

(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
9. Januar 2014 (09.01.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/005676 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01M 16/00 (2006.01) *H02J 7/00* (2006.01)
H01M 10/42 (2006.01) *H02J 7/34* (2006.01)
H01M 10/44 (2006.01) *H01M 10/052* (2010.01)
B60L 11/18 (2006.01) *H01M 10/06* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/001857

(22) Internationales Anmeldedatum: 24. Juni 2013 (24.06.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2012 013 413.4 5. Juli 2012 (05.07.2012) DE
61/668,095 5. Juli 2012 (05.07.2012) US

(71) Anmelder: LI-TEC BATTERY GMBH [DE/DE]; Am
Wiesengrund 7, 01917 Kamenz (DE).

(72) Erfinder: SCHAEFER, Tim; Am Sportplatz 15, 99768
Harztor (DE).

(74) Anwalt: WALLINGER, Michael; Wallinger Ricker
Schlotter Tostmann, Zweibrückenstrasse 5-7, 80331
München (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, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
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)

(54) Title: HYBRID ELECTROCHEMICAL ENERGY STORE

(54) Bezeichnung : HYBRIDER ELEKTROCHEMISCHER ENERGIESPEICHER

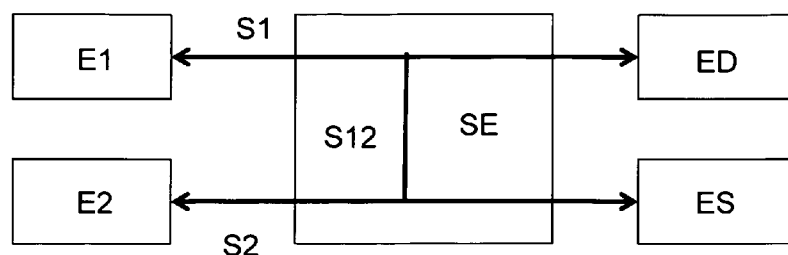


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an arrangement of electrochemical energy stores, comprising at least one first rechargeable electrochemical energy store (E1) and at least one second rechargeable electrochemical energy store (E1), the first and second energy stores being interconnected such that they can both exchange energy, by means of energy flows (S1, S2, S12), with one another, with at least one external energy source (ES), and with at least one external energy sink (ED). In said arrangement, a device (SE) is provided to control at least one of the energy flows into or out of the first and the second energy store in such a manner that damage to or overloading of the first energy store can be avoided or reduced by accepting damage to or overloading of the second energy store.

(57) Zusammenfassung: Bei einer Anordnung elektrochemischer Energiespeicher mit wenigstens einen ersten wieder aufladbaren elektrochemischen Energiespeicher (E1) und wenigstens einen zweiten wieder aufladbaren elektrochemischen Energiespeicher

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2014/005676 A1

(E1), wobei der erste und der zweite derart zusammengeschaltet sind, dass beide Energiespeicher über Energieströme (S1, S2, S12) untereinander und mit wenigstens einer externen Energiequelle (ES) und mit wenigstens einer externen Energiesenke (ED) Energie austauschen können, ist eine Einrichtung (SE) zur Steuerung wenigstens eines der Energieströme in bzw. aus dem ersten und dem zweiten Energiespeicher in der Weise vorgesehen, dass eine Schädigung oder Überlastung des ersten Energiespeichers unter Inkaufnahme einer Schädigung oder Überlastung des zweiten Energiespeichers vermieden oder gemindert werden kann.

Hybrider Elektrochemischer Energiespeicher

5

B e s c h r e i b u n g

Die vorliegende Erfindung betrifft einen elektrochemischen Energiespeicher, insbesondere einen auf der Grundlage von Lithium-Ionen arbeitenden elektrochemischen Energiespeicher.

10 Hiermit wird der gesamte Inhalt der Prioritätsanmeldung DE 10 2012 013 413.4 durch Bezugnahme zum Bestandteil der vorliegenden Anmeldung.

Für den kommerziellen Einsatz elektrochemischer Energiespeicher sind neben anderen Faktoren auch deren möglichst einfache, kostengünstige Konstruktionsweise und eine größtmögliche Sicherheit beim Umgang mit solchen Energiespeichern entscheidend. Zu einer Gefährdung der Sicherheit kommt es im Zusammenhang mit elektrochemischen Energiespeichern vor allem dann, wenn die
15 darin enthaltenen galvanischen Zellen durch eine starke Wärmeentwicklung überhitzen oder eine solche Überhitzung droht. Eine starke Wärmeentwicklung kann beispielsweise die Folge von internen oder externen Kurzschlüssen, Reaktionen beim Überladen, bei einer Überlastung, des Einflusses externer Wärmequellen, einem Laden mit hohem Strom, einem Laden mit hohem Ladefaktor,
20 einem Ladebeginn bei bereits hoher Temperatur und schlechter Kühlung sein.

25 Die WO 03/088373 A2 beschreibt eine hybride Batteriekonfiguration, die einen Verbraucher mit wechselndem Strombedarf versorgt, der zwischen kurzzeitigen Phasen mit hohen Strömen und längerfristigen Phasen mit mittleren oder kleinen Strömen liegt. Diese Batteriekonfiguration umfasst einen ersten

Energiespeicher mit der Fähigkeit zu hoher Leistungsabgabe, einen zweiten
Energiespeicher mit hoher Energiespeicherkapazität, eine Stromüberwachungs-
einrichtung, eine Mikroprozessorsteuerung und wenigstens einen Schalter. Der
Schalter wird durch den Mikroprozessor so gesteuert, dass zumindest der erste
5 oder der zweite Energiespeicher in Reihe mit dem Verbraucher geschaltet ist.

Die WO 99/52163 A1 beschreibt eine Batterie mit einer eingebauten Steuerung,
welche die Lebensdauer der Batterie verlängern soll, indem die Zellspannung in
eine Ausgangsspannung gewandelt wird, die höher ist als die Einsatzspannung
10 eines elektronischen Gerätes, oder in eine Ausgangsspannung, die niedriger ist
als die Nennspannung der elektrochemischen Zellen der Batterie, oder indem
die elektrochemische Zelle vor Stromspitzen bewahrt wird.

Die WO 2004/06815 A2 beschreibt eine Hybridbatterie für implantierbare
15 medizintechnische Geräte. Die Hybridbatterie besteht aus einer Primärzelle mit
vergleichsweise hoher Energiedichte und aus einer (wieder aufladbaren)
Sekundärzelle mit vergleichsweise geringem Innenwiderstand. Beide Zellen sind
über eine Steuerschaltung parallel geschaltet, die dazu eingerichtet ist, die
Sekundärzelle zu laden und dabei die Ladungs-/Entladungszyklen der Sekundär-
20 zelle derart zu begrenzen, dass ihre Leistungsabgabe für hochenergetische
Anwendungen durch medizintechnische Geräte optimiert wird.

Die WO 03/088375 A2 beschreibt ein hybrides Batteriesystem bestehend aus
einer Hochleistungsbatterie mit geringer Impedanz, die zu einer Hochenergie-
25 batterie parallel geschaltet ist. Beide Batterien haben im vollen Ladungszustand
im Wesentlichen gleiche Ruheklemmenspannungen. Die Amperestunden-
kapazität der Hochenergiebatterie beträgt bis zu einer vorbestimmten Grenz-
spannung wenigstens das Zwanzigfache der Amperestundenkapazität der
Hochleistungsbatterie bis zu derselben Grenzspannung.

30 Eine durch die vorliegende Erfindung zu lösende Aufgabe kann darin gesehen
werden, bekannte elektrochemische Energiespeicher nach Möglichkeit zu

verbessern. Diese Aufgabe wird durch ein Erzeugnis nach einem der unabhängigen Erzeugnisansprüche bzw. durch ein Verfahren nach einem der unabhängigen Verfahrensansprüche gelöst. Die Unteransprüche sollen vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung unter Schutz stellen.

5

Die Erfindung sieht eine Anordnung elektrochemischer Energiespeicher vor mit wenigstens einem ersten wieder aufladbaren elektrochemischen Energiespeicher und wenigstens einem zweiten wieder aufladbaren elektrochemischen Energiespeicher, wobei der erste und der zweite Energiespeicher derart
10 zusammengeschaltet sind, dass beide Energiespeicher über Energieströme untereinander und mit wenigstens einer externen Energiequelle und bzw. oder mit wenigstens einer externen Energiesenke Energie austauschen können. Eine Einrichtung zur Steuerung wenigstens eines der Energieströme in bzw. aus dem ersten und dem zweiten Energiespeicher steuert die Energieströme in der
15 Weise, dass eine Schädigung oder Überlastung des ersten Energiespeichers unter Inkaufnahme einer Schädigung oder Überlastung des zweiten Energiespeichers vermieden oder gemindert werden kann.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung soll unter einem elektrochemischen
20 Energiespeicher eine Einrichtung verstanden werden, die Energie in chemischer Form speichern und in elektrischer Form an einen Verbraucher, d.h. an eine Energiesenke, abgeben kann. Ein wieder aufladbarer elektrochemischer Energiespeicher kann darüber hinaus Energie in elektrischer Form von einer Energiequelle entgegennehmen und in chemischer Form speichern. Elektro-
25 chemische Energiespeicher sind einzelne galvanische Zellen oder Anordnungen mehrerer galvanischer Zellen. Letztere werden auch als Batterien bezeichnet, wenngleich dieser Begriff häufig auch für einzelne galvanische Zellen verwendet wird. Bei den galvanischen Zellen wird zwischen Primärzellen und Sekundärzellen unterschieden. Als Primärzellen werden galvanische Zellen bezeichnet,
30 die nach der Entladung nicht wieder aufgeladen werden können. Sekundärzellen, auch Akkumulatoren oder einfach „Akku“ genannt sind galvanische Zellen, die nach der Entladung wieder aufgeladen werden können.

In einem Akkumulator wird beim Aufladen elektrische Energie in chemische Energie gewandelt. Wird ein Verbraucher angeschlossen, so wird die chemische Energie wieder in elektrische Energie zurück gewandelt. Die für eine elektrochemische Zelle typische elektrische Nennspannung, der Wirkungsgrad und die Energiedichte hängen von der Art der verwendeten Materialien ab. Für Anwendungen als Antriebsbatterie (Traktionsbatterie) für Fahrzeuge ist die Energiedichte wichtig. Je höher diese ist, desto mehr Energie kann in einem Akku je Masseneinheit oder je Volumeneinheit gespeichert werden. Beim Aufladen und Entladen von Akkumulatoren wird durch den inneren Widerstand der Zellen Wärme freigesetzt, wodurch ein Teil der zum Aufladen aufgewandten Energie verloren geht.

Das Verhältnis der entnehmbaren zu der beim Laden aufzuwendenden Energie wird als Ladewirkungsgrad bezeichnet. Generell sinkt der Ladewirkungsgrad sowohl durch Schnellladung mit sehr hohen Strömen als auch durch schnelle Entladung, da die Verluste am Innenwiderstand zunehmen. Das optimale Nutzungsfenster ist dabei je nach Zellchemie stark unterschiedlich.

Akkumulatoren gleicher oder unterschiedlicher Zellchemie können miteinander kombiniert werden. Entweder in Reihenschaltung zur Steigerung der nutzbaren elektrischen Spannung oder aber in Parallelschaltung zur Steigerung der nutzbaren Kapazität einer Batterie und deren Belastbarkeit durch hohe Ströme. Durch eine geeignete Kombination von Reihen- und Parallelschaltungen von Akkumulatoren lassen sich die Bedürfnisse unterschiedlichster Anwendungen erfüllen.

Wichtige Beispiele für Primärzellen sind die Alkali-Mangan-Batterie, die Lithiumbatterie, die Lithium-Eisensulfid-Batterie, die Lithium-Mangandioxid-Batterie, die Lithium-Thionylchlorid-Batterie, die Lithium-Schwefeldioxid-Batterie, die Lithium-Kohlenstoffmonofluorid-Batterie, die Nickel-Oxyhydroxid-Batterie, die Quecksilberoxid-Zink-Batterie, die Silberoxid-Zink-Batterie, die Zink-Braunstein-Zelle, die Zinkchlorid-Batterie und die Zink-Luft-Batterie. Wichtige Beispiele für

Sekundärzellen sind der Bleiakkumulator, der Natrium-Schwefel-Akkumulator, der Nickel-Cadmium-Akkumulator, der Nickel-Eisen-Akkumulator, der Nickel-Lithium-Akkumulator, der Nickel-Metallhydrid-Akkumulator, der Nickel-Wasserstoff-Akkumulator, der Nickel-Zink-Akkumulator, der Lithium-Eisenphosphat-Akkumulator, der Lithium-Ionen-Akkumulator, der Lithium-Mangan-Akkumulator, der Lithium-Polymer-Akkumulator, der Lithium-Schwefel-Akkumulator, der Silber-Zink-Akkumulator, der Vanadium-Redox-Akkumulator, der Zink-Brom-Akkumulator, der Zink-Luft-Akkumulator, die Zebra-Batterie, die Zellulose-Polypyrrol-Zelle und der Zinn-Schwefel-Lithium-Akkumulator.

10

Bei einem Bleiakkumulator (auch als Blei-Säure-Akku oder Blei-Säure-Batterie bezeichnet) handelt es sich um eine Ausführung des Akkumulators, bei der die Elektroden im geladenen Zustand aus Blei und Bleidioxid und der Elektrolyt aus verdünnter Schwefelsäure bestehen. Bleiakkumulatoren zeichnen sich durch die kurzzeitige Entnehmbarkeit hoher Stromstärken aus. Diese Eigenschaft ist zum Beispiel für Fahrzeug- und Starterbatterien vorteilhaft.

15

Der Begriff Lithium-Ionen-Akkumulator (auch Lithium-Ionen-Akku, Li-Ion-Akku, Li-Ionen-Sekundärbatterie, Lithium-Akkumulator oder kurz Li-Ion) ist ein Oberbegriff für einen Akkumulator auf der Basis von Lithium. Li-Ionen-Akkus versorgen vorzugsweise tragbare Geräte mit hohem Energiebedarf, für die herkömmliche Nickel-Cadmium- beziehungsweise Nickel-Metallhydrid-Akkus zu schwer oder zu groß wären, beispielsweise Mobiltelefone, Digitalkameras, Camcorder, Notebooks, Handheld-Konsolen oder Taschenlampen. Sie dienen bei der Elektromobilität als Energiespeicher für Pedelecs, Elektro- und Hybridfahrzeuge. Li-Ionen-Akkus zeichnen sich durch hohe Energiedichte aus. Sie sind thermisch stabil und unterliegen keinem Memory-Effekt. Je nach Aufbau bzw. den eingesetzten Elektrodenmaterialien werden Li-Ionen-Akkus weiter untergliedert in Lithium-Polymer-Akkumulatoren, Lithium-Cobaltdioxid-Akkumulatoren, Lithium-Titanat-Akkumulatoren, Lithium-Luft-Akkumulatoren, Lithium-Mangan-Akkumulatoren, Lithium-Eisenphosphat-Akkumulatoren Zinn-Schwefel-Lithium-Ionen-Akkumulatoren.

20

25

30

Die Lebensdauer eines Lithium-Ionen Akkus wird gewöhnlich als Zyklenlebensdauer angegeben. Die Zyklenlebensdauer ist abhängig von Art und Qualität des Akkus, sowie von drei externen Faktoren: der Temperatur, dem (Ent-) Ladehub und der Laderate (C-Rate). Bei hohen Temperaturen verringert sich die Zyklenlebensdauer drastisch, weshalb der Akku nach Möglichkeit gekühlt werden sollte. Durch sachgerechtes Laden und Entladen mit nicht zu großem (Ent-) Ladehub und nicht zu großer (Ent-) Laderate wird die Haltbarkeit deutlich verbessert, da bei vollständig entladem und vollständig geladenem Akku hohe Belastungen für die Elektroden entstehen.

Die Energiedichte eines Lithium-Ionen Akkus ist bedeuten größer als beispielsweise die Energiedichte eines Nickel-Cadmium-Akkumulators und liegt bei etwa 95–190 Wh/kg, beziehungsweise 250–500 Wh/l, in Abhängigkeit von den verwendeten Materialien. Anwendungen, die eine besonders lange Lebensdauer benötigen, beispielsweise der Einsatz in Elektroautos, laden und entladen den Lithium-Ionen-Akku vorzugsweise nur teilweise (z. B. von 30 bis 80 % statt von 0 bis 100 %), was die Zahl der möglichen Lade- und Entladezyklen überproportional erhöht, aber die nutzbare Energiedichte entsprechend absenkt.

Die Ladeschlussspannung eines Lithium-Ionen Akkus beträgt typischerweise 4,0 V - 4,2 V. Da Li-Ion-Akkus keinen Memory-Effekt kennen, werden sie vorzugsweise anfänglich mit einem konstantem Strom geladen, der vorzugsweise zwischen 0,6 und 1 C liegt. Die Abkürzung C steht hierbei für den auf die Kapazität bezogenen relativen Ladestrom (gemessen in A/Ah) und darf nicht mit der Einheit Coulomb (d.h. As) verwechselt werden. Ein Ladestrom von 0,5 C bedeutet beispielsweise, dass ein Akku mit einer Kapazität von 1 Ah mit 0,5 A geladen wird. Erreicht der Akku eine Zellenspannung von 4,2 V, wird diese Spannung vorzugsweise gehalten, bis der Ladestrom nahezu verschwindet. Der Ladevorgang wird vorzugsweise bei Erreichen eines Ladestroms von 3 % des Anfangsstroms beendet oder sobald der Ladestrom nicht mehr weiter absinkt. Zwar sind Schnellladeelektroniken verfügbar, die mit bis zu 2 C oder schneller

laden, jedoch wird die Verkürzung der Ladezeit durch einen Kapazitäts- und Lebensdauerverlust des Akkus erkauft. Liegt die Zellenspannung unterhalb der Tiefentladeschwelle, lädt die Ladeelektronik bis zum Erreichen der Mindestspannung vorzugsweise zunächst nur mit geringer Stromstärke.

5

Die Spannung eines typischen Li-Ion-Akkus sinkt während der Entladung kaum ab. Erst kurz vor der vollständigen Entladung geht die Zellenspannung typischerweise stark zurück. Eine typische Entladeschlussspannung ist 2,5 V. Sie sollte nicht unterschritten werden, da andernfalls die Zelle durch irreversible chemische Vorgänge zerstört werden kann. Ein Li-Ionen-Akku sollte vorzugsweise nie von Vollladung auf Tiefentladung entladen werden. Vorzugsweise sollte eine Entladetiefe von 70 % nicht überschritten werden, wobei der Akku noch 30 % Restkapazität behält, bevor er wieder geladen wird. Es ist mittlerweile üblich geworden, die Zyklenlebensdauer in Abhängigkeit von der Entladetiefe (engl. Depth of discharge, DOD) anzugeben.

15

Im Sinne der vorliegenden Erfindung soll unter einem Energiestrom zwischen zwei Energiespeichern oder zwischen einem Energiespeicher und einer Energiesenke bzw. einer Energiequelle ein Austausch von Energie zwischen den beteiligten Partnern eines Ladungs-/Entladungs-Vorgangs (d.h. Energiespeicher, Energiequelle, Energiesenke) verstanden werden. Der Energiestrom hat – in Analogie zum elektrischen Strom, der die physikalische Dimension einer elektrischen Ladung pro Zeiteinheit hat - die physikalische Dimension einer Energie pro Zeiteinheit und wird vorzugsweise in Watt/Sekunde [W/s] gemessen. Je nach dem Vorzeichen des Energiestroms fließt die Energie in einer von zwei möglichen Richtungen zwischen den beteiligten Partnern, wird also einer der beiden Partner durch den (d.h. auf Kosten bzw. zum Nutzen des) anderen Partners geladen oder entladen. Da ein Energieaustausch über die Energieströme im Sinne der vorliegenden Erfindung zwischen den hier in Betracht kommenden Partner stets ein Austausch elektrischer Energie ist, treten im Zusammenhang mit den Energieströmen im Sinne der vorliegenden Erfindung stets auch elektrische Ströme auf.

20

25

30

Trotz dieses stets gegebenen Zusammenhangs zwischen elektrischen Strömen und Energieströmen bei den hier relevanten Vorgängen zur Energieübertragung wird im Rahmen dieser Beschreibung begrifflich zwischen Energieströmen und elektrischen Strömen unterschieden, weil die Größe eines Energiestroms bei gegebener elektrischer Stromstärke auch von einer mit diesem Strom zusammenhängenden Spannung abhängen kann. Eine Steuerung von Energieströmen ist daher nicht in jedem Fall mit einer alleinigen Steuerung der hierbei auftretenden elektrischen Ströme gleichzusetzen, sondern kann auch eine Steuerung der hierbei auftretenden Spannungen beinhalten. Wegen grundsätzlich unvermeidlicher Energieverluste gelten die aus der Elektrotechnik bekannten Kirchhoffschen Regeln für die Energieströme nur in einer Näherung, in der diese Energieverluste vernachlässigt werden können. Für die mit diesen Energieströmen verbundenen elektrischen Ströme und Spannungen gelten dagegen die Kirchhoffschen Regeln unter den aus der Elektrotechnik bekannten Voraussetzungen.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung soll unter einer Schädigung bzw. einer Überlastung eines elektrochemischen Energiespeichers jeder Vorgang verstanden werden, der eine Kenngröße dieses elektrochemischen Energiespeichers nachteilig beeinflusst. Wichtige Beispiele solcher Kenngrößen sind u.a. die noch verfügbare Kapazität, die Restlebensdauer, vorzugsweise gemessen in noch verfügbaren Speicherzyklen (Zykluslebensdauer), die Energieeffizienz, der Wirkungsgrad (auch als Coulomb-Wirkungsgrad bezeichnet), die Leistungsdichte und die Energiedichte. Schädigungen in diesem Sinne sind meist die Folgen von Überlastungen, insbesondere durch zu hohe Ströme beim Ladevorgang (Zufuhr von Energie zu dem Energiespeicher) oder beim Entladevorgang (Entnahme von Energie aus dem Energiespeicher), durch das Überschreiten von Grenzwerten für die Spannung oder die Temperatur beim Ladevorgang oder beim Entladevorgang.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung soll unter einer Einrichtung zur Steuerung der Energieströme eine Einrichtung verstanden werden, die die Energieströme zwischen elektrochemischen Energiespeichern einer erfindungsgemäßen Anordnung und bzw. oder zwischen einem elektrochemischen Energiespeicher und einer Energiesenke oder einer Energiequelle steuert und dabei darauf
5 hinwirkt, dass eine Schädigung oder Überlastung des wenigstens einen ersten Energiespeichers unter Inkaufnahme einer Schädigung oder Überlastung des wenigstens einen zweiten Energiespeichers vermieden oder gemindert und der wenigstens eine erste Energiespeicher auf diese Weise geschützt werden kann.
10 Insbesondere aber nicht ausschließlich in den Fällen, in denen die elektrochemischen Energiespeicher mit Energiequellen oder Energiesenken derart zusammenschaltet sind, dass die Summe der Energieströme zwischen den elektrochemischen Energiespeichern und den Energiequellen und Energiesenken durch das Verhalten der Energiequellen und Energiesenken vorgegeben
15 wird, wird die erfindungsgemäße Einrichtung zur Steuerung der Energieströme diese Energieströme so steuern, dass die Energieströme der zu schützenden Energiespeicher begrenzt oder so gewählt werden, dass eine Überschreitung von Grenzwerten, die eine Schädigung oder Überlastung der zu schützenden Energiespeicher vermieden werden kann.

20 Um diese Steuerungsaufgaben durchführen zu können, weist die erfindungsgemäße Einrichtung zur Steuerung der Energieströme vorzugsweise einen oder mehrere Sensoren zur Messung von Parametern eines oder mehrerer Energiespeicher auf, vorzugsweise zur Messung von Spannungen, insbesondere von
25 Klemmenspannungen von einzelnen oder Batterien von galvanischen Zellen und/oder von Temperaturen, insbesondere der Temperaturen von Stromkollektoren oder Kühlmitteln, die in einem Wärmeaustausch mit einem Energiespeicher stehen und/oder zur Messung von elektrischen Strömen zwischen den Energiespeichern und/oder zwischen einem Energiespeicher und einer Energie-
30 quelle bzw. Energiesenke. Vorzugsweise weist diese Einrichtung außerdem Mittel zur Beeinflussung der Energieströme auf, vorzugsweise Schalter oder Transistoren, besonders vorzugsweise sogenannte Metall-Oxid-Feldeffekt-

Transistoren (MOSFETs). Diese Mittel zur Beeinflussung der Energieströme werden vorzugsweise durch eine Steuerungselektronik, vorzugsweise durch ein Energiemanagement-System und/oder durch ein Batteriemanagement-System oder durch eine Kombination derartiger Systeme in Abhängigkeit von den durch die Sensoren gemessenen Daten gesteuert.

Vorzugsweise beruht die Funktion wenigstens eines ersten Energiespeichers auf einer ersten Elektrochemie, die verschieden ist von der zweiten Elektrochemie, auf welcher die Funktion wenigstens eines zweiten Energiespeichers beruht. Man spricht in diesem Fall auch von einem „dual chemistry hybrid“ System oder auch von einer Hybrid-Batterie oder von einem Hybrid-Akkumulator. Vorzugsweise sind die verschiedenen elektrochemischen Reaktionssysteme des ersten und des zweiten Energiespeichers derart gewählt, dass der zweite Energiespeicher höheren Belastungen ausgesetzt werden kann als der erste Energiespeicher ohne dass der zweite Energiespeicher bei diesen Belastungen Schäden erleidet, die denen vergleichbar sind, die der erste Energiespeicher bei diesen Belastungen erleiden würde. Vorzugsweise ist die Ladeschlussspannung und/oder die Entladeschlussspannung des ersten Energiespeichers von der Ladeschlussspannung und/oder der Entladeschlussspannung des zweiten Energiespeichers verschieden.

Dies wird je nach den eingesetzten elektrochemischen Reaktionssystemen vorzugsweise dadurch erreicht, dass galvanische Zellen wenigstens eines ersten Energiespeichers und/oder wenigstens eines zweiten Energiespeichers derart parallel, in Reihe oder in einer Kombination aus Reihen- und/oder Parallelschaltungen zusammengeschaltet werden, dass für die jeweiligen Anwendungen günstige Ladeschlussspannungen und/oder Entladeschlussspannungen dieser Zusammenschaltungen ergeben. Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass diese Zusammenschaltungen durch steuerbare Schalter, insbesondere durch Transistoren, vermittelt werden, welche durch die erfindungsgemäße Einrichtung zur Steuerung der Energieströme angesteuert werden, so dass diese Zusammenschaltung in Abhängigkeit von den Umständen und Bedingungen der

Anwendung durch die erfindungsgemäße Einrichtung zur Steuerung der Energieströme flexibel verändert werden kann, insbesondere mit dem Ziel, dass eine Schädigung oder Überlastung des wenigstens einen ersten Energiespeichers unter Inkaufnahme einer Schädigung oder Überlastung des wenigstens einen zweiten Energiespeichers vermieden oder gemindert werden kann.

Vorzugsweise wird die Zusammenschaltung der ersten und zweiten Energiespeicher untereinander und/oder mit wenigstens einer Energiequelle oder – Senke durch die erfindungsgemäße Einrichtung zur Steuerung der Energieströme derart beeinflusst, dass wenigstens ein zweiter Energiespeicher Zyklen mit größerer Zyklustiefe bevorzugt ausgesetzt wird, wogegen wenigstens ein erster Energiespeicher solchen Zyklen mit größerer Zyklustiefe bevorzugt nicht oder nur eingeschränkt, insbesondere nur oberhalb bzw. unterhalb geeigneter gewählter Grenzwerte für die Entlade- bzw. Ladeschlussspannung für die ausgesetzt wird

Im Sinne der vorliegenden Erfindung soll unter dem Begriff Elektrochemie (oder auch: Zellchemie) ein chemisches Reaktionssystem einschließlich der Reaktionsteilnehmer verstanden werden, welches der Funktion eines elektrochemischen Energiespeichers zugrundeliegt.

Besonders vorzugsweise beruht die Funktion des ersten Energiespeichers auf einer Lithium-Ionen-Elektrochemie und die Funktion des zweiten Energiespeichers auf einer Blei-Säure-Elektrochemie.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung soll unter dem Begriff Lithium-Ionen-Elektrochemie eine Elektrochemie im oben definierten Sinne verstanden werden, die chemisch und physikalisch als Grundlage der Funktion eines Lithium-Ionen-Akkumulators in Betracht kommen kann. Wichtige Beispiele für eine solche Elektrochemie sind insbesondere die Reaktionssysteme von Lithium-Polymer-Akkumulatoren, Lithium-Cobaltdioxid-Akkumulatoren, Lithium-

Titanat-Akkumulatoren, Lithium-Luft-Akkumulatoren, Lithium-Mangan-Akkumulatoren, Lithium-Eisenphosphat-Akkumulatoren Zinn-Schwefel-Lithium-Ionen-Akkumulatoren.

- 5 Im Sinne der vorliegenden Erfindung soll unter dem Begriff Blei-Säure-Elektrochemie eine Elektrochemie im oben definierten Sinne verstanden werden, die chemisch und physikalisch als Grundlage der Funktion eines Blei-Säure-Akkumulators in Betracht kommen kann.
- 10 Vorzugsweise ist wenigstens einer der, besonders vorzugsweise wenigstens ein erster Energiespeicher in einer erfindungsgemäßen Anordnung ein Hochenergiespeicher, dessen Energiespeicherkapazität größer oder auch wesentlich größer ist als die Energiespeicherkapazität wenigstens eines anderen Energiespeichers in dieser erfindungsgemäßen Anordnung. Vorzugsweise ist
- 15 wenigstens ein weiterer, besonders vorzugsweise wenigstens ein zweiter Energiespeicher in einer solchen erfindungsgemäßen Anordnung ein Hochleistungsenergiespeicher, dessen Leistungsabgabevermögen größer oder auch wesentlich größer ist als das Leistungsabgabevermögen wenigstens eines anderen Energiespeichers in dieser erfindungsgemäßen Anordnung.
- 20 Die Erfindung sieht ein Verfahren vor zur Steuerung wenigstens eines der Energieströme in bzw. aus dem ersten und dem zweiten Energiespeicher einer derartigen Anordnung von elektrochemischen Energiespeichern in der Weise, dass eine Schädigung oder Überlastung des ersten Energiespeichers unter
- 25 Inkaufnahme einer Schädigung oder Überlastung des zweiten Energiespeichers vermieden oder gemindert werden kann.
- Vorzugsweise ist das Verfahren derart ausgestaltet, dass Energieaustauschprozesse, die mit Speicherzyklen mit geringerer Tiefe verbunden sind, bevorzugt
- 30 den ersten Energiespeicher betreffen, wogegen Energieaustauschprozesse, die mit Speicherzyklen mit größerer Tiefe verbunden sind, bevorzugt den zweiten Energiespeicher betreffen.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung soll unter einem Zyklus oder Speicherzyklus oder Lade-Entlade-Zyklus ein Vorgang aus zwei aufeinanderfolgenden Schritten verstanden werden, in dessen erstem Schritt einem elektrochemischen Energiespeicher Energie entnommen bzw. zugeführt wird, und in dessen darauffolgendem Schritt diesem elektrochemischen Energiespeicher Energie zugeführt bzw. entnommen wird. Im Fall der Entnahme von Energie spricht man von Entladung, im anderen Fall der Energiezufuhr von Ladung oder Aufladung. Da die hierbei auftretenden Energieströme stets mit elektrischen Strömen verbunden sind, fließen hierbei stets auch elektrische Ladungen zwischen den beteiligten Systemen. Während der Ladung eines elektrochemischen Energiespeichers steigt die Spannung zwischen seinen Elektroden zunächst an bis sie sich asymptotisch einem konstanten Spannungswert nähert, der auch als Ladeschlussspannung bezeichnet wird, oder gar wieder abnimmt. Die Ladeschlussspannung beträgt bei 20° C für einen Blei-Akku etwa 2,42 V/Zelle, für einen NiCd/NiMH-Akku etwa 1,4 V/Zelle, für einen Lithium-Ionen-Akku (LiCoO₂) 4,1 V/Zelle, für einen Lithium-Polymer-Akku (LiPo) 4,2 V/Zelle und für einen Lithium-Eisenphosphat-Akku (LiFePO₄) 4,0 V/Zelle. Bevorzugt wird hierbei das sog. IU-Ladeverfahren verwendet, das auch CCCV für *constant current constant voltage* genannt wird. In der ersten Phase der Ladung wird mit einem konstanten, durch das Ladegerät begrenzten Strom geladen. Gegenüber dem reinen Konstantspannungs-Ladeverfahren wird so eine Begrenzung des sonst hohen Anfangsladestroms bewirkt. Bei Erreichen der gewählten Ladeschlussspannung am Akku wird von Strom- auf Spannungsregelung umgeschaltet und in der zweiten Ladephase mit konstanter Spannung weiter geladen, dabei sinkt mit zunehmendem Ladestand des Akkus der Ladestrom selbsttätig ab. Als Kriterium für die Beendigung der Ladung kann bei Blei- und Li-Ionen-Akkus die Unterschreitung eines gewählten minimalen Ladestroms angewendet werden. Die Tiefe der Aufladung hängt somit von der gewählten Ladeschlussspannung ab.

Die Entladeschlussspannung ist die Spannung, bei der die Entladung einer Batterie beziehungsweise eines Akkumulators (Akkus) beendet wird. Üblicherweise wird die Entladeschlussspannung als die Spannung definiert, unterhalb der einem elektrochemischen Energiespeicher keine für die jeweilige

5 Anwendung nutzbare Energie mehr entnommen werden kann. Je niedriger die Entladeschlussspannung, desto mehr Energie kann die Batterie beziehungsweise der Akkumulator liefern. Liegt jedoch die Abschaltspannung des Verbrauchers über der Entladeschlussspannung des Akkus, so wird der Akku gar nicht komplett entladen und die Restkapazität des Akkus liegt brach und

10 kann vom Verbraucher nicht verwertet werden.

Bei Akkumulatoren und Akkupacks bezeichnet Entladeschlussspannung auch die Spannung, bis zu der sie entladen werden dürfen, ohne Beschädigungen zu riskieren. Wird die Entladeschlussspannung unterschritten (sog. Tiefentladung),

15 kann es bei verschiedenen Systemen (beispielsweise bei einem Bleiakkumulator, einem Nickel-Cadmium-Akku oder einem Nickel-Metallhydrid-Akku) zur Beeinträchtigung der Wiederaufladbarkeit kommen. Der Entladungsgrad, engl. depth of discharge (DoD), wird in Prozent angegeben. Bei den meisten Akkus verlängert sich die Lebensdauer mit verringerter Ladungstiefe und entsprechend erhöhter Ladungsfrequenz. Vorzugsweise werden Li-

20 Ionenakkus nicht tiefer als 30 % entladen.

Entspricht die beim Aufladen zugeführte Energie der beim Entladen entnommenen Energie, spricht von einem Zyklus oder Speicherzyklus oder Lade-

25 Entlade-Zyklus. Der Betrag dieser Energie ist ein Maß für die sogenannte Zyklustiefe. Je größer die Zyklustiefe, desto größer ist im Allgemeinen, insbesondere oberhalb einer von der Elektrochemie und der Bauart des Energiespeichers abhängigen Schwelle für die Zyklustiefe, die mit dem Zyklus verbundene Belastung des Energiespeichers. Entsprechend steigt die

30 Wahrscheinlichkeit für eine Beschädigung und/oder Alterung des Energiespeichers im Allgemeinen mit der Zyklustiefe. Will man eine Schädigung oder das Risiko einer Schädigung eines Energiespeichers vermeiden oder ver-

mindern, wählt man die Zyklustiefe dementsprechend eher nicht zu groß, vorzugsweise kleiner oder wesentlich kleiner als die maximal mögliche Zyklustiefe.

5 Treten im Zusammenhang mit der Anwendung einer erfindungsgemäßen Anordnung elektrochemischer Energiespeicher Situationen auf, in denen die Natur der Anwendung eine Anzahl von Zyklen mit unterschiedlicher, beispielsweise statistisch verteilter Zyklustiefe erfordert, dann sieht die Erfindung vorzugsweise vor, die Energieströme derart zu steuern, dass zu schützende
10 Energiespeicher von den möglicherweise weniger häufigen Zyklen mit größerer Zyklustiefe weniger als andere Energiespeicher der Anordnung oder gar nicht betroffen sind. Vorzugsweise wird der Energiestrom zwischen einem (vor Schädigung oder Überlastung) zu schützenden Energiespeicher und einer Energiequelle oder Energiesenke vor oder bei Erreichen der Ladeschluss-
15 spannung bzw. der Entladeschlussspannung vermindert oder gar unterbrochen. Um die Anforderungen der gewählten Anwendung dennoch nach Möglichkeit erfüllen zu können, wird der Energiestrom zwischen wenigstens einem anderen Energiespeicher und einer Energiequelle oder Energiesenke in dieser Situation bei Bedarf erhöht oder gemäß den Anforderungen der gewählten Anwendung
20 angepasst.

Vorzugsweise ist eine erfindungsgemäße Anordnung aus Batterien oder Modulen aufgebaut und weist vorzugsweise eine Blei-Batterie und eine Lithium-Ionen-Batterie auf, wobei die Blei-Batterie notfalls vorzugsweise Ströme, also
25 elektrische Ströme und/oder Energieströme, aus der Lithium-Ionen Batterie aufnimmt und diese Ströme in einem sicheren Betriebsfenster hält. Dies geschieht vorzugsweise derart, dass jeweils nur eine statistisch wahrscheinliche Fehlleistung von Modulen aufgefangen wird oder werden kann, beispielsweise pro 500 Ah der Lithium-Ionen Batterie 100 Ah der Blei-Batterie bzw. pro 500 Ah
30 der Lithium-Ionen Batterie 350 Ah der Blei-Batterie, wobei Verhältnis auch umgekehrt sein kann, solange sichergestellt ist, das etwa ein Überladungsstrom von der Lithium-Ionen Batterie weg und hin zur der Blei-Batterie geleitet wird.

Vorzugsweise geschieht dies durch Schalter, MOSFETs und ein intelligentes Batteriemangement-System.

5 Eine Blei-Batterie kann eine mögliche Überladung durch im Vergleich zu einer Lithium-Ionen-Batterie verhältnismäßig gut verarbeiten. Sie kann daher als Opferbatterie dienen, wenn hierdurch eine Schädigung oder Alterung der Lithium-Ionen-Batterie vermieden oder verhindert werden kann. Mit dieser Strategie gelingt eine bedeutende Verlängerung der Lebensdauer der Lithium-Ionen-Batterie, und zwar auch dann, wenn diese chemisch mit einem
10 sogenannten Redox-Shuttle ausgestattet ist, weil diese eine begrenzte Betriebs- oder Lebensdauer haben oder weil die Betriebseigenschaften letztlich auch die Energiedichte vermindern.

Vorzugsweise wird durch diese Strategie der Umleitung von Strömen zwischen
15 den Energiespeichern, vorzugsweise von der Lithium-Ionen-Batterie weg und hin zu der Blei-Batterie, insbesondere auch die Ladeschlussspannung der Lithium-Ionen-Batterie reduziert, was insbesondere bei Anwendungen im Zusammenhang mit Photovoltaik-Energiequellen (sog. Solarzyklen) die Lebensdauer der Lithium-Ionen-Batterie erheblich verlängert.

20 Bei Testreihen, insbesondere innerhalb eines Projekts zur Hybridisierung von Lithium-Batterien in stationären Anwendungen mit fluktuierendem Betrieb) konnte als Ergebnis der Zellauswahl eine Lithium-Ionen-Zelle identifiziert werden, die eine für die betrachtete Anwendung mit dem Ziel, Lithium-Ionen-
25 Batterien in das Anwendungsfeld stationärer Inselssysteme zu integrieren, erforderlich hohe Zyklenzahl aufweist. Bei einer geringen Zyklisierungstiefe (20% DOD) war nach 7000 Zyklen noch immer eine Kapazität von nahezu 100% verfügbar. Auch bei einer Zyklisierung von ca. 50% DOD wurden noch gute Werte erreicht. Auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Untersuchungen und
30 von Simulationen wurde ein Energiemanagementalgorithmus entwickelt, der die „Zykluslast“ oder einen großen Teil der Zyklen auf das Lithium-Ionen-Speichersystem und die noch verbleibenden wenigen, jedoch tieferen Zyklen auf das

Blei-Speichersystem verteilt. Auf diese Weise konnten durch die Hybridisierung die Vorteile der Lithium-Batterie und der Bleibatterie unter Vermeidung von deren Nachteilen miteinander kombiniert werden.

5 Im Folgenden wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele und mit Hilfe der Figuren näher beschrieben.

Dabei zeigt

10 Fig. 1 eine erfindungsgemäße Anordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Anordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

15

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Anordnung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

20 Fig. 4 eine erfindungsgemäße Anordnung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Das in Fig. 1 gezeigte Ausführungsbeispiel der Erfindung sieht eine Energiequelle ES und eine Energiesenke ED vor, die über eine Einrichtung SE zur Steuerung der Energieströme S1, S2 und S12 mit einem ersten elektrochemischen Energiespeicher E1 und mit einem zweiten elektrochemischen Energiespeicher E2 derart zusammengeschaltet ist, dass ein von der Energiequelle ES abgegebener Energiestrom von den Energiespeichern E1 und/oder E2 aufgenommen werden kann, wodurch diese geladen werden. Da die Aufladung der Energiespeicher durch elektrischen Energietransport erfolgt, sind mit den Energieströmen elektrische Ströme verbunden, deren Größe bei gegebenen Energieströmen von den herrschenden elektrischen Spannungen abhängt. Die Energiequelle kann ein öffentliches Versorgungsnetz, ein

25

30

Generator, eine photovoltaische Anlage oder eine andere Energiequelle sein. Die Energiesenke kann ein Verbraucher, ein öffentliches Versorgungsnetz oder eine andersartige Energiesenke sein.

5 Der innere Aufbau der Einrichtung SE zur Steuerung der Energieströme und die Beziehung der Energieströme S1, S2 und S12 sind in Fig. 1 nur symbolisch dargestellt, da die tatsächlichen Beziehungen je nach der konkreten Ausgestaltung der Ausführungsform recht kompliziert sein können. Alle bevorzugten Ausgestaltungen haben dabei aber gemeinsam, dass die Einrichtung SE die
10 Energieströme, insbesondere die elektrischen Ströme in der Weise steuert, dass ein durch die jeweils herrschende Situation der betrachteten Anwendung gegebener Energiestrom zwischen der Energiequelle und/oder der Energiesenke vereinbar ist mit den Strömen S1, S2 und S12 und dass außerdem diese Ströme, insbesondere der Strom S1 so gesteuert wird, dass eine Schädigung
15 des Energiespeichers E1 insbesondere durch eine Überlastung nach Möglichkeit vermieden oder vermindert wird, falls notwendig unter Inkaufnahme einer vorzugsweise zeitweiligen Überlastung oder gar Schädigung des Energiespeichers E2.

20 Um die Erfindung an einem Beispiel zu erläutern, sei angenommen, dass die Energiesenke ED der elektrische Antrieb eines Fahrzeugs, insbesondere eines Elektroautos, ist. Die Energiequelle ES sei ein Verbrennungsmotor, der zeitweise in Betrieb genommen wird, um die Energiespeicher E1 und E2 aufzuladen. Der Energiespeicher E1 sei ein aus einer Mehrzahl von Li-Ionen-Zellen
25 aufgebauter Li-Ionen-Akkumulator mit einer im Vergleich zu der Kapazität des Energiespeichers E2 hohen Speicherkapazität. Der Energiespeicher E2 sei eine Blei-Batterie.

30 Fordert nun der Antrieb ED in einer Situation, in der der Energiespeicher E1 bereits stark entladen ist, einen Energiestrom an, welcher zu einer Überlastung (Tiefentladung) des Energiespeichers E1 führen würde, falls dieser Energiestrom ausschließlich durch E1 bereitgestellt würde, dann steuert die Einrichtung

SE die Energieströme S1 und S2 so, dass S1 auf Werte begrenzt wird, die eine Überlastung von E1 vermeiden oder vermindern. Dabei wird möglicherweise eine Tiefentladung von E2 in Kauf genommen. Eine damit möglicherweise verbundenen Schädigung von E2 führt zu geringeren Kosten als eine Schädigung von E1 und kann daher hingenommen werden.

Ist in einer anderen Situation, in welcher der Energiespeicher E1 bereits nahezu voll geladen ist, das Energieangebot der Energiequelle ES zeitweilig so hoch, dass eine Speicherung dieser Energieströme in E1 zu einer Überlastung (Überladung) von E1 führen würde und soll aber diese Energie nicht ungenutzt bleiben, dann steuert die Einrichtung SE die Energieströme S1 und S2 so, dass S1 auf Werte begrenzt wird, die eine Überlastung von E1 vermeiden oder vermindern. Dabei wird möglicherweise eine Überladung von E2 in Kauf genommen. Eine damit möglicherweise verbundenen Schädigung von E2 führt zu geringeren Kosten als eine Schädigung von E1 und kann daher hingenommen werden.

Derartige Situationen treten insbesondere im Zusammenhang mit Lade- und Entladezyklen auf, deren Zyklustiefe, vorzugsweise charakterisiert durch die damit verbundenen Lade- und/oder Entladeschlussspannungen der daran beteiligten Energiespeicher bzw. der sie konstituierenden Zellen, statistisch verteilt ist. Je nach dem Anwendungszusammenhang kommen unterschiedliche statische Verteilungen von Zyklustiefen in Betracht. In diesen Fällen wird die Einrichtung SE die Energieströme derart steuern, dass Zyklen mit einer kleinen Zyklustiefe bevorzugt durch Energieströme von und zu dem Energiespeicher E1 bewältigt werden, wogegen Zyklen mit einer großen Zyklustiefe bevorzugt durch Energieströme von und zu dem Energiespeicher E1 bewältigt werden. Hierzu werden vorzugsweise für jeden Energiespeicher Grenzwerte der ihn charakterisierenden Parameter, vorzugsweise der Lade- und Entladeschlussspannungen, der Betriebstemperaturen, etc. festgelegt, die nicht überschritten bzw. unterschritten werden sollen oder dürfen. Besonders vorzugsweise werden Zielfunktionen festgelegt, welche ein Maß für die Belastung, Überlastung

und/oder Schädigung, insbesondere die Alterung eines oder mehrerer
Energiespeicher oder für die mit diesen Energiespeichern verbundene
Betriebsgefahr darstellen. Diese Zielfunktionen werden durch die Einrichtung SE
vorzugsweise optimiert, um so das Ziel einer Vermeidung oder Verminderung
5 von Überlastungen und/oder Schädigungen zu erreichen.

Moderne elektrochemische Energiespeicher verfügen häufig über eine
Batteriemanagementsysteme (kurs: BMS), also über elektronische Schaltungen,
die zur Überwachung und Regelung eines Akkumulatorsystems, d.h. einer
10 Zusammenschaltung mehrerer Akkuzellen zu einer Batterie, dienen. Das BMS
soll dabei unvermeidbare fertigungsbedingte Streuungen verschiedener
Parameter der Akkuzellen, etwa der Kapazität und der Leckströme, erkennen,
überwachen und ausregeln. BMS finden sich in unterschiedlichsten Zusammen-
schaltungen von Akkumulatorzellen, beispielsweise in Traktionsbatterien von
15 Elektroautos, in Notstromsystemen (sog. USV) oder auch in Notebooks. Eine
einfache Form eines BMS für wenige Zellen ist ein Laderegler. Fortgeschrittene
BMS verfügen jedoch oft über komplexe Steuerungen, die eine Vielzahl
Akkumulatorzellen überwachen und Informationen über deren Zustand bereit-
stellen. Ziel ist u.a. die Überwachung des Ladezustandes, der bei vielen
20 Akkumulatortypen nur schwierig zu bestimmen ist. Besondere Bedeutung hat ein
Batteriemanagementsystem im Zusammenhang mit Akkumulatoren auf Lithium-
basis, bei denen auch die Einzelzellen überwacht werden müssen.

Bleiakkumulatoren mit einer Zellspannung von 2 V/Zelle haben eine einfache
25 Ladekennlinie und sind relativ robust gegen Überladung. Die nicht speicherbare
Energie wird in Wärme umgesetzt. Bei gebräuchlichen Bleibatterien mit 3, 6, 12
Zellen (6, 12, 24 V) wird daher meist auf ein BMS verzichtet. Bei einem Einsatz
als Traktionsbatterie macht sich durch das zyklische Laden /Entladen das
Fehlen eines BMS im Auseinanderdriften der Zellen und Blöcke bemerkbar. Dies
30 führt zu einer möglichen Tiefentladung und in der Folge zu einem möglichen
Ausfall der defekten Zellen.

Akkumulatoren auf Lithiumbasis haben eine einfache, proportionale Ladekennlinie, ähnlich der Ladekennlinie von Bleiakkulatoren. Sie reagieren aber - anders als Bleiakkulatoren - sehr empfindlich auf eine Über- bzw. Unter-
spannung. Insbesondere in einer Reihenschaltung mehrerer Zellen ist eine
5 Überwachung des Ladezustands dieser Zellen sehr wichtig, um einen vor-
zeitigen Ausfall oder eine Überhitzung bei Überladung wirksam zu verhindern.
Bei einem Einsatz der BMS bei Lithium-Ionen-Akkus kommt neben der
Temperaturkontrolle, der Diagnose und der Ladezustandsermittlung daher vor
allem die Ladungs- und Entladungs-Steuerung und die Balancierung, also der
10 Angleichung von ungleichen Ladungszuständen der Einzelzellen einer Batterie.

In den Fig. 2, 3 und 4 sind Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch
dargestellt, in denen Batteriemanagementsysteme MS1 und MS2 das Batterie-
management der Energiespeicher E1 bzw. E2 übernehmen. Diese Batterie-
15 managementsysteme MS1 und MS2 können als diskrete Bestandteile einer
erfindungsgemäßen Anordnung gem. Fig. 2 oder als integrierte Bestandteile der
Energiespeicher oder der Einrichtung SE zur Steuerung der Energieströme
ausgeführt sein. Weitere, in den Fig. 1 bis 4 nicht dargestellte Ausführungs-
formen kann der Fachmann anhand der vorliegenden Beschreibung leicht selbst
20 auffinden. Eine Integration einzelner oder aller BMS in die Einrichtung SE zur
Steuerung der Energieströme ist mit dem Vorteil verbunden, dass
Kommunikationskanäle zur Übertragung von Signalen zwischen den BMS und
der Einrichtung SE zur Steuerung der Energieströme zur Realisierung einer
abgestimmten Steuerung auf einfache Weise, insbesondere ohne zusätzliche
25 Signalübertragungseinrichtungen zwischen den BMS MS1 und MS2 und der
Einrichtung SE zur Steuerung der Energieströme realisiert werden können.

Bezugszeichenliste

| | | |
|----|-----|--|
| | E1 | erster elektrochemischer Energiespeicher |
| 5 | E2 | zweiter elektrochemischer Energiespeicher |
| | SE | Einrichtung zur Steuerung von Energieströmen |
| | ES | Energiequelle |
| | ED | Energiesenke, Verbraucher |
| | MS1 | erstes Batteriemanagementsystem |
| 10 | MS1 | zweites Batteriemanagementsystem |

Patentansprüche

1. Anordnung elektrochemischer Energiespeicher, aufweisend:
 - a) wenigstens einen ersten wieder aufladbaren elektrochemischen Energiespeicher (E1) und wenigstens einen zweiten wieder aufladbaren elektrochemischen Energiespeicher (E2), wobei der erste und der zweite Energiespeicher derart zusammengeschaltet sind, dass beide Energiespeicher über Energieströme (S1, S2, S12) untereinander und mit wenigstens einer externen Energiequelle (ES) und bzw. oder mit wenigstens einer externen Energiesenke (ED) Energie austauschen können;
 - b) eine Einrichtung (SE) zur Steuerung wenigstens eines der Energieströme (S1, S2, S12) in bzw. aus dem ersten (E1) und dem zweiten (E2) Energiespeicher in der Weise, dass eine Schädigung oder Überlastung des wenigstens einen ersten Energiespeichers (E1) unter Inkaufnahme einer Schädigung oder Überlastung des wenigstens einen zweiten Energiespeichers (E2) vermieden oder gemindert werden kann.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktion des ersten Energiespeichers (E1) auf einer ersten Elektrochemie beruht, die verschieden ist von der zweiten Elektrochemie, auf welcher die Funktion des zweiten Energiespeichers (E2) beruht.
3. Anordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktion des ersten Energiespeichers (E1) auf einer Lithium-Ionen-Elektrochemie und dass die Funktion des zweiten Energiespeichers (E2) auf einer Blei-Säure-Elektrochemie beruht.

4. Verfahren zur Steuerung wenigstens eines der Energieströme (S1, S2, S12) in bzw. aus dem ersten und dem zweiten Energiespeicher einer Anordnung von elektrochemischen Energiespeichern (E1, E2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche in der Weise, dass eine
- 5 Schädigung oder Überlastung des ersten Energiespeichers (E1) unter Inkaufnahme einer Schädigung oder Überlastung des zweiten Energiespeichers (E2) vermieden oder gemindert werden kann.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Energieaustauschprozesse, die mit Speicherzyklen mit geringerer Tiefe verbunden sind, bevorzugt den ersten Energiespeicher (E1) betreffen, wogegen Energieaustauschprozesse, die mit Speicherzyklen mit größerer Tiefe verbunden sind, bevorzugt den zweiten Energiespeicher (E2) betreffen.
- 10
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** Speicherzyklen mit einem Entladungsgrad bis auf eine Restladung unterhalb von 20% der Voolladung bevorzugt den ersten Energiespeicher (E1) betreffen, wogegen Energieaustauschprozesse, die mit Speicherzyklen mit größerer Tiefe verbunden sind, bevorzugt den zweiten Energiespeicher (E2) betreffen.
- 15
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** Speicherzyklen mit einem Entladungsgrad bis auf eine Restladung unterhalb von 30% der Voolladung bevorzugt den ersten Energiespeicher (E1) betreffen, wogegen Energieaustauschprozesse, die mit Speicherzyklen mit größerer Tiefe verbunden sind, bevorzugt den zweiten
- 20 Energiespeicher (E2) betreffen.
- 25
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** Speicherzyklen mit einem Entladungsgrad bis auf eine Restladung

unterhalb von 40% der Vollladung bevorzugt den ersten Energiespeicher (E1) betreffen, wogegen Energieaustauschprozesse, die mit Speicherzyklen mit größerer Tiefe verbunden sind, bevorzugt den zweiten Energiespeicher (E2) betreffen.

- 5 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,**
dass Speicherzyklen mit einem Entladungsgrad bis auf eine Restladung
unterhalb von 50% der Vollladung bevorzugt den ersten Energiespeicher
(E1) betreffen, wogegen Energieaustauschprozesse, die mit Speicher-
zyklen mit größerer Tiefe verbunden sind, bevorzugt den zweiten
10 Energiespeicher (E2) betreffen.
10. Einrichtung (SE) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der
Verfahrensansprüche 4 bis 9.

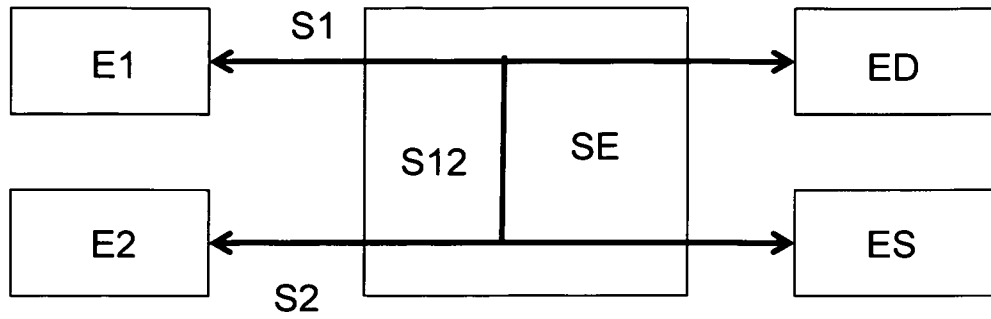


Fig. 1

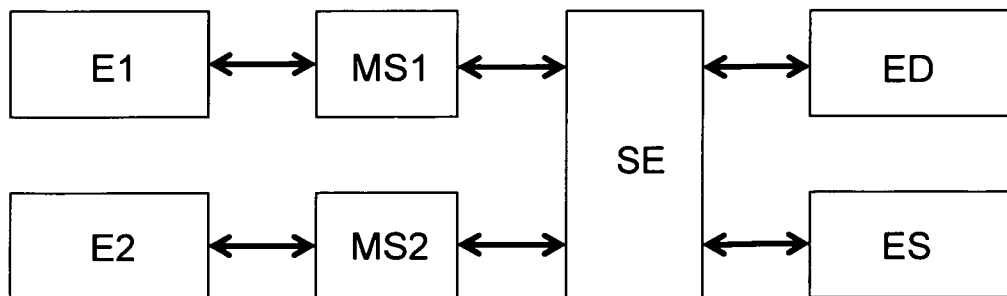


Fig. 2

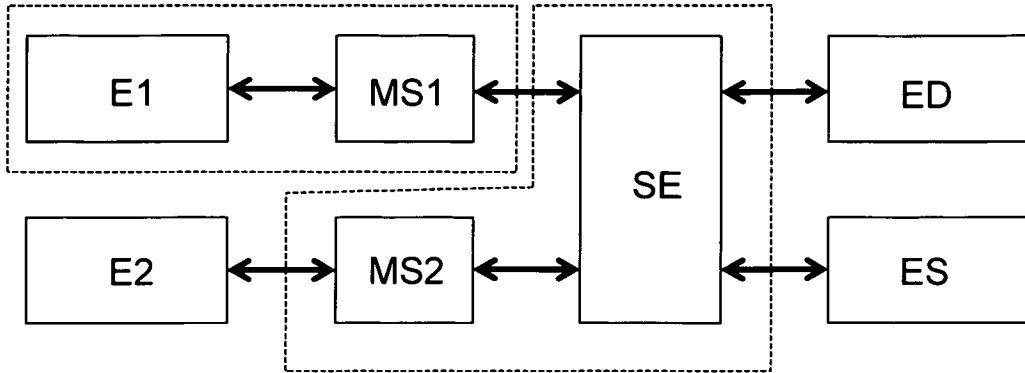


Fig. 3

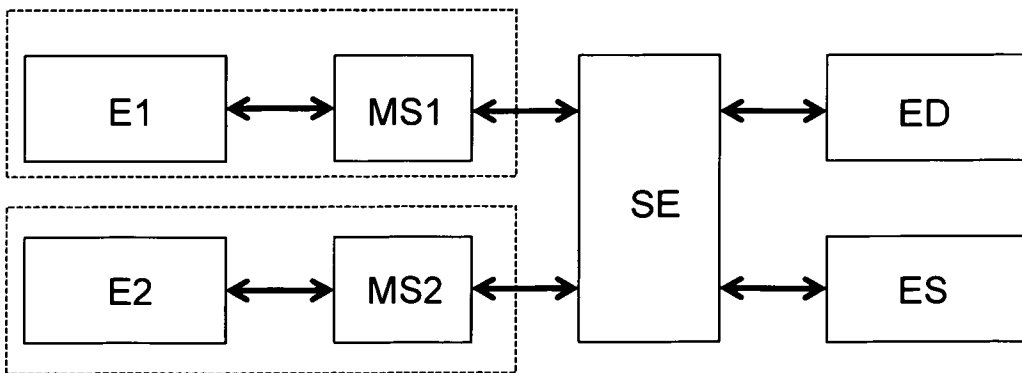


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/001857

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H01M16/00 H01M10/42 H01M10/44 B60L11/18 H02J7/00
 H02J7/34
 ADD. H01M10/052 H01M10/06
 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 B60L H02J

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X A | US 2002/145404 A1 (DASGUPTA SANKAR [CA] ET AL) 10 October 2002 (2002-10-10) figures 1,2 paragraph [0015] paragraph [0019] paragraph [0039] paragraph [0043] - paragraph [0045] ----- | 1-4,10 5-9 |
| X | US 2009/317696 A1 (CHANG CHIH-PENG [TW]) 24 December 2009 (2009-12-24) figures 2-4 paragraph [0007] - paragraph [0008] paragraph [0015] paragraph [0016] ----- -/-- | 1-4,10 |

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 29 August 2013 | Date of mailing of the international search report 05/09/2013 |
| Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | Authorized officer Maxisch, Thomas |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/001857

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|--|-----------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| X | US 2009/015193 A1 (ESAKA TOSHINORI [JP] ET AL) 15 January 2009 (2009-01-15) | 1-4,10 |
| A | figures 2-4 paragraph [0009] - paragraph [0011] paragraph [0015] - paragraph [0016] paragraph [0027] paragraph [0031] - paragraph [0039] ----- | 5-9 |
| X | DE 603 00 513 T2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 23 February 2006 (2006-02-23) paragraphs [0004], [0005]; figures 1-2 paragraph [0007] - paragraph [0013] paragraph [0018] paragraph [0028] paragraph [0033] - paragraph [0037] paragraph [0045] paragraph [0049] ----- | 1-4,10 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/001857

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|-----------------------------|
| US 2002145404 | A1 | 10-10-2002 | CA 2343489 A1 05-10-2002 |
| | | | EP 1775154 A2 18-04-2007 |
| | | | US 2002145404 A1 10-10-2002 |
| ----- | | | |
| US 2009317696 | A1 | 24-12-2009 | NONE |
| ----- | | | |
| US 2009015193 | A1 | 15-01-2009 | CN 101160688 A 09-04-2008 |
| | | | EP 1868839 A1 26-12-2007 |
| | | | JP 2006304393 A 02-11-2006 |
| | | | US 2009015193 A1 15-01-2009 |
| | | | WO 2006112510 A1 26-10-2006 |
| ----- | | | |
| DE 60300513 | T2 | 23-02-2006 | CN 1440892 A 10-09-2003 |
| | | | DE 60300513 D1 25-05-2005 |
| | | | DE 60300513 T2 23-02-2006 |
| | | | EP 1340908 A1 03-09-2003 |
| | | | JP 3812459 B2 23-08-2006 |
| | | | JP 2003254208 A 10-09-2003 |
| | | | US 2003160510 A1 28-08-2003 |
| ----- | | | |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01M16/00 H01M10/42 H01M10/44 B60L11/18 H02J7/00
 H02J7/34
 ADD. H01M10/052 H01M10/06
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTER GEBIETE
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01M B60L H02J

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

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X | US 2002/145404 A1 (DASGUPTA SANKAR [CA] ET AL) 10. Oktober 2002 (2002-10-10) | 1-4,10 |
| A | Abbildungen 1,2 Absatz [0015] Absatz [0019] Absatz [0039] Absatz [0043] - Absatz [0045] | 5-9 |
| X | US 2009/317696 A1 (CHANG CHIH-PENG [TW]) 24. Dezember 2009 (2009-12-24) Abbildungen 2-4 Absatz [0007] - Absatz [0008] Absatz [0015] Absatz [0016] | 1-4,10 |
| | ----- -/-- | |

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

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

| | |
|---|--|
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts |
| 29. August 2013 | 05/09/2013 |

| | |
|--|--|
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | Bevollmächtigter Bediensteter Maxisch, Thomas |
|--|--|

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
|---|---|--------------------|
| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| X | US 2009/015193 A1 (ESAKA TOSHINORI [JP] ET AL) 15. Januar 2009 (2009-01-15) | 1-4,10 |
| A | Abbildungen 2-4 Absatz [0009] - Absatz [0011] Absatz [0015] - Absatz [0016] Absatz [0027] Absatz [0031] - Absatz [0039] ----- | 5-9 |
| X | DE 603 00 513 T2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 23. Februar 2006 (2006-02-23) Absätze [0004], [0005]; Abbildungen 1-2 Absatz [0007] - Absatz [0013] Absatz [0018] Absatz [0028] Absatz [0033] - Absatz [0037] Absatz [0045] Absatz [0049] ----- | 1-4,10 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/001857

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|---|--|
| US 2002145404 A1 | 10-10-2002 | CA 2343489 A1 EP 1775154 A2 US 2002145404 A1 | 05-10-2002 18-04-2007 10-10-2002 |
| US 2009317696 A1 | 24-12-2009 | KEINE | |
| US 2009015193 A1 | 15-01-2009 | CN 101160688 A EP 1868839 A1 JP 2006304393 A US 2009015193 A1 WO 2006112510 A1 | 09-04-2008 26-12-2007 02-11-2006 15-01-2009 26-10-2006 |
| DE 60300513 T2 | 23-02-2006 | CN 1440892 A DE 60300513 D1 DE 60300513 T2 EP 1340908 A1 JP 3812459 B2 JP 2003254208 A US 2003160510 A1 | 10-09-2003 25-05-2005 23-02-2006 03-09-2003 23-08-2006 10-09-2003 28-08-2003 |