

(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
26. Januar 2012 (26.01.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/010288 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01M 10/50 (2006.01) *H01M 10/44* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/003599
- (22) Internationales Anmeldedatum:
19. Juli 2011 (19.07.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2010 032 088.9 23. Juli 2010 (23.07.2010) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DAIMLER AG** [DE/DE]; Mercedesstrasse 137, 70327 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WALTER, Markus** [DE/DE]; Kaisersrain 8, 72581 Dettingen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD FOR HEATING A BATTERY SYSTEM

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BEHEIZEN EINES BATTERIESYSTEMS

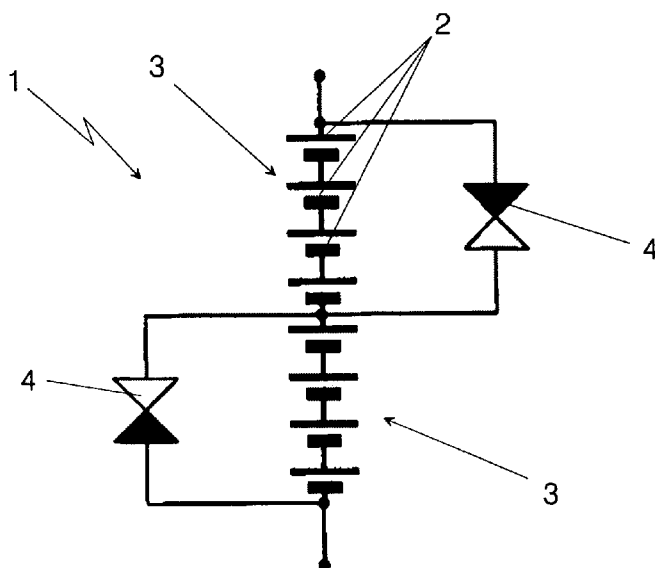


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for heating a battery system (1) comprising at least two batteries or battery sections (3), wherein the heating of the battery system (1) is carried out by the alternating charging and discharging of the battery system (1) with an alternating current. The application of the alternating current is executed in a phase-shifted manner for one battery or battery section (3) with respect to the application of alternating current for the other battery or the other battery section (3). The alternating currents are phase-shifted such that an at least approximately constant voltage is made available by the battery system (1) even during heating.

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren dient zum Beheizen eines Batteriesystems (1) mit wenigstens zwei Batterien oder Batterieabschnitten (3), wobei die Beheizung des Batteriesystems (1) durch das abwechselnde Laden und Entladen des Batteriesystems (1) mit einem Wechselstrom erfolgt. Die Beaufschlagung mit

dem Wechselstrom ist für die eine Batterie oder den einen Batterieabschnitt (3) phasenversetzt zur Beaufschlagung mit Wechselstrom der anderen Batterie oder des anderen Batterieabschnitts (3). Die Wechselströme sind so phasenversetzt, dass mit dem Batteriesystem (1) auch während des Beheizens eine zumindest annähernd konstante Spannung bereitgestellt wird.

WO 2012/010288 A2

Verfahren zum Beheizen eines Batteriesystems

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beheizen eines Batteriesystems nach der im Oberbegriff von Anspruch 1 näher definierten Art.

Batteriesysteme aus einer oder mehreren Batterien beziehungsweise einem oder mehreren Batterieabschnitten beziehungsweise Batteriemodulen sind aus dem allgemeinen Stand der Technik bekannt. Diese Batterien umfassen dabei typischerweise in jeder der Batterien beziehungsweise deren Batterieabschnitten eine oder mehrere Batterieeinzelzellen, welche zu der Batterie oder dem batterieabschnitt typischerweise in Reihe verschaltet sind. Batterien haben dabei den aus dem allgemeinen Stand der Technik bekannten Nachteil, dass diese, und zwar weitgehend unabhängig von der Technologie, in welcher sie ausgeführt sind, bei sehr niedrigen Temperaturen, beispielsweise Temperaturen deutlich unter dem Gefrierpunkt, eine sehr eingeschränkte Leistungsfähigkeit aufweisen. Um dieser Problematik zu begegnen ist es aus dem allgemeinen Stand der Technik bekannt, dass Batterien beheizt werden können, um auch bei niedrigen und sehr niedrigen Umgebungstemperaturen eine ausreichende Leistungsfähigkeit aufzuweisen.

Aus dem Bereich von Hochleistungsbatterien, wie sie insbesondere für zumindest teilweise elektrisch angetriebene Fahrzeuge eingesetzt werden, ist es außerdem bekannt, dass derartige Batteriesysteme während des regulären Betriebs vergleichsweise viel Abwärme erzeugen und dementsprechend gekühlt werden müssen. Beispiele sind hier insbesondere Nickel-Metall-Hydrid- oder Lithium-Ionen-Batterien, welche über eigene Kühlsysteme mit einem gasförmigen oder insbesondere einem flüssigen Kühlmittel zur Temperierung der batterieeinzelzellen verfügen.

Beim Start von Batterien unter sehr kalten Umgebungsbedingungen, also beispielsweise Umgebungstemperaturen unterhalb des Gefrierpunkts, ist es nun sinnvoll, die Batterie zu beheizen, um schnellstmöglich ihre vollständige Leistungsfähigkeit bereitstellen zu können. Bei Batterien, welche ein Kühlsystem aufweisen, ist es aus dem allgemeinen Stand der Technik bekannt, das zur Kühlung genutztes Medium in diesen Situationen zum Aufheizen der Batterie zu verwenden. Hierfür wird in dem Kühlmedium typischerweise über einen Heizwiderstand oder eine andersartige Beheizung Wärme eingetragen, welche dann, umgekehrt zum Wärmetransport bei der Kühlung, zur Beheizung der Batterie verwendet werden kann.

Nachteilig bei diesen Aufbauten ist es, dass die Wärme aus dem Bereich des Kühlkörpers typischerweise Isolationsstrecken, Teile des Batterie- oder des Einzelzellgehäuses und ähnliche Bereiche passieren muss, bevor die Erwärmung in dem für die Leistungsabgabe relevanten Inneren der Batterieeinzelzellen erfolgt. Aus dieser Problematik ergibt sich der Nachteil einer vergleichsweise schlechten Energieeffizienz, aufgrund der hohen Wärmekapazitäten in einem derartigen Kühlsystem und der besondere Nachteil einer vergleichsweise großen Zeitkonstante, da die Wärme erst über mehrere Schnittstellen hinweg in den Bereich transportiert werden muss, in dem sie letztlich benötigt wird.

Aus den beiden US-Patenten US 6,882,061 B1 und US 6,072,301 A sind alternative Verfahren bekannt, bei denen die Beheizung der Batterie beziehungsweise der Batterieabschnitte durch eine Belastung der Batterie erfolgt. Durch eine solche Belastung der Batterie durch Laden und/oder Entladen wird direkt am Innenwiderstand der einzelnen Batteriezellen eine gewisse Verlustleistung in Form von Wärme frei. Die Wärme entsteht also genau dort wo sie benötigt wird. Die Problematik bei diesen Lösungen besteht nun darin, dass die Batterie durch das Laden und Entladen entsprechend belastet wird und es dadurch zu Schwankungen in der Batteriespannung kommt. Wenn die Batterie während des Beheizens bereits in den regulären Betrieb geht, also eine Nutzleistungsentnahme einem Wechselstrom zum Beheizen der Batterie überlagert ist, dann kann dies zu massiven Nachteilen führen, da Batteriemanagement- und Verbrauchersysteme häufig anhand der Batteriespannung geschaltet beziehungsweise gesteuert sind und so vergleichsweise aufwändige Steuerungen für die Phase der Beheizung eingeplant werden müssen.

Es ist daher die Aufgabe der hier vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Beheizen eines Batteriesystems dahingehend weiterzuentwickeln, dass die oben genannten Nachteile vermieden werden, und ein zuverlässiges, leicht zu beherrschendes Batteriesystem während allen Betriebsphasen bereitsteht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil von Verfahrensanspruch 1 genannten Merkmale gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich dabei aus den abhängigen Unteransprüchen.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht es vor, dass analog zum Stand der Technik die Beheizung des Batteriesystems, welches aus wenigstens zwei Batterien oder zwei Batterieabschnitten besteht, über einen Wechselstrom erfolgt. Die Beaufschlagung mit dem Wechselstrom ist dabei so gestaltet, dass für diese eine Batterie oder den einen Batterieabschnitt phasenversetzt gegenüber dem Wechselstrom für die andere Batterie oder den anderen Batterieabschnitt ausgestaltet ist. Erfindungsgemäß ist die Phasenversetzung dabei so ausgebildet, dass das Batteriesystem auch während der Beheizung eine zumindest annähernd konstante Spannung bereitstellen kann.

Die Lade- und Entladeströme für die einzelnen Batterien oder Batterieabschnitte sind also gegenläufig so zueinander gesteuert, dass das gesamte Batteriesystem nach außen diese Lade- und Entladeströme so weit kompensiert, dass eine konstante Spannung oder eine zumindest annähernd konstante Spannung des Batteriesystems nach außen auch während der Beheizung durch die Wechselströme aufrechterhalten wird.

Ein solches Batteriesystem, bei dem sich die Lade- und Entladeströme der einzelnen Batterien oder Batterieabschnitte im Gesamtsystem kompensieren, hat dabei den entscheidenden Vorteil, dass dieses Batteriesystem nach außen immer und in allen Betriebssituationen eine konstante Spannung bereitstellt, sodass auf eventuelle beheizungsbedingte Spannungsschwankungen in Steuerungs- und Regelsystemen nicht explizit eingegangen werden muss.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht es gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung vor, dass das Laden/Entladen jeder der Batterien oder Batterieabschnitte mittels einer

Belastungseinrichtung erfolgt, wobei im Bereich der Belastungseinrichtung Energie kapazitiv und/oder induktiv zwischengespeichert wird.

Durch dieses kapazitive und/oder induktive Zwischenspeichern der aus der Batterie beziehungsweise dem Batterieabschnitt beim Entladen entnommenen Energie wird diese Energie nicht vergeudet, sondern kann anschließend nach einem Umschalten wieder zum Laden der Batterie beziehungsweise des Batterieabschnitts eingesetzt werden. Der Aufbau ist vergleichsweise energieeffizient, da die gesamte eingesetzte Energie zur Beheizung der einzelnen Batteriezellen an deren inneren Widerständen, wenn man von den eventuellen Wirkungsgraden der Belastungseinrichtung absieht, genutzt wird.

Eine weitere Problematik bei den Aufbauten gemäß dem Stand der Technik besteht nun darin, dass insbesondere bei sehr niedrigen Temperaturen, also beispielsweise Temperaturen deutlich unterhalb des Gefrierpunkts, in den sehr kalten Batterieeinzelzellen der Innenwiderstand sehr stark erhöht ist. Da beim Laden und Entladen der Batterie Grenzspannungen zur Verhinderung der Schädigung der Batterie auch in diesen Situationen eingehalten werden müssen, ergibt sich zusammen mit dem sehr hohen Innenwiderstand der Batterieeinzelzellen bei diesen sehr kalten Temperaturen von zum Beispiel weniger als -10 °C ein vergleichsweise kleiner maximaler Strom, welcher dementsprechend nur sehr gering zur Erwärmung durch Verlustwärme am sehr hohen Innenwiderstand der kalten Batteriezelle beiträgt. Da eine Batterie aber systembedingt neben ihren eigentlichen Innenwiderständen außerdem eine Doppelschichtkapazität aufweist, kann durch eine entsprechend Erhöhung der Frequenz zwischen Laden und Entladen, also einer Erhöhung der Frequenz des Wechselstroms, diese Doppelschichtkapazität, welche typischerweise deutlich kleinere Innenwiderstände aufweist, genutzt werden, um die Batterieeinzelzelle über einen Wechsel aus Laden und Entladen dennoch zu erwärmen. Dafür sind entsprechend hohe Frequenzen des Wechselstroms sehr hilfreich, sodass gemäß einer besonders günstigen und vorteilhaften Weiterbildung der Wechselstrom mit einer Frequenz von mehr als 25 kHz verwendet wird. Eine derartige Frequenz kann in vorteilhafter Weise zu einer Reduktion von Geräuscentwicklungen der Gesamtanordnung und einer Reduktion einer Bauteilgröße von Zwischenspeichern führen. Insbesondere können auch Frequenzen von 100 kHz oder deutlich mehr verwendet werden. Dadurch kann auch bei sehr kalter Batterie aufgrund des sich im Bereich der Doppelschichtkapazität ergebenden Widerstandes eine Beheizung der Batterieeinzelzelle erfolgen. Mit zunehmender Erwärmung lässt der

ohmsche Innenwiderstand der Zelle einen höheren Stromfluss zu und trägt dann zunehmend zur Erwärmung der Batterieeinzelzelle bei.

In einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung wird eine Frequenz von 22 kHz oder deutlich weniger verwendet. Eine derartige Frequenz kann in vorteilhafter Weise zu einer Minimierung der Schaltverluste der Halbleiter führen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Aufbaus ergeben sich aus den restlichen abhängigen Ansprüchen und werden anhand des Ausführungsbeispiels deutlich, welches nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert ist.

Dabei zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Batteriesystems für das erfindungsgemäße Verfahren;
- Fig. 2 eine Darstellung einer Batterieeinzelzelle in ihrem Ersatzschaltbild;
- Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Belastungseinrichtung für das erfindungsgemäße Verfahren;
- Fig. 4 beispielhafte zeitliche Verläufe der Spannung beim erfindungsgemäßen Verfahren;
- Fig. 5 eine erste mögliche Ausführungsform einer Belastungseinrichtung;
- Fig. 6 eine zweite mögliche Ausführungsform einer Belastungseinrichtung;
- Fig. 7 eine dritte mögliche Ausführungsform einer Belastungseinrichtung;
- Fig. 8 einen Aufbau zum Antreiben eines Elektromotors mit einem Batteriesystem, welches das erfindungsgemäße Verfahren in einer ersten Ausführungsform nutzt;
- Fig. 9 einen Aufbau zum Antreiben eines Elektromotors mit einem Batteriesystem, welches das erfindungsgemäße Verfahren in einer zweiten Ausführungsform nutzt; und
- Fig. 10 einen Aufbau zum Antreiben eines Elektromotors mit einem Batteriesystem, welches das erfindungsgemäße Verfahren in einer dritten Ausführungsform nutzt.

In der Darstellung der Figur 1 ist ein Aufbau eines Batteriesystems 1 zu erkennen. Das Batteriesystem 1 weist in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel beispielhaft eine Anzahl von acht Batterieeinzelzellen 2 auf, von welchen hier nur einige mit einem

Bezugszeichen versehen sind. Über einen Anschlusspunkt in der Mitte des Batteriesystems 1 ist dieses in zwei einzelne Batterien beziehungsweise Batterieabschnitte 3 unterteilt. Jeder der Batterieabschnitte 3 ist mit einer symbolisch angedeuteten Belastungseinrichtung 4 verbunden. Die eine Belastungseinrichtung 4 des in der Darstellung der Figur 1 oberen Batterieabschnitts symbolisiert dabei den Zustand des Entladens, während die mit dem unteren Batterieabschnitt 3 verbundene Belastung 4 den Zustand Laden symbolisiert.

In der Darstellung der Figur 2 ist nun der Aufbau einer der Batterieeinzelzellen 2 in einem Ersatzschaltbild zu erkennen. Im Ersatzschaltbild der Batterieeinzelzelle 2 weist diese Batterieeinzelzelle letztlich eine hier mit U_0 bezeichnete Spannungsquelle auf sowie zwei Innenwiderstände 5 und einen die Doppelschichtkapazität symbolisierenden Kondensator 6.

In der Darstellung der Figur 3 ist die bereits aus der Darstellung der Figur 1 durch die symbolische Darstellung bekannte Belastungseinrichtung 4 nochmals gezeigt. Diese ist in der Lage, wie in dem Kasten angedeutet, einen Batteriestrom I_{Batt} bereitzustellen. Der Batteriestrom ist dabei als Wechselstrom, in diesem Fall als Wechselstrom mit einer Rechteckform ausgebildet. Er besteht abwechselnd aus einem oberhalb der Nulllinie liegenden Entladestrom und einem unterhalb der Nulllinie liegenden Ladestrom. Über die Zeit t wechselt der Strom ständig zwischen dem Zustand Laden und Entladen hin und her, wobei ein kompletter Ablauf von Entladen und Laden in einer vergleichsweise kurzen Zeit in der Größenordnung von μs abläuft. Die Frequenz des Wechselstroms I_{Batt} weist damit eine Frequenz in der Größenordnung zwischen 25 kHz bis 1000 kHz auf.

Der über die Belastungseinrichtung 4 auf den jeweiligen Batterieabschnitt 3 einwirkende Wechselstrom dient nun dazu durch das Laden und Entladen der Batterieabschnitte 3 diese entsprechend zu belasten und durch die dabei an ihrem in Widerstand entstehende Verlustwärme eine Beheizung der Batterieabschnitte 3 zu erreichen. Wie aus der Darstellung der Belastungseinrichtungen 4 in Figur 1 zu erkennen ist, soll die dem oberen Batterieabschnitt 3 zugeordnete Belastungseinrichtung 4 dabei die Batterie entladen, während die dem unteren Batterieabschnitt 3 zugeordnete Belastungseinrichtung 4 diesen Batterieabschnitt lädt. Nach einer gewissen Zeitspanne wechseln beide Belastungseinrichtungen 4 vom Laden auf das Entladen und umgekehrt, sodass die zur

Beheizung verwendeten Leistungen für die einzelnen Batterieabschnitte 3 sich von Außen gesehen im Gesamtbatteriesystem 1 kompensieren.

In der Darstellung der Figur 4 ist ein Diagramm mit mehreren Spannungen über der Zeit t dargestellt. Oben ist die Spannung U_1 dargestellt, welche im zeitlichen Verlauf entsprechend dem Laden beziehungsweise Entladen des in Figur 1 dargestellten oberen Batterieabschnitts 3 über die Belastungseinrichtung 4 entspricht. Gemäß der Erfindung wird nun beim Laden beziehungsweise Entladen des in Figur 1 dargestellten unteren Batterieabschnitts 3 ein umgekehrter Strom beziehungsweise phasenversetzter Strom eingesetzt. Dadurch ergibt sich ein umgekehrtes Spannungsverhalten, wie es in der Darstellung der Figur 4 mit U_2 bezeichnet ist. Das Mittelniveau der beiden Spannungsverläufe U_1 und U_2 , welches hier gestrichelt eingezeichnet ist, entspricht dabei jeweils der Hälfte der Gesamtspannung U . In der nächsten Kurve der Figur 4 ist dargestellt, wie die Umpolung geschaltet wird. Dies bedeutet, dass in der Darstellung der oberen Linie jeweils beispielsweise der obere Batterieabschnitt 3 über die ihm zugeordnete Belastungseinrichtung 4 entladen wird, während gleichzeitig der untere Batterieabschnitt 3 über die ihm zugeordnete Belastungseinrichtung 4 geladen wird. Nach dem Umpolen ist dieses Verhalten geändert, sodass dann der obere Batterieabschnitt 3 geladen und der untere Batterieabschnitt 3 entladen wird.

Die Gesamtspannung des Batteriesystems 1 nach außen beträgt damit weiterhin $U = U_1 + U_2$. Da sich die Änderungen in den Spannungen U_1 und U_2 jeweils gegenseitig aufheben, ergibt sich die in der Figur 4 ganz unten dargestellte konstante Gesamtspannung U . Durch die phasenversetzten Lade- beziehungsweise Entladeströme in den Belastungseinrichtungen 4 der einzelnen Batterieabschnitte 3 wird also die schwankende Spannung beziehungsweise die schwankende Stromstärke des Gesamtbatteriesystems 1 nach außen hin kompensiert, sodass auch während des Beheizens eine annähernd konstante Gesamtspannung vorliegt.

Das Batteriesystem 1 kann während des Beheizens selbstverständlich bereits genutzt werden, um dieses zu laden oder zu entladen, beispielsweise um einen elektrischen Motor 10 anzutreiben, welcher wiederum ein Hybrid- oder Elektrofahrzeug treibt. In diesem Fall wird sich entsprechend der benötigten Leistung zum Antreiben des Motors 10 eine entsprechende Spannung beziehungsweise Spannungsschwankung, bei schwankendem Antriebsmoment, einstellen. Dieses ist jedoch dann unabhängig von dem

Beheizungs Vorgang des Batteriesystems 1, da sich dessen Leistungen beziehungsweise Spannungen in den Batterieabschnitten 3 des Batteriesystems 1 gegenseitig kompensieren.

Von besonderem Vorteil ist es nun, wenn die Belastung des Batteriesystems 1 zur Erwärmung der Batterieabschnitte 3 so erfolgt, dass im Bereich des Zellwiderstands, also der Innenwiderstände 5, Verlustwärme durch Laden und Entladen entsteht, welche das kalte Batteriesystem 1 aufheizt. Nun ist es so, dass bei sehr kalten Batteriesystemen 1, beispielsweise bei Temperaturen deutlich unterhalb des Gefrierpunkts, bei der Inbetriebnahme ein sehr hoher Innenwiderstand 5 vorliegt. Um vorgegebene Grenzspannungen für die Batterieeinzelzelle 2 nicht zu überschreiten und diese dadurch nicht zu schädigen, steht aufgrund des sehr hohen Innenwiderstands 5 in diesen Betriebssituationen nur ein sehr geringer Batteriestrom ein, welcher nur geringe Verlustleistung und damit nur eine sehr kleine Menge an Wärme erzeugt. In diesen Fällen ist es von besonderem Vorteil, wenn der Wechsel zwischen dem Laden und Entladen entsprechend schnell erfolgt, insbesondere mit Frequenzen von mehr als 25 kHz. Im Bereich der Batterieeinzelzellen 2 werden dann zuerst im Bereich der Doppelschichtkapazität 6, welche typischerweise durch kleinere Innenwiderstände gekennzeichnet ist, die entsprechenden Verluste auftreten und können so die Batterieeinzelzelle 2 erwärmen. Hierdurch entsteht ein weiterer Vorteil des Batteriesystems 1 gegenüber den Aufbauten gemäß dem Stand der Technik, welche typischerweise mit sehr viel geringeren Frequenzen zwischen Laden und Entladen wechseln.

In den Figuren 5, 6 und 7 sind nun beispielhafte Ausführungsformen für die Belastungseinrichtung 4 dargestellt, wobei hier jeweils nur eine der Belastungseinrichtungen zusammen mit einem der Batterieabschnitte 3 beispielhaft dargestellt worden ist. Sinnvoll und denkbar sind dabei jeweils Belastungseinrichtungen 4, welche in der Lage sind, die entnommene Energiemenge, also die Leistung über der Zeit, zu einem großen Teil zwischenzuspeichern und dem Batterieabschnitt 3 wieder zuzuführen. Dazu sind insbesondere kapazitive oder induktive Elemente zur Speicherung denkbar, oder entsprechende Kombinationen hiervon, wie beispielsweise Hochsetzsteller.

In der Darstellung der Figur 5 ist in einer ersten beispielhaften Ausführungsform ein Aufbau gezeigt, welcher wenigstens zwei Kondensatoren 7 und zwei Schaltelemente 8

aufweist. Die Kondensatoren werden zum Aufladen parallel geschaltet und können durch ein Umschalten der Schalter 8 in die hier punktiert dargestellte Position in Serie geschaltet werden, um diese zu entladen. Es entsteht so ein Zweiphasen-Betrieb, welcher das Laden der Kondensatoren und das Entladen der Kondensatoren entsprechend abwechselt, wobei die Ausnutzung der Kapazitäten der Kondensatoren die Zykluszeit bestimmt.

In der Darstellung der Figur 6 ist eine alternative Ausführungsform gezeigt, bei welcher eine Induktivität 9 ebenfalls über zwei Schaltelemente 8 verwendet wird. Diese wird zum Laden in der einen Richtung und zum Entladen in der anderen Richtung zwischen die Pole des Batterieabschnitts 3 beziehungsweise der Belastungseinrichtung 4 verschaltet. Die maximale Stromhöhe beziehungsweise die Ausnutzung der Induktivität 9 bestimmt dabei die Zykluszeit und es ergibt sich ein Zweiphasen-Betrieb, welcher abwechselnd aus einem Laden der Induktivität und einem Entladen derselben besteht.

In der Darstellung der Figur 7 ist die Belastungseinrichtung 4 in einer alternativen Ausführungsform als Hochsetzsteller mit Rückkopplung ausgebildet. Eine geschaltete Induktivität beziehungsweise Drossel 9 setzt dabei die Spannung des Batterieabschnitts 3 hoch, während eine Kapazität 7 diese entsprechend hält. Ein Schaltelement 8 im Rückkoppelzweig ermöglicht dann das Wiederladen des Batterieabschnitts aus dem Kondensator 7. Hierbei kommt insbesondere ein Dreiphasen-Betrieb in Betracht, welcher in einer ersten Phase die Induktivität 9 lädt, in einer zweiten Phase die Kapazität 7 lädt und in einer dritten Phase diese Kapazität 7 diese dann wieder entlädt.

Neben den hier dargestellten Ausführungsbeispielen der Belastungseinrichtung 4 sind selbstverständlich weitere Kombinationen aus Kondensatoren und/oder Speicherinduktivitäten beziehungsweise -drosseln. Durch den Wechsel zwischen Laden und Entladen des Batterieabschnitts 3 wird unabhängig von einer externen Last und damit unabhängig von der momentanen Nutzung des Batterieabschnitts 3 beziehungsweise des Batteriesystems 1 jedem Batterieabschnitt 3 lediglich der Energieanteil entnommen, welcher dann zur Erwärmung des Zellinneren aufgewendet wird. Nicht benötigte Energie wird nach der Zwischenspeicherung im nächsten Ladezyklus des Batterieabschnitts 3 diesem entsprechend wieder zugeführt. Der Energiebedarf für das erfindungsgemäße Verfahren zum Beheizen der Batterie reduziert sich also auf die zur Erwärmung der Batterieeinzelzellen 2 unmittelbar benötigte Energie

sowie unvermeidliche Verluste im Bereich der Belastungseinrichtung 4, welche, insbesondere bei großen Batterien, wie sie beispielsweise als Traktionsbatterien für teilweise elektrisch angetriebene Fahrzeuge eingesetzt werden, annähernd vernachlässigbar sind.

In der Darstellung der Figuren 8, 9 und 10 sind nun für verschiedene Ausführungsformen zur Integration der Belastungseinrichtung in ein mit einem solchen Batteriesystem 1 ausgerüsteten Nutzsystm zu erkennen. Das Nutzsystm soll in diesem Fall beispielsweise der Antriebsstrang eines zumindest teilweise elektrisch angetriebenen Fahrzeugs sein. Dieser weist eine elektrische Maschine 10 sowie einen Stromrichter 11, welcher zumindest die elektrische Maschine 10 mit dem Batteriesystem 1 verbindet, auf. Dieser Aufbau ist in den Figuren 8, 9 und 10 so zu erkennen.

Im Ausführungsbeispiel der Figur 8 ist der Aufbau zur Durchführung des Verfahrens zum Beheizen des Batteriesystems 1 in das Batteriesystem 1 selbst integriert. Er kann beispielsweise von einem ohnehin vorhandenen Batteriemanagementsystem 12 realisiert werden, welches für die Steuerung des Batteriesystems 1 für den Ladungsausgleich zwischen Einzelzellen und dergleichen typischerweise sowieso vorhanden und notwendig ist. Das Batteriesystem 1 ist wiederum in zwei Batterien beziehungsweise Batterieabschnitte 3 unterteilt, welche jede eine eigene Belastungseinrichtung 4 aufweisen. Diese Belastungseinrichtung 4 ist dabei von dem Batteriemanagementsystem 12 so angesteuert, dass das oben im Rahmen der Figuren 1 und in den Diagrammen der Figur 4 beschriebene Verfahren zum Beheizen des Batteriesystems 1 durchgeführt werden kann, ohne dass aufgrund dieses Verfahrens eine Schwankung der Batteriespannung in dem Bereich, in dem diese an den Stromrichter 11 übergeben wird, auftritt.

In der Darstellung der Figur 9 ist der Aufbau nochmals in einer alternativen Ausführungsform gezeigt. Die Belastungseinrichtungen 4 mit ihrer Steuerung sind dabei beide zusammen in einem eigenständigen Gerät untergebracht, welches hier mit dem Bezugszeichen 13 versehen ist. Ansonsten entspricht Funktionalität und Aufbau dem oben bereits gesagten.

In der Darstellung der Figur 10 ist dieser Aufbau nochmals dargestellt, wobei die Belastungseinrichtungen 4 in diesem Fall zusammen mit der Steuerung in den

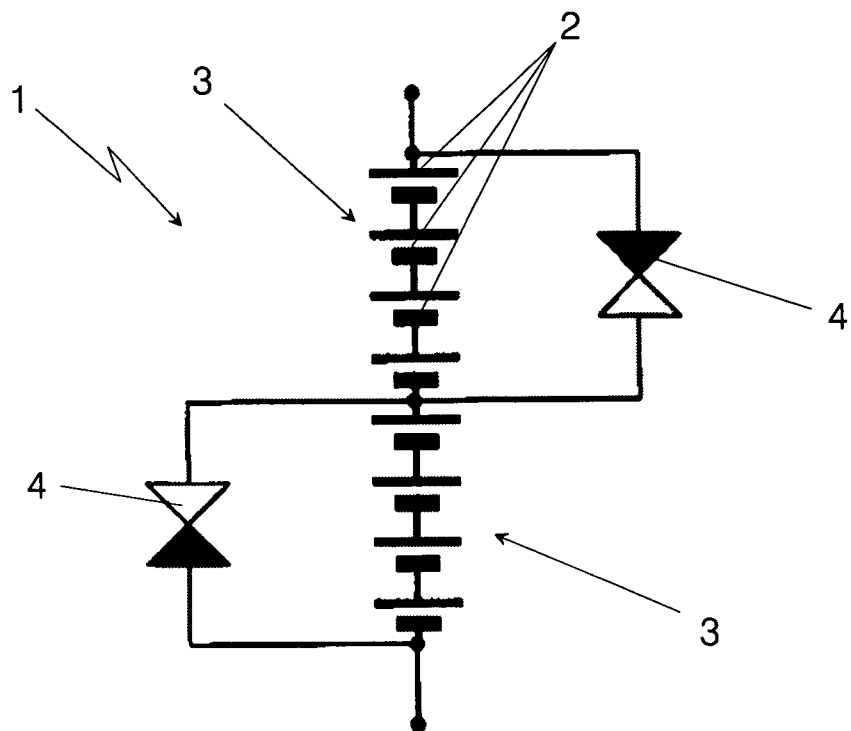
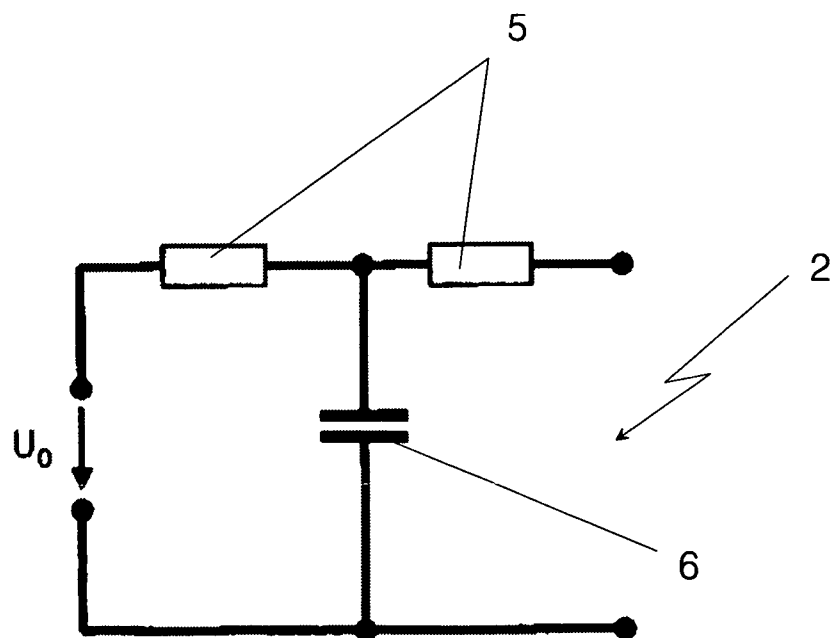
Stromrichter, welcher hier mit 11' bezeichnet ist, integriert ausgebildet sind. Dieser Aufbau ist insbesondere dann von Vorteil, wenn das Verfahren zur Beheizung der Batterie unabhängig von dem Batteriesystem 1 in einen Stromrichter 11 in einem Fahrzeug integriert werden kann, sodass beispielsweise bei einem Austausch von Batteriesystemen 1 diese standardisiert und vergleichsweise unabhängig vom Aufbau des Batteriesystems 1 selbst mit dem oben beschriebenen Verfahren genutzt werden können. Dies kann insbesondere von Vorteil sein, wenn geladene Batteriesysteme 1 in einer Vorratsstation vorgehalten werden und bei Bedarf von einem Fahrzeughalter gegen ein entladenes Batteriesystem 1 in seinem Fahrzeug ausgetauscht werden können und damit unabhängig vom jeweiligen Fahrzeugtyp verwendbar sein sollten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Beheizen eines Batteriesystems (1) mit wenigstens zwei Batterien oder Batterieabschnitten (3), wobei die Beheizung des Batteriesystems (1) durch das abwechselnde Laden und Entladen des Batteriesystems (1) mit einem Wechselstrom erfolgt, dadurch gekennzeichnet, dass die Beaufschlagung mit dem Wechselstrom für die eine Batterie oder den einen Batterieabschnitt (3) phasenversetzt zur Beaufschlagung mit Wechselstrom der anderen Batterie oder des anderen Batterieabschnitts (3) erfolgt, sodass mit dem Batteriesystem (1) auch während der Beheizung eine zumindest annähernd konstante Spannung bereitgestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Laden/Entladen jeder der Batterien oder Batterieabschnitte (3) mittels einer Belastungseinrichtung (4) erfolgt, wobei in der Belastungseinrichtung Energie kapazitiv und/oder induktiv zwischengespeichert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Belastungseinrichtung (4) als induktive Belastungseinrichtung (4) aufgebaut wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

die Belastungseinrichtung (4) als kapazitive Belastungseinrichtung (4) aufgebaut wird.

5. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Belastungseinrichtung (4) als Hochsetzsteller mit Rückkopplung aufgebaut wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Belastungseinrichtung (4) in das Batteriesystem (1) integriert ausgebildet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Belastungseinrichtung (4) in einem Verbraucher, insbesondere einem Stromrichter (11'), integriert ausgebildet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Belastungseinrichtung (4) als eigenständiges Gerät zwischen Batteriesystem (1) und Verbraucher (11, 10) geschaltet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem Wechselstrom zum Beheizen des Batteriesystems (1) ein Nutzstrom des Batteriesystems (1) überlagert wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Wechselstrom mit einer Frequenz von mehr als 25 kHz verwendet wird.

Fig. 1Fig. 2

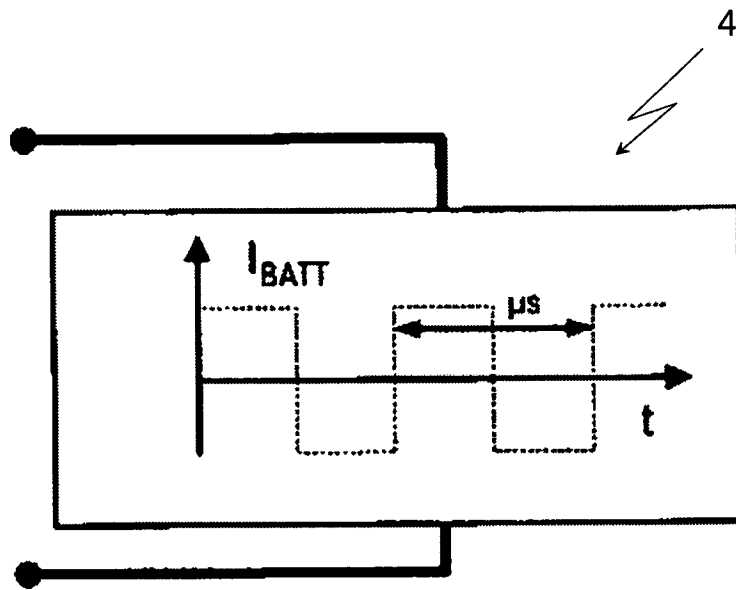


Fig. 3

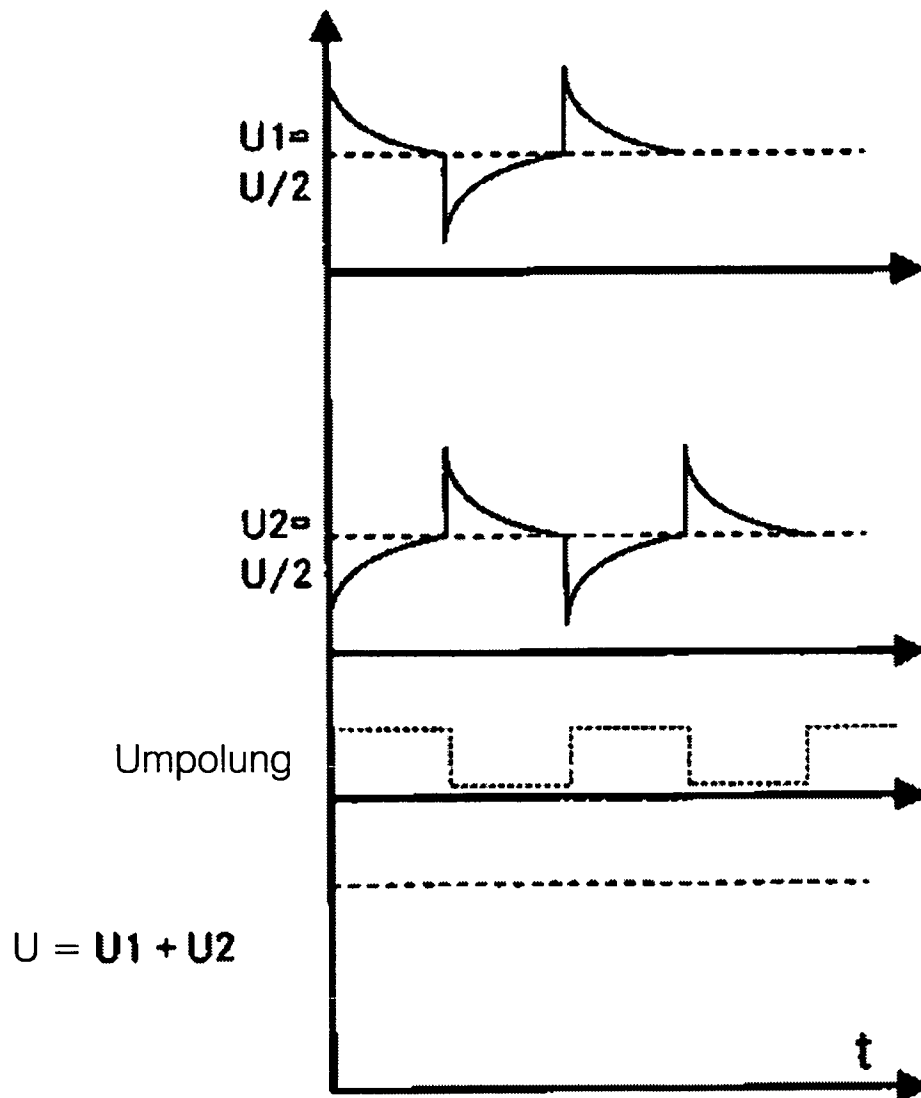


Fig. 4

3/4

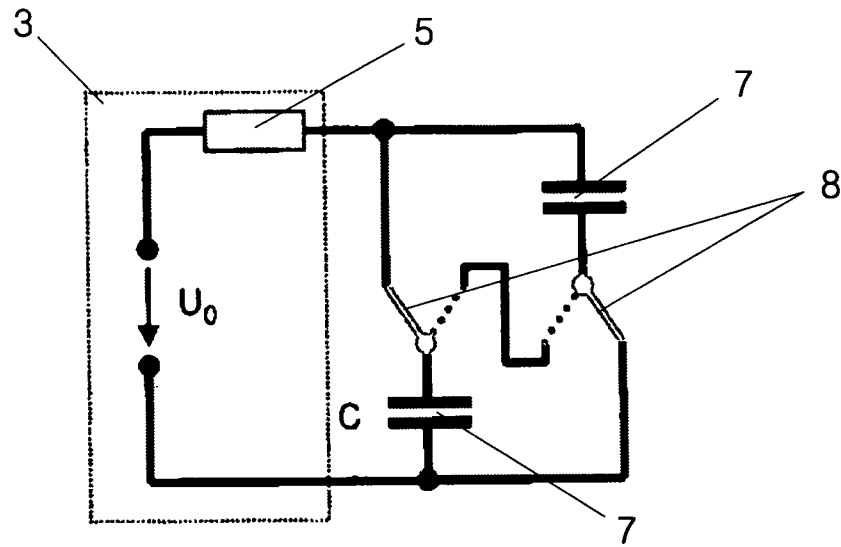


Fig. 5

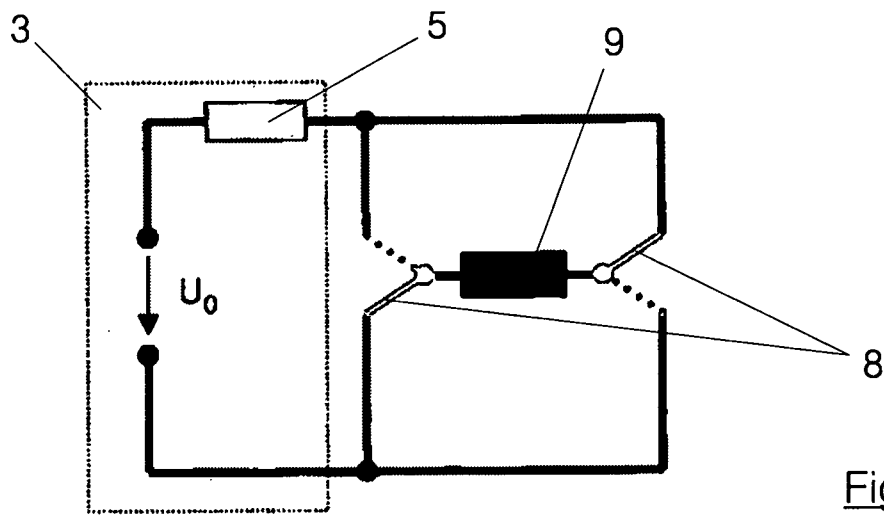


Fig. 6

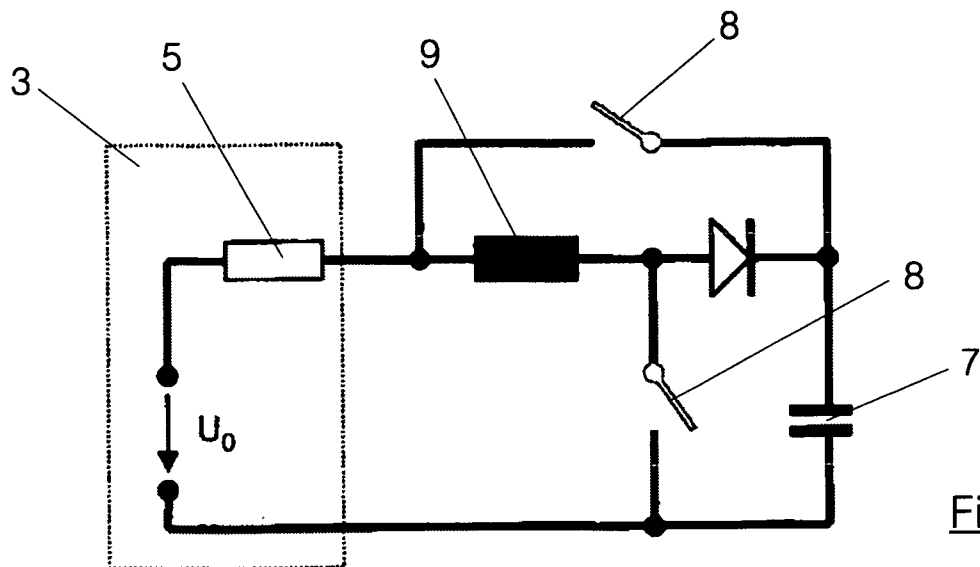


Fig. 7

