erste textile Flächengebilde so eine ausreichende Abdeckung besitzt, um eine gute Faser-Beschichtungsinteraktion sicher zu stellen und zudem eine ausreichende Festigkeit für die Weiterverarbeitung besitzt.

[0065] Ebenfalls bevorzugt weist das erste textile Flächengebilde eine Dicke, gemessen nach DIN EN ISO 9073-2:1997-02 im Bereich von 0,2 mm bis 3,0 mm, noch bevorzugter im Bereich von 0,3 mm bis 2,5 mm, insbesondere im Bereich von 0,5 mm bis 2,0 mm auf. Vorteilhaft an textilen Flächengebilden mit einer eher geringen Dicke ist, dass ihr Raumbedarf gering ist. Vorteilhaft an textilen Flächengebilden mit einer eher höheren Dicke ist, dass sie kompressibel sind und Dickenschwankungen von Batteriezellen ausgleichen können.

[0066] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Beschichtung eine, die aus einer, vorzugsweise wässrigen, Dispersion auf das erste textile Flächengebilde aufgebracht wurde. Vorzugsweise weist die Dispersion dabei einen Feststoffgehalt im Bereich von 10 bis 30 Gew.%, noch bevorzugter 15 bis 25 Gew.% auf. Hieran ist vorteilhaft, dass mit verhältnismäßig wenig flüssiger Phase viel Feststoff bei geringen Viskositäten aufgetragen werden kann.

[0067] Bevorzugterweise weist das zweite textile Flächengebilde ein Flächengewicht im Bereich von 30 g/m² bis 300 g/m², noch bevorzugter im Bereich 40 g/m² bis 300 g/m², insbesondere im Bereich 50 g/m² bis 250 g/m² auf. Hieran ist vorteilhaft, dass das textile Flächengebilde so eine ausreichende Abdeckung besitzt, um eine gute Faser-Beschichtungsinteraktion sicher zu stellen und zudem ausreichende Festigkeit für die Weiterverarbeitung besitzt.

[0068] Ebenfalls bevorzugt weist das zweite textile Flächengebilde eine Dicke, gemessen nach DIN EN ISO 9073-2:1997-02 im Bereich von 0,2 mm bis 3,0 mm, bevorzugt im Bereich von 0,3 mm bis 2,5 mm, insbesondere im Bereich von 0,5 mm bis 2,0 mm auf. Vorteilhaft an textilen Flächengebilden mit einer eher geringen Dicke ist, dass ihr Raumbedarf gering ist. Vorteilhaft an textilen Flächengebilden mit einer eher höheren Dicke ist, dass sie kompressibel sind und Dickenschwankungen von Batteriezellen ausgleichen können.

[0069] Das zweite textile Flächengebilde weist bevorzugt eine geringe Höchstzugkraft gemessen nach DIN EN ISO 9073-18:2008-08 auf, damit das geschützte Wärmeisolationsmaterial flexibel ist. Die Höchstzugkraft des zweiten textilen Flächengebildes liegt vorzugsweise im Bereich von 5 bis 80 N/5cm, bevorzugt im Bereich von 10 bis 70 N/5cm und besonders bevorzugt von 15 bis 60 N/5cm.

[0070] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das zweite textile Flächengebilde eine Zugkraft, gemessen nach DIN EN ISO 9073-18:2008-08, bei 1 Prozent Dehnung von 2 bis 60 N/5cm, bevorzugt im Bereich von 3 bis 50 N/5cm, noch bevorzugter von 5 bis 45 N/5cm, noch bevorzugter von 10 bis 45 N/5cm und insbesondere von 10 bis 30 N/5cm auf. Vorteilhaft hieran ist, dass die Festigkeit bei geringen Dehnungen niedrig ist, so dass das Material eine gewisse Flexibilität beibehält.

[0071] Das erste textile Flächengebilde weist bevorzugt eine Höchstzugkraft, gemessen nach DIN EN ISO 9073-18:2008-08, von mindestens 30 N/5cm, bevorzugt im Bereich von 30 bis 1000 N/5cm, noch bevorzugter von 30 bis 800 N/5cm, noch bevorzugter von 30 bis 400 N/5cm, noch bevorzugter von 30 bis 200 N/5cm, insbesondere von 30 bis 100 N/5cm auf. Vorteilhaft an den genannten Mindestzugkräften ist, dass sie dem Wärmeisolationsmaterial ausreichend Festigkeit zur Verarbeitung verleihen.

[0072] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Wärmeisulationsmaterial eine flammhemmende Schicht auf, die vorzugsweise Schichtsilikate, insbesondere Glimmer enthält. Vorzugsweise weist die flammhemmende Schicht ein Gewicht, gemessen nach ISO 9073-1:1989-07, von mindestens 50 g/m², vorzugsweise von 60 bis 500 g/m², noch bevorzugter von 60 bis 300 g/m², insbesondere von 70 bis 150 g/m² auf. Besonders bevorzugt ist die flammhemmende Schicht so im Wärmeisulationsmaterial angeordnet, dass sie mindestens eine Außenfläche des Wärmeisulationsmaterials darstellt.

[0073] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Wärmeisulationsmaterial eine IR-reflektierende Schicht auf. Dabei ist die IR-reflektierende Schicht vorzugsweise so im Wärmeisulationsmaterial angeordnet, dass sie mindestens eine Außenfläche des Wärmeisulationsmaterials darstellt.

[0074] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Beschichtung und/oder das Wärmeisulationsmaterial eine Luftdurchlässigkeit (Δp), gemessen nach DIN EN ISO 9237:1995-12 bei 100 Pa von mindestens 50 l/m²s, beispielsweise von 100 l/m²s bis 600 l/m²s, bevorzugt von 200 l/m²s bis 500 l/m²s und insbesondere von 300 l/m²s bis 400 l/m²s, auf. Weiter bevorzugt weist die Beschichtung und/oder das Wärmeisulationsmaterial eine Luftdurchlässigkeit (Δp), gemessen nach DIN EN ISO 9237:1995-12 bei 200 Pa von mindestens 100 l/m²s, beispielsweise von 300 l/m²s bis 900 l/m²s, bevorzugt von 400 l/m²s bis 800 l/m²s und insbesondere von 500 l/m²s bis 700 l/m²s, auf.

[0075] Vorteilhaft an den genannten Luftdurchlässigkeiten ist, dass sie eine Kühlung des Wärmeisulationsmaterials durch Luftkonvektion ermöglichen. Besonders effizient ist eine solche Kühlung, wenn das Wärmeisulationsmaterial noch nicht durch den Betrieb der elektrochemischen Zelle komprimiert worden ist.

[0076] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Beschichtung und/oder das Wärmeisulationsmaterial eine Dicke, gemessen nach DIN EN ISO 9073-2:1997-02 im Bereich von 1 mm bis 9 mm, bevorzugt im Bereich von 1,2 mm bis 6 mm, noch bevorzugter im Bereich von 1,3 mm bis 4 mm und insbesondere im Bereich von 1,3 mm bis 3 mm auf. Liegt die Dicke unter 4 mm und insbesondere unter 3 mm, ist der Raumbedarf besonders gering.

[0077] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Wärmeisulationsmaterial ein Flächengewicht im Bereich von 60 g/m² bis 900 g/m², bevorzugt von 70 g/m² bis 600 g/m², noch bevorzugter im Bereich von 80 g/m² bis 400 g/m² und insbesondere im Bereich von 80 bis 200 g/m² auf. Dieses geringe Gewicht ist für die Anwendungen in elektrochemischen Zellen vorteilhaft.

[0078] Weiter bevorzugt weist das Wärmeisulationsmaterials eine Recyclingfähigkeit, gemessen wie im Abschnitt Messmethoden beschrieben, der Note 1, 2 oder 3 auf.

[0079] Weiter bevorzugt weist das Wärmeisulationsmaterial eine Wärmeleitfähigkeit unter Druckbelastung von 20 kPa, gemessen nach ASTM D 5470-17 von 0,045 bis 0,010 W/m*K, noch bevorzugter von 0,040 bis 0,010 W/m*K und insbesondere von 0,036 bis 0,010 W/m*K auf. Weiter bevorzugt weist das Wärmeisulationsmaterial eine Wärmeleitfähigkeit unter Druckbelastung von 2059 kPa gemessen nach ASTM D 5470-17 von 0,035 bis 0,010 W/m*K noch bevorzugter von 0,030 bis 0,010 W/m*K und insbesondere von 0,027 bis 0,010 W/m*K auf.

[0080] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist eine elektrochemische Zelle, vorzugsweise eine Lithium-Ionen Zelle, die durch mindestens ein erfindungsgemäßes Wärmeisulationsmaterial thermisch isoliert vorliegt.

[0081] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Batteriesystem, in dem mindestens eine elektrochemische Zelle, vorzugsweise mindestens eine Lithium-Ionen Zelle durch mindestens ein erfindungsgemäßes Wärmeisulationsmaterial thermisch isoliert vorliegt.

[0082] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Zellmodul und/oder ein Batteriesystem, in dem mindestens zwei elektrochemische Zellen durch mindestens ein Wärmeisulationsmaterial voneinander thermisch isoliert vorliegen.

[0083] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung eines Wärmeisulationsmaterials für elektrochemische Zellen umfassend folgende Schritte:

1. Bereitstellung eines ersten textilen Flächengebildes,
2. Beschichten des textilen Flächengebildes mit einer Dispersion, die Aerogelpartikel und einen Binder enthält, wobei der Binder

- a) gemäß der in der Beschreibung definierten Methode zumindest teilweise wasserlöslich ist, und/oder wobei der Binder

- b) vorzugsweise gemäß der in der Beschreibung definierten Methode zumindest teilweise wasserlöslich ist und wobei der Binder ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Polyvinylacetat, bevorzugt teilverseiftem Polyvinylacetat, Polyvinylalkohol, Acrylat-Copolymer, Polyvinylpyrrolidon, Polyethyleneimin, Polyalkylen-Oxid, Polyacrylamid, Polyacrylsäure sowie deren Salze, Polycarbonsäure und deren Salze, Polyaminosäure, modifizierter Stärke, ethoxylierter Stärke, hydroxypropylierter Stärke, modifizierte Cellulose, wie Celluloseether, Celluloseester, Celluloseamide deren Copolymere, Pullulan, Guarkernmehl, Gummi Arabikum, Xanthan, Carrageen, Cellulose, Gelatine und deren Salze, Dextrin, Maltodextrin sowie Copolymeren und Blends hiervon;

3. Trocknen der erhaltenen Beschichtung unter Ausbildung einer wärmeisulierenden Schicht.

[0084] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung eines Wärmeisulationsmaterials für elektrochemische Zellen umfassend folgende Schritte:

1. Bereitstellung eines ersten textilen Flächengebildes,
2. Beschichten des textilen Flächengebildes mit einer Dispersion, die Aerogelpartikel und einen Binder enthält, wobei der Binder gemäß der in der Beschreibung definierten Methode, zumindest teilweise wasserlöslich ist.
3. Trocknen der erhaltenen Beschichtung unter Ausbildung einer wärmeisolierenden Schicht.

[0085] Bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Verfahren umfassen bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Wärmeisulationsmaterials mutatis mutandis.

[0086] So wird in einer bevorzugten Ausführungsform in einem sich an Schritt 2 anschließenden Schritt 2a die wärmeisolierende Schicht mit mindestens einem zweiten textilen Flächengebilde versehen, das als Schutzschicht fungieren kann. Dabei wird das zweite textile Flächengebilde vorzugsweise auf der die Beschichtung aufweisenden Seite des ersten textilen Flächengebildes angeordnet.

[0087] Die Dispersion kann ferner Netzmittel enthalten, beispielsweise um wässrige Beschichtungsformulierungen mit nicht kompatiblen hydrophoben Aerogelen zu ermöglichen, Rheologie modifizierende Additive wie z.B. Acrylate, Acrylamide oder cellulosische Systeme, Dispergierhilfsmittel, Farbstoffe und/oder Entschäumer.

[0088] Weiter bevorzugt findet das Beschichten des textilen Flächengebildes in Schritt 2 in Form einer Raketbeschichtung statt.

[0089] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist die Verwendung des erfindungsgemäßen Wärmeisulationsmaterials zum Wärmemanagement und/oder zur thermischen Isolierung von elektrochemischen Zellen, vorzugsweise von Lithium-Ionen Zellen, Zellmodulen und/oder von Batteriesystemen.

[0090] Bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Verwendung umfassen bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Wärmeisulationsmaterials mutatis mutandis.

Messmethoden

Wasserlöslichkeitsmessung Binder:

[0091] In einem 500 ml Erlenmeierkolben werden 300 g destilliertes Wasser vorgelegt. Dazu gibt man 0,5 g des trockenen Binders, vorzugsweise mit einer Partikelgröße mit einem d_{90} -Wert von 100 μm , gemessen nach DIN 66165-2:2016-08. Man stellt den Kolben in einen Laborschüttler für 24h bei 80°C. Dabei ist darauf zu achten, dass die Schüttelfrequenz derart gewählt ist, dass das Gemisch in Bewegung ist, verdampfendes Wasser wird aufgefüllt. Nach 24h wird, wenn vorhanden, die feste Phase quantitativ abgetrennt, vorzugsweise abfiltriert. Die wässrige Phase wird zur Trockne eingeeengt. Wird kein Rückstand erhalten oder Rückstand in einer Menge weniger als 50 mg, ist der Binder nicht wasserlöslich. Wird Rückstand in einer Menge von mindestens 50 mg erhalten, ist der Binder zumindest teilweise wasserlöslich.

Wasserlöslichkeitsmessung Fasern:

[0092] In einem 500 ml Erlenmeierkolben werden 300 g destilliertes Wasser vorgelegt. Dann nimmt man 0,5 g der Faser. Man stellt den Kolben in einen Laborschüttler für 24h bei 80°C. Dabei ist darauf zu achten, dass die Schüttelfrequenz derart gewählt ist, dass das Gemisch in Bewegung ist, verdampfendes Wasser wird aufgefüllt. Nach 24h wird die gegebenenfalls vorhandene feste Phase quantitativ abgetrennt, vorzugsweise abfiltriert. Die wässrige Phase wird zur Trockne eingeeengt. Wird kein Rückstand erhalten oder Rückstand in einer Menge von weniger als 50 mg, ist die Faser nicht wasserlöslich. Wird Rückstand in einer Menge von 50 mg oder mehr erhalten, ist die Faser zumindest teilweise wasserlöslich.

Bestimmung der Recyclingfähigkeit:

[0093] Man nimmt ein DIN A4 großes Muster des zu bestimmenden Materials (Muster 1) und zerschneidet es in kleine Teile (etwa 2 x 2 cm). Diese gibt man in ein 2000 ml Becherglas und versetzt das Muster mit 1000 ml Wasser. Unter kräftigem Rühren wird das Wasser zum Kochen gebracht und für weitere 60 min gerührt. Danach lässt man unter Rühren auf Raumtemperatur (23°C) abkühlen und nochmals 60 min die Phasen trennen. Ist die Trennung erfolgt, wird der Aerogelpartikelbrei abgeschöpft und der Vorgang zwei weitere Male wiederholt. Dann wird der Aerogelpartikelbrei in eine Kristallisierschale überführt, bei 120°C für 6h zur Gewichtskonstanz getrocknet und die Masse bestimmt. Beträgt die Differenz zwischen der ursprünglich in der Probe vorhandenen Masse an Aerogelpartikeln und der mit dem Versuch ermittelten Masse weniger als 25% wird die Recyclingfähigkeit des Wärmeisulationsmaterials mit der Note 1 bewertet.

EP 4 411 061 A1

Beträgt die Differenz zwischen der ursprünglich in der Probe vorhandenen Masse an Aerogelpartikeln und der mit dem Versuch ermittelten Masse 25% bis 35%, wird die Recyclingfähigkeit des Wärmeisulationsmaterials mit der Note 2 bewertet. Beträgt die Differenz zwischen der ursprünglich in der Probe vorhandenen Masse an Aerogelpartikeln und der mit dem Versuch ermittelten Masse 35% bis 45%, wird die Recyclingfähigkeit des Wärmeisulationsmaterials mit der Note 3 bewertet. Beträgt die Differenz zwischen der ursprünglich in der Probe vorhandenen Masse an Aerogelpartikeln und der mit dem Versuch ermittelten Masse über 45%, wird die Recyclingfähigkeit des Wärmeisulationsmaterials mit der Note 4 bewertet.

[0094] Im Folgenden wird die Erfindung anhand nicht beschränkender Beispiele näher erläutert.

10 Herstellung Muster I:

[0095] In einem 1000 ml Becherglas werden 60g einer 5% Lösung aus destilliertem Wasser und einem teilverseiften Polyvinylacetat (Poval 5-74, Firma Kuraray, Verseifungsgrad 74%) vorgelegt und mit 0,2 g eines Netzmittels auf Basis eines Fettalkoholethoxilates (Rucogen D3, Fa. Rudolf Chemie) versetzt. Hierzu gibt man portionsweise unter kräftigem Rühren mit einem KPG Rührer 12g SiO₂-Aerogelpartikel mit einer Partikelgröße von 0,1 - 0,5 mm, deren Oberfläche hydrophob ist (Enova IC 3105 der Firma Cabot). Hat man alle Partikel eingearbeitet, wird die erhaltene Paste mittels Rakelbeschichtung in einer Stärke von 1,5 mm auf ein nassgelegtes Glasvlies mit einem Flächengewicht von 60 g/m² aufgebracht und getrocknet. Der Binder des Glasvlieses ist der gleiche wie er für die Bindung der Aerogelpartikel verwendet wird.

20

Herstellung Muster II:

[0096] Das Muster II wird analog Muster I hergestellt. Nach der Beschichtung wird auf die noch nasse Schichtung eine weitere Lage des Glasvlieses aufgebracht, leicht angedrückt und anschließend getrocknet.

25

Referenzmuster 1:

[0097]

30

Aerogel Blankett: Typ: SACB-0-6
Firma: Tradematt (Henan) Industry,
Shenglong Plaza,
Zhengdong New District,
Zhenzhou
China

35

Referenzmuster 2:

40 **[0098]**

Nasbis Insulation Sheet: EYGY0912QN3P (auf dem Produkt enthaltene Folien wurden entfernt).
Firma: Panasonic Industrial Devices
Two Riverfront Plaza
Newark, NJ 07102-5490
USA

45

Eigenschaften:

50

[0099]

	Aufbau	Gewicht (g/m ²)	Dicke (mm)
Muster 1	einlagig beschichtet	170	2,0
Muster 2	Sandwich Konstruktion	225	2,2
Referenzmuster 1	einlagig	1315	6,3

55

EP 4 411 061 A1

(fortgesetzt)

	Aufbau	Gewicht (g/m ²)	Dicke (mm)
Referenzmuster 2	einlagig	190	0,96

Dynamisch mechanischer Belastungstest:

[0100] Zunächst werden 3 runde Proben mit einem Durchmesser von 25mm ausgestanzt, gewogen und zwischen 2 Drucktellern platziert. Dann erfolgt eine cyclische Kompressionsbelastung mit folgenden Parametern:

Klima:	23°C, 50% rel. Luftfeuchte
Druckbelastung:	zwischen den Tellern
Statischer Druck:	0,85 MPa
Dynamischer Druck (Schwingung):	+/- 0,65 MPa
Frequenz:	1 Hz
Anzahl Cyclen:	300

[0101] Anschließend wird das belastete Muster aus der Prüfvorrichtung genommen, gewogen und optisch bewertet. Die optische Bewertung erfolgt in der Art und Weise, dass das Muster über einem weißen Stück Papier (im Falle von farbigen Partikel) oder einem schwarzen Stück Papier (im Falle von weißen Partikeln) geschüttelt wird und man bewertet ob sich Partikel aus der Beschichtung gelöst haben. Im Falle des Laminats wird zudem die Lagenhaftung bewertet.

Bewertung:

[0102]

Messung Nr. (Muster)	Gewicht (g) vorher	Gewicht (g) nachher	Differenz Gewicht (g)	Optische Bewertung Druckteller nach Belastung	Optische Bewertung Schütteltest
Messung 1 (Muster I)	0,0612	0,0606	0,0006	keine Aerogelpartikel sichtbar, Fasern am Druckstempel	keine Aerogelpartikel
Messung 2 (Muster I)	0,0616	0,0605	0,0011	keine Aerogelpartikel sichtbar, Fasern am Druckstempel	keine Aerogelpartikel
Messung 3 (Muster I)	0,0614	0,0606	0,0008	keine Aerogelpartikel sichtbar, Fasern am Druckstempel	keine Aerogelpartikel
Messung 4 (Muster II)	0,0940	0,0924	0,0016	keine Aerogelpartikel sichtbar, Fasern am Druckstempel	keine Aerogelpartikel, keine Delamination
Messung 5 (Muster II)	0,0912	0,0899	0,0013	keine Aerogelpartikel sichtbar, Fasern am Druckstempel	keine Aerogelpartikel, Keine Delamination
Messung 6 (Muster II)	0,0948	0,0936	0,0012	keine Aerogelpartikel sichtbar, Fasern am Druckstempel	keine Aerogelpartikel, Keine Delamination
Referenz 1	0,6668	0,659	0,0178	Aerogelpartikel	Aerogelpartikel
Referenz 2	0,1257	0,1234	0,0043	keine Aerogelpartikel	Aerogelpartikel

Fazit:

[0103] Nach beschriebener dynamischer Belastung zeigen die 3 Messungen an Muster I keine Zersetzung im Sinne ausfallender Aerogelpartikel. Im Falle der durch einen weiteren Vliesstoff zusätzlich geschützten Schicht (3 Messungen

EP 4 411 061 A1

Muster II) zeigt das Wärmeisulationsmaterial keine Delaminierung und keine ausfallenden Aerogelpartikel. Das Referenzmuster 1 zeigt bereits bei der Montage der Prüflinge Aerogelstaub und verstärkt nach Belastung Aerogelpartikel auf dem Prüfteller und im Schütteltest. Referenzmuster 2 zeigt Aerogelpartikel im Schütteltest.

5 Messung der Wärmeleitfähigkeit

[0104] Die Messung der Wärmeleitfähigkeit unter Druckbelastung erfolgt nach ASTM D 5470-17 und ergibt folgende Ergebnisse:

Muster 1		Muster 2		Referenzmuster 1		Referenzmuster 2	
Druck (kPa)	WLF (W/m*K)	Druck (kPa)	WLF (W/m*K)	Druck (kPa)	WLF (W/m*K)	Druck (kPa)	WLF (W/m*K)
20,4	0,031	20,6	0,035	21,2	0,048	18,4	0,041
272,2	0,024	275,8	0,027	291,6	0,036	298,5	0,035
456,7	0,023	458,6	0,026	488,2	0,034	492,2	0,035
999,0	0,023	991,8	0,026	1034,7	0,033	1037,6	0,034
1551,9	0,023	1555,4	0,026	1579,5	0,033	1578,7	0,035
2058,7	0,023	2049,2	0,026	2066,0	0,033	2055,8	0,036

Fazit:

[0105] Die erfindungsgemäßen Muster 1 und 2 liefern über den gesamten Druckbereich niedrigere Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten und haben damit bessere Isolationseigenschaften.

30 Recyclingfähigkeit

[0106] Mit dem oben genannten Verfahren wurde die Recyclingfähigkeit von Muster 1 ermittelt und mit Note 1 bewertet. Mit Referenzmuster 1 wurde die Note 4 ermittelt.

35 Patentansprüche

1. Wärmeisulationsmaterial für elektrochemische Zellen, vorzugsweise für Lithium-Ionen Zellen, umfassend eine wärmeisolierende Schicht, die ein erstes textiles Flächengebilde umfasst, wobei das erste textile Flächengebilde eine Beschichtung aufweist, die Aerogelpartikel und mindestens einen Binder enthält, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Binder, gemäß der in der Beschreibung definierten Methode, zumindest teilweise wasserlöslich ist.
2. Wärmeisulationsmaterial für elektrochemische Zellen, vorzugsweise für Lithium-Ionen Zellen, umfassend eine wärmeisolierende Schicht, die ein erstes textiles Flächengebilde umfasst, wobei das erste textile Flächengebilde eine Beschichtung aufweist, die Aerogelpartikel und mindestens ein Binder enthält, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Binder vorzugsweise zumindest teilweise wasserlöslich ist und ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Polyvinylacetat, bevorzugt teilverseiftem Polyvinylacetat, Polyvinylalkohol, Acrylat-Copolymer, Polyvinylpyrrolidon, Polyethyleneimin, Polyalkylen-Oxid, Polyacrylamid, Polyacrylsäure sowie deren Salze, Polycarbonsäure und deren Salze, Polyaminosäure, modifizierter Stärke, ethoxylierter Stärke, hydroxypropylierter Stärke, modifizierte Cellulose, wie Celluloseether, Celluloseester, Celluloseamide deren Copolymere, Pullulan, Guarkernmehl, Gummi Arabikum, Xanthan, Carrageen, Cellulose, Gelatine und deren Salze, Dextrin, Maltodextrin sowie Copolymeren und Blends hiervon.
3. Wärmeisulationsmaterial nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Binder ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus teilverseiftem Polyvinylacetat, vorzugsweise mit einem Verseifungsgrad gemäß IS K 6726, Ausgabe 94, Oktober 20, 2017 von mindestens 50 mol%, beispielsweise 50 bis 100 mol%, bevorzugt 70 bis 100 mol%, Polyvinylalkohol, Methylcellulose, Carboxymethylcellulose, Ethylcellulose, Hydroxyethylcellulose, Hydroxypropylcellulose, ethoxylierte Stärke und hydroxypropylierte Stärke sowie Copolymeren und Blends hiervon.

EP 4 411 061 A1

- 5
4. Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Binder ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus teilverseiftem Polyvinylacetat, vorzugsweise mit einem Verseifungsgrad gemäß IS K 6726, Ausgabe 94, Oktober 20, 2017 von mindestens 50 mol%, beispielsweise 50 bis 100 mol%, bevorzugt 70 bis 100 mol%, Polyvinylalkohol sowie Copolymeren und Blends hiervon.
- 10
5. Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung zumindest teilweise in das erste textile Flächengebilde eingedrungen ist.
- 15
6. Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wärmeisolationmaterial mindestens ein zweites textiles Flächengebilde aufweist, das auf einer dem ersten textilen Flächengebilde abgewandten Seite der Beschichtung angeordnet ist.
- 20
7. Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung zumindest teilweise in das zweite textile Flächengebilde eingedrungen ist.
- 25
8. Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite textile Flächengebilde zumindest teilweise außerhalb der Beschichtung liegt.
- 30
9. Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aerogelpartikel eine Partikelgrößenverteilung gemessen nach DIN 66165-2:2016-08 mit einem d50-Wert von 50 µm bis 3 mm aufweisen.
- 35
10. Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung einen Anteil an Aerogelpartikeln von mindestens 60 Gew.%, beispielsweise von 60 bis 95 Gew, bezogen auf das Gesamtgewicht der Beschichtung aufweist und/oder das Wärmeisolationmaterial einen Anteil an Aerogelpartikeln von 6 bis 75 Gew.%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Wärmeisolationmaterials aufweist.
- 40
11. Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und/oder zweite textile Flächengebilde ein Vliesstoff ist, der vorzugsweise mit einem, gemäß der in der Beschreibung definierten Methode, zumindest teilweise wasserlöslichen Bindemittel gebunden ist.
- 45
12. Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und/oder zweite textile Flächengebilde ein Nassvliesstoff ist, der vorzugsweise mit einem, gemäß der in der Beschreibung definierten Methode, zumindest teilweise wasserlöslichen Bindemittel gebunden ist.
- 50
13. Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und/oder zweite textile Flächengebilde Glasfasern enthält, bevorzugt mit einer mittleren Faserlänge von 2 bis 20 mm.
- 55
14. Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und/oder zweite textile Flächengebilde eine Dicke, gemessen nach DIN EN ISO 9073-2:1997-02 im Bereich von 0,2 mm bis 3,0 mm, bevorzugt im Bereich von 0,3 mm bis 2,5 mm, insbesondere im Bereich von 0,5 mm bis 2,0 mm aufweist.
15. Elektrochemische Zelle, vorzugsweise Lithium-Ionen Zelle, die durch mindestens ein Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche thermisch isoliert vorliegt und/oder Batteriesystem, in dem mindestens eine elektrochemische Zelle, vorzugsweise mindestens eine Lithium-Ionen Zelle durch mindestens ein Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche thermisch isoliert vorliegt.
16. Zellmodul und/oder Batteriesystem, in dem mindestens zwei elektrochemische Zellen durch mindestens ein Wärmeisolationmaterial nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche voneinander thermisch isoliert vorliegen.
17. Verfahren zur Herstellung eines Wärmeisolationmaterials für elektrochemische Zellen umfassend folgende Schritte:
- Bereitstellung eines ersten textilen Flächengebildes,
 - Beschichten des textilen Flächengebildes mit einer Dispersion, die Aerogelpartikel und einen Binder enthält,

wobei der Binder

b1) gemäß der in der Beschreibung definierten Methode zumindest teilweise wasserlöslich ist, und/oder wobei der Binder

5 b2) vorzugsweise gemäß der in der Beschreibung definierten Methode zumindest teilweise wasserlöslich ist und wobei der Binder ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Polyvinylacetat, bevorzugt teilverseiftem Polyvinylacetat, Polyvinylalkohol, Acrylat-Copolymer, Polyvinylpyrrolidon, Polyethyleneimin, Polyalkylen-Oxid, Polyacrylamid, Polyacrylsäure sowie deren Salze, Polycarbonylsäure und deren Salze, Polyaminosäure, modifizierter Stärke, ethoxylierter Stärke, hydroxypropylierter Stärke, modifizierte Cellulose, wie Celluloseether, Celluloseester, Celluloseamide deren Copolymere, Pullulan, Guarkernmehl, Gummi Arabikum, Xanthan, Carrageen, Cellulose, Gelatine und deren Salze, Dextrin, Maltodextrin sowie Copolymeren und Blends hiervon;

10 c) Trocknen der erhaltenen Beschichtung unter Ausbildung einer wärmeisolierenden Schicht.

15 **18.** Verwendung eines Wärmeisulationsmaterials nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14 zum Wärmemanagement und/oder zur thermischen Isolierung von elektrochemischen Zellen, vorzugsweise von Lithium-Ionen Zellen, Zellmodulen und/oder von Batteriesystemen.

20

25

30

35

40

45

50

55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 23 15 4137

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03) 2

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	KR 2019 0143300 A (REMTECH CO LTD [KR]) 30. Dezember 2019 (2019-12-30) * Absatz [0018] * * Absatz [0022] * * Absatz [0036] * * Absatz [0039] * * Absatz [0053] * * Absatz [0054] * * Beispiel 4 * * Ansprüche 1, 2, 6, 9, 11 und 12 * -----	1-18	INV. D06N3/00
X	EP 3 281 968 B1 (LG CHEMICAL LTD [KR]; UNIV INHA RES & BUSINESS FOUND [KR]) 23. Oktober 2019 (2019-10-23) * Beispiel 1 * * Absatz [0025] * * Absatz [0058] * * Absatz [0061] * * Absatz [0066] * -----	1-6, 9, 10, 17, 18	
A	US 2019/178434 A1 (SAKATANI SHIGEAKI [JP] ET AL) 13. Juni 2019 (2019-06-13) * Absätze [0016] - [0019] * * Absatz [0038] * * Absatz [0050] * * Absätze [0053] - [0054] * * Absätze [0072] - [0076] * * Absatz [0151] * -----	1-18	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) D06N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 3. Juli 2023	Prüfer Rella, Giulia
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 15 4137

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

03-07-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
KR 20190143300 A	30-12-2019	KEINE	

EP 3281968 B1	23-10-2019	CN 107406329 A	28-11-2017
		EP 3281968 A1	14-02-2018
		KR 20160120202 A	17-10-2016
		US 2018009969 A1	11-01-2018
		US 2020224005 A1	16-07-2020

US 2019178434 A1	13-06-2019	CN 109642697 A	16-04-2019
		EP 3627030 A1	25-03-2020
		JP WO2018211906 A1	14-05-2020
		US 2019178434 A1	13-06-2019
		WO 2018211906 A1	22-11-2018

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 20120142802 A [0007]
- US 20190161909 A [0007]
- WO 2021142169 A1 [0008]
- US 2021257690 A1 [0009]