

(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  
18. Oktober 2012 (18.10.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/139713 A2**

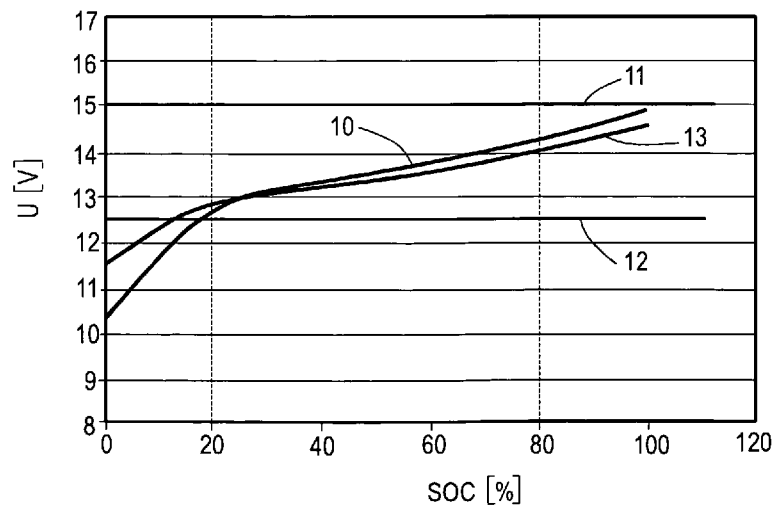
- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/001417
- (22) Internationales Anmeldedatum: 30. März 2012 (30.03.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2011 016 785.4 12. April 2011 (12.04.2011) DE  
10 2011 108 231.3 22. Juli 2011 (22.07.2011) DE  
10 2011 112 131.9 1. September 2011 (01.09.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **AUDI AG** [DE/DE]; 85045 Ingolstadt (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WINKLER, Josef** [DE/DE]; Altmühlstr. 3, 85110 Kipfenberg (DE).  
**WANSNER, Michael** [DE/DE]; Sudetenstr. 6, 86529 Schrobenhausen (DE).
- (74) Anwalt: **BRANDT, Kai**; AUDI AG, Patentabteilung, 85045 Ingolstadt (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, 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, 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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ENERGY STORAGE ARRANGEMENT

(54) Bezeichnung : ENERGIESPEICHERANORDNUNG

FIG. 2



(57) Abstract: Energy storage arrangement (3), comprising a rechargeable energy store (7), said energy store (7) comprising a plurality of lithium-based storage elements (9). The energy store (7) is composed of three lithium-based storage elements (9) and one lithium titanate-based storage element (9) or four lithium-titanate-based storage elements (9) and one lithium-based storage element (9) or three lithium-based storage elements (9) and two nickel metal hydride-based storage elements (9).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/139713 A2



---

**Veröffentlicht:**

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

---

Energiespeicheranordnung (3), umfassend einen wiederaufladbaren Energiespeicher (7), wobei der Energiespeicher (7) mehrere auf Lithium basierende Speicherelemente (9) umfasst, wobei der Energiespeicher (7) aus 3 Speicherelementen (9) basierend auf Lithium und 1 Speicherelement (9) basierend auf Lithium-Titanat oder 4 Speicherelementen (9) basierend auf Lithium-Titanat und 1 Speicherelement (9) basierend auf Lithium oder 3 Speicherelementen (9) basierend auf Lithium und 2 Speicherelementen (9) basierend auf einem Nickelmetallhydrid gebildet ist.

## **Energiespeicheranordnung**

Die Erfindung betrifft eine Energiespeicheranordnung, umfassend einen wiederaufladbaren Energiespeicher, wobei der Energiespeicher mehrere auf Lithium basierende Speicherelemente umfasst.

In modernen Kraftfahrzeugen sind regelmäßig Energiespeicheranordnungen mit mehreren parallel geschalteten wiederaufladbaren Energiespeichern vorgesehen, wobei üblicherweise ein erster Energiespeicher eine Bleibatterie in Form mehrerer auf Blei basierender, auch als Zellen zu bezeichnender, Speicherelemente umfasst. Ein hierzu parallel geschalteter zweiter Energiespeicher kann etwa in Form eines Kondensators vorliegen, welcher die beispielsweise beim Anlassen des Kraftfahrzeugs erforderlichen hohen Ströme erzeugt. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn aufgrund eines geringen Ladestatus des ersten Energiespeichers die hohen Stromstärken allein durch diesen nicht bereitgestellt werden können.

Grundsätzlich problematisch bei auf Blei basierenden Energiespeichern ist der Spannungsabfall, sobald ein Generator bzw. Ladegerät vom Netz genommen bzw. abgeschaltet wird. Der Spannungsabfall kann bei einer üblicherweise in einem Kraftfahrzeug verbauten Bleibatterie von einer Ladespannung von ca. 14 Volt (V) während des Ladevorgangs auf eine Nennspannung von ca. 12 Volt bei Wegnahme des Ladestroms betragen. Gleichmaßen ist es bei auf Blei basierenden Energiespeichern nachteilhaft, dass diese eine vergleichsweise geringe Zyklfestigkeit aufweisen, das heißt, dass mit diesen nur eine vergleichsweise geringe Anzahl an Lade- bzw. Entladezyklen durchführbar ist. Beide Aspekte wirken sich insgesamt negativ auf die Leistungsfähigkeit einer einen auf Blei basierenden Energiespeicher aufweisenden Energiespeicheranordnung aus. Diese Probleme sind

gleichermaßen bei Fahrzeugen mit einem 24 Volt-Bordnetz bzw. 28 Volt-Bordnetz gegeben, z. B. bei LKWs oder Bussen.

Der vorliegenden Erfindung liegt insofern das Problem zugrunde, eine verbesserte Energiespeicheranordnung anzugeben.

Das Problem wird erfindungsgemäß durch eine Energiespeicheranordnung der eingangs genannten Art gelöst, welche sich dadurch auszeichnet, dass der Energiespeicher aus 3 Speicherelementen basierend auf Lithium und 1 Speicherelement basierend auf Lithium-Titanat oder 4 Speicherelementen basierend auf Lithium-Titanat und 1 Speicherelement basierend auf Lithium gebildet ist oder 3 Speicherelementen basierend auf Lithium und 2 Speicherelementen basierend auf einem Nickelmetallhydrid.

Die vorliegende Erfindung schlägt eine Energiespeicheranordnung mit einem mehrere auf Lithium basierende Speicherelemente umfassenden Energiespeicher, welcher aus 3 Speicherelementen basierend auf Lithium und 1 Speicherelement basierend auf Lithium-Titanat oder 4 Speicherelementen basierend auf Lithium-Titanat und 1 Speicherelement basierend auf Lithium oder 3 Speicherelementen basierend auf Lithium und 2 Speicherelementen basierend auf einem Nickelmetallhydrid gebildet ist, vor.

Das erfindungsgemäße Prinzip basiert betreffend die ersten beiden Ausführungsformen sonach im Wesentlichen auf der Kombination unterschiedlicher Typen von jeweils auf Lithium basierenden Speicherelementen, welche zu dem der erfindungsgemäßen Energiespeicheranordnung zugehörigen Energiespeicher verschaltet werden. Hierbei sieht das erfindungsgemäße Prinzip alternative Ausführungsformen eines entsprechenden Energiespeichers vor. Es ist erfindungsgemäß möglich, den Energiespeicher aus 3 Speicherelementen basierend auf Lithium und 1 Speicherelement basierend auf Lithium-Titanat oder alternativ aus 4 Speicherelementen basierend auf Lithium-Titanat und 1 Speicherelement basierend auf Lithium auszubilden.

Gemäß der dritten Ausführungsform ist der Energiespeicher aus 3 Speicherelementen basierend auf Lithium und 2 Speicherelementen basierend auf einem Nickelmetallhydrid gebildet. Mithin basieren die den Energiespeicher bildenden Speicherelemente hier nur zum Teil, d. h. in Form der 3 auf Lithium basierenden Speicherelemente, auf Lithium. Die übrigen beiden, den Energiespeicher bildenden Speicherelemente basieren auf einem Nickelmetallhydrid (NiMH) bzw. einer Nickelmetallhydrid-Verbindung. Auf Nickelmetallhydriden basierende Speicherelemente umfassen üblicherweise eine erste, insbesondere negative, Elektrode aus Nickel(II)-hydroxid und eine zweite, insbesondere positive, Elektrode aus einem Metallhydrid, d. h. im Allgemeinen einer Metall-Wasserstoff-Verbindung.

Sämtliche auf Lithium basierenden Speicherelemente basieren bevorzugt auf einer Lithium-Cobalt-Mangan-Nickel-Verbindung und liegen sonach bevorzugt als NMC-Speicherelemente bzw. NMC-Zellen vor.

Der erfindungsgemäße Energiespeicher respektive die erfindungsgemäße Energiespeicheranordnung weist, insbesondere im Vergleich zu einem entsprechenden auf Blei basierenden Energiespeicher, eine Reihe von Vorteilen auf. Hierzu zählt beispielsweise eine erhöhte Lebensdauer sowie verbesserte Rekuperationseigenschaften, d. h. eine verbesserte Eignung zur Verwendung in einem Rekuperationsbetrieb eines Kraftfahrzeugs.

Insbesondere ist eine Parallelschaltung eines weiteren, insbesondere auf Blei basierenden Energiespeichers, zu dem Energiespeicher mit dem erfindungsgemäßen Prinzip nicht zwingend notwendig, so dass die mit der Verwendung von auf Blei basierenden Energiespeichern verbundenen oben genannten Nachteile bei der erfindungsgemäßen Energiespeicheranordnung nicht auftreten. Grundsätzlich ist es jedoch denkbar, wenigstens einen weiteren Energiespeicher zu dem Energiespeicher parallel zu schalten.

Wenngleich sich die nachfolgenden Ausführungen im Wesentlichen auf die Anordnung der Energiespeicheranordnung in einem Kraftfahrzeug beziehen,

ist es selbstverständlich möglich, die Energiespeicheranordnung auch in anderen Bereichen der Technik einzusetzen.

Sofern die Energiespeicheranordnung also einen Teil eines Bordnetzes eines Kraftfahrzeugs bildet, wobei das Bordnetz wenigstens einen Generator, insbesondere zum Laden des Energiespeichers, und wenigstens einen elektrischen Strom verbrauchenden Verbraucher umfasst, dient der die erfindungsgemäße Energiespeicheranordnung bildende Energiespeicher sowohl dem Anlassen des Kraftfahrzeugs respektive einem diesen zugehörigen Antriebsaggregat als auch dem Betrieb entsprechender an das Bordnetz angeschlossener Verbraucher.

Das Bordnetz ist insbesondere ein 12V-Bordnetz, wobei der Energiespeicher aus 3 Speicherelementen basierend auf Lithium und 1 Speicherelement basierend auf Lithium-Titanat oder 4 Speicherelemente basierend auf Lithium-Titanat und 1 Speicherelement basierend auf Lithium oder aus 3 Speicherelementen basierend auf Lithium und 2 Speicherelementen basierend auf einem Nickelmetallhydrid gebildet ist.

Alternativ kann das Bordnetz auch ein 24V-Bordnetz bzw. 28V-Bordnetz sein. Bei einem 24V-Bordnetz bzw. 28V-Bordnetz verdoppelt sich die jeweilige Anzahl der oben angegebenen Speicherelemente, wobei die Kombinationsmöglichkeiten der verschiedenen Speicherelementtypen gleich bleiben. Insbesondere ist es bei einem 24V-Bordnetz auch denkbar, dass der Energiespeicher aus 7 Speicherelementen basierend auf Lithium gebildet ist.

Die den Energiespeicher bildenden Speicherelemente sind bevorzugt in Serie geschaltet. Serienschaltungen gleichartiger Speicherelemente sind weitestgehend bekannt. Derart ist es möglich, die Spannung des Energiespeichers in Abhängigkeit der Anzahl an in Serie geschalteten Speicherelementen auf nahezu beliebig hohe Werte einzustellen. Üblicherweise addieren sich die den einzelnen Speicherelementen zugehörigen Nennspannungen auf, sodass der Energiespeicher eine der Summe der einzelnen Nennspan-

nungen der jeweiligen Speicherelemente entsprechende Nennspannung aufweist.

Es ist zweckmäßig, wenn dem Energiespeicher ein elektrisches Schaltmittel, insbesondere ein Sicherheitsschalter, vorgeschaltet ist. Das elektrische Schaltmittel dient beispielsweise einem Überspannungsschutz und/oder Unterspannungsschutz und/oder Temperaturschutz. Das elektrische Schaltmittel kann etwa in Form eines Fehlerstromschutzschalters ausgebildet sein. Es ist denkbar, dass das elektrische Schaltmittel über eine geeignete, mit diesem verbundene Steuereinrichtung schaltbar ist.

Wie erwähnt, kann die erfindungsgemäße Energiespeicheranordnung grundsätzlich wenigstens einen weiteren, dem Energiespeicher parallel geschalteten wiederaufladbaren Energiespeicher umfassen. Der weitere Energiespeicher kann beispielsweise ein mehrere auf Blei basierende Speicherelemente umfassender Energiespeicher im Sinne einer Bleibatterie sein.

Daneben betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug, umfassend wenigstens eine Energiespeicheranordnung wie vorstehend beschrieben. Das Kraftfahrzeug ist insbesondere als Hybrid-Kraftfahrzeug oder reines Elektro-Kraftfahrzeug ausgebildet.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Bordnetzes eines Kraftfahrzeugs gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 2 ein Diagramm zum Verlauf der Batteriespannung  $U$  gegen den Ladezustand SOC zweier erfindungsgemäßer Ausführungsformen eines Energiespeichers.

Fig. 1 zeigt eine Prinzipdarstellung eines Bordnetzes 1 eines Kraftfahrzeugs 2 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung. Dem Bordnetz 1 ist eine Energiespeicheranordnung 3, ein Generator 4 und wenigstens ein im Betrieb elektrischen Strom verbrauchender Verbraucher 5, beispielsweise in Form einer Klimaanlage, zugehörig. Der Verbraucher 5 ist über einen Schalter 6 vom Bordnetz 1 trennbar.

Die Energiespeicheranordnung 3 umfasst einen wiederaufladbaren Energiespeicher 7. Dem Energiespeicher 7 ist ein elektrischer Schalter 8 vorgeschaltet, so dass die elektrische Verbindung zwischen dem Generator 4 und dem Energiespeicher 7 trennbar ist. Der Schalter 8 übernimmt Sicherheitsfunktionen wie insbesondere Überspannungsschutz, Unterspannungsschutz bzw. Temperaturschutz. Das Bordnetz 1 ist als 12V-Bordnetz ausgebildet. Die Netzspannung des Bordnetzes 1 beträgt ca. 12,5 bis 15,5 Volt.

Wie durch den gestrichelten Kasten 14 angedeutet, ist es möglich, die Energiespeicheranordnung 3, das heißt den Energiespeicher 7, in einem Gehäuse anzuordnen. Derart ist eine besonders kompakte, gut handhabbare sowie gewichtsreduzierte Ausführung der Energiespeicheranordnung 3 gegeben.

Der Energiespeicher 7 liegt als Lithium-Batterie vor und ist aus drei Speicherelementen 9 basierend auf Lithium und einem dazu in Serie geschalteten Speicherelement 9 basierend auf Lithium-Titanat (vgl. Fig. 2, Linie 10) gebildet. Alternativ ist es möglich, dass der Energiespeicher 7 aus vier Speicherelementen 9 basierend auf Lithium-Titanat und einem dazu in Serie geschalteten Speicherelement 9 basierend auf Lithium gebildet ist (vgl. Fig. 2, Linie 11).

Alternativ ist es auch möglich, den Energiespeicher 7 nicht als reine Lithium-Batterie, sondern als Lithium-Mischbatterie auszubilden. In dieser Ausführungsform ist der Energiespeicher 7 aus drei Speicherelementen 9 basierend auf Lithium und zwei Speicherelementen 9 basierend auf einem Nickelmetallhydrid (NiMH) bzw. einer Nickelmetallhydrid-Verbindung ausgebildet (vgl. Fig. 2, Linie 12).

Sämtliche auf Lithium basierenden Speicherelemente 9 des Energiespeichers 7 basieren bevorzugt auf einer Lithium-Cobalt-Mangan-Nickel-Verbindung und liegen sonach bevorzugt als NMC-Speicherelemente bzw. NMC-Zellen vor.

Fig. 2 zeigt ein Diagramm zum Verlauf der Batteriespannung  $U$  gegen den Ladezustand SOC dreier erfindungsgemäßer Ausführungsformen eines Energiespeichers 7 (vgl. Fig. 2, Linien 10, 11, 12). Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, liegt die Nennspannung des aus drei Speicherelementen 9 basierend auf Lithium und einem Speicherelement 9 basierend auf Lithium-Titanat gebildeten Energiespeichers 7 (vgl. Fig. 2, Linie 10) in einem innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % liegenden Ladezustandsintervall des Energiespeichers 7 zwischen 20 und 80 % in einem Bereich zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 2, Gerade 13) und der Nennspannung (vgl. Fig. 2, Gerade 14) eines rein theoretisch eingetragenen Energiespeichers auf Bleibasis. Wie insbesondere aus Fig. 1 ersichtlich ist, ist letzterer jedoch nicht Teil des Bordnetzes 1 respektive der Energiespeicheranordnung 3, sondern dient allein der Veranschaulichung des Verlaufs der Batteriespannung  $U$  des Energiespeichers 7 in Fig. 2.

Einen ähnlichen Verlauf der Batteriespannung  $U$  zeigt auch die erfindungsgemäße Ausführungsform eines Energiespeichers 7, welcher aus vier Speicherelementen 9 basierend auf Lithium-Titanat und einem Speicherelement 9 basierend auf Lithium gebildet ist (vgl. Fig. 2, Linie 11). Entsprechend liegt die Nennspannung des Energiespeichers 7 in einem innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % liegenden Ladezustandsintervall des Energiespeichers 7 zwischen 20 und 80 % in einem Bereich zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 2, Gerade 13) und der Nennspannung (vgl. Fig. 2, Gerade 14) eines rein theoretisch eingetragenen Energiespeichers auf Bleibasis.

Ebenso einen ähnlichen Verlauf der Batteriespannung  $U$  zeigt auch die erfindungsgemäße Ausführungsform eines Energiespeichers 7, welcher aus drei

Speicherelementen 9 basierend auf Lithium und zwei Speicherelementen 9 basierend auf einem Nickelmetallhydrid bzw. einer Nickelmetallhydrid-Verbindung gebildet ist. Die Nennspannung des Energiespeichers 7 liegt in einem innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % liegenden Ladezustandsintervall des Energiespeichers 7 zwischen 20 und ca. 90 % in einem Bereich zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 2, Gerade 13) und der Nennspannung (vgl. Fig. 2, Gerade 14) eines rein theoretisch eingetragenen Energiespeichers auf Bleibasis.

Alternativ zu den genannten Ausführungsformen der Energiespeicheranordnung 3 respektive des Energiespeichers 7 für die Verwendung in einem 12V-Bordnetz 1 kann eine erfindungsgemäße Energiespeicheranordnung 3 selbstverständlich auch für ein 24V-Bordnetz 1 ausgelegt sein. In diesem Fall verdoppelt sich die jeweilige Anzahl der oben angegebenen Speicherelemente 9, wobei die Kombinationsmöglichkeiten der verschiedenen Speicherelementtypen gleich bleiben. Insbesondere ist es bei einem 24V-Bordnetz 1 auch denkbar, dass der Energiespeicher 7 aus sieben Speicherelementen 9 basierend auf Lithium gebildet ist.

Für alle genannten Ausführungsformen gilt, dass die erfindungsgemäße Energiespeicheranordnung 3 grundsätzlich wenigstens einen weiteren, dem Energiespeicher 7 parallel geschalteten wiederaufladbaren Energiespeicher umfassen kann. Der weitere Energiespeicher kann beispielsweise ein mehrere auf Blei basierende Speicherelemente umfassender Energiespeicher im Sinne einer Bleibatterie sein.

**P A T E N T A N S P R Ü C H E**

1. Energiespeicheranordnung (3), umfassend einen wiederaufladbaren Energiespeicher (7), wobei der Energiespeicher (7) mehrere auf Lithium basierende Speicherelemente (9) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass der Energiespeicher (7) aus 3 Speicherelementen (9) basierend auf Lithium und 1 Speicherelement (9) basierend auf Lithium-Titanat oder 4 Speicherelementen (9) basierend auf Lithium-Titanat und 1 Speicherelement (9) basierend auf Lithium oder 3 Speicherelementen (9) basierend auf Lithium und 2 Speicherelementen (9) basierend auf einem Nickelmetallhydrid gebildet ist.
2. Energiespeicheranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die den Energiespeicher (7) bildenden Speicherelemente (9) in Serie geschaltet sind.
3. Energiespeicheranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass dem Energiespeicher (7) ein elektrisches Schaltmittel (8), insbesondere ein Sicherheitsschalter, vorgeschaltet ist.
4. Energiespeicheranordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Teil eines Bordnetzes (1) eines Kraftfahrzeugs (2) bildet, wobei das Bordnetz (1) wenigstens einen Generator (4), insbesondere zum Laden des Energiespeichers (7), und wenigstens einen elektrischen Strom verbrauchenden Verbraucher (5) umfasst.
5. Kraftfahrzeug (2), umfassend wenigstens eine Energiespeicheranordnung (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche.

FIG. 1

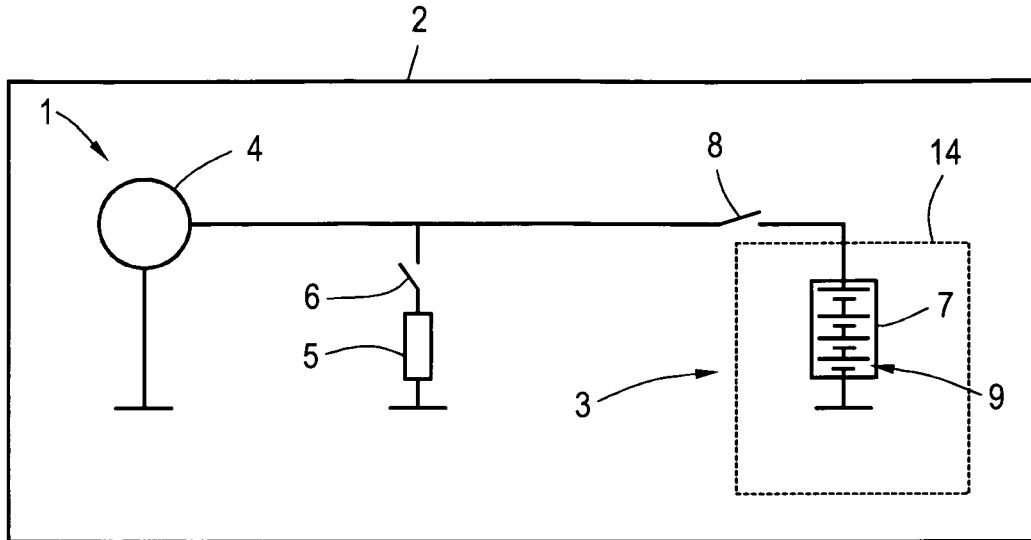


FIG. 2

