(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. September 2014 (18.09.2014)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/139878 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 31/36 (2006.01) *H02J 3/32* (2006.01)
H01M 10/00 (2006.01) *H02J 7/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/054432

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. März 2014 (07.03.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 102 461.0 12. März 2013 (12.03.2013) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **EVONIK INDUSTRIES AG** [DE/DE]; Rellinghauser Straße 1-11, 45128 Essen (DE). **LI-TEC BATTERY GMBH** [DE/DE]; Am Wiesengrund 7, 01927 Kamenz (DE).

(72) Erfinder; und

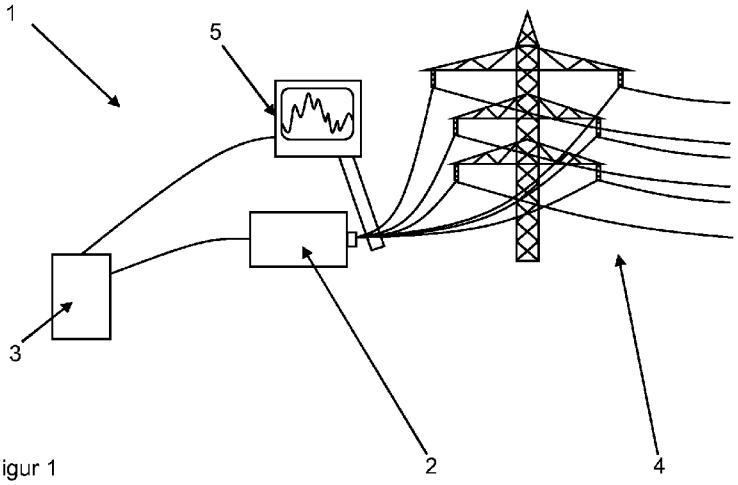
(71) Anmelder *(nur für US)*: **GAMRAD, Dennis** [DE/DE]; Kronprinzenstraße 9, 46562 Voerde (DE). **FLEMMING, Anna** [DE/DE]; Großer Hasenpfad 134, 60598 Frankfurt (DE). **DEIS, Wolfgang** [DE/DE]; Montpellierstraße 2, 69115 Heidelberg (DE). **KOLLIGS, Carsten** [DE/DE]; Habichtweg 6, 46244 Bottrop (DE). **PÜSCHEL, Sven** [DE/DE]; Am Kirschberg 28, 01796 Dohma (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, IR, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: METHOD FOR DETERMINING THE STATE OF CHARGE OF A BATTERY

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DES LADEZUSTANDS EINES AKKUMULATORS



Figur 1

(57) **Abstract**: The invention relates to a method for determining the state of charge of a battery, wherein a functional relationship between the state of charge and the open-circuit voltage of the battery is empirically determined. In the determination of the functional relationship, the battery, which is completely charged at the beginning, is discharged with defined charges and open-circuit voltages are measured at several discharge steps of the battery, wherein states of charge of the battery are associated with the measured open-circuit voltages after the measurements. After the determination of the functional relationship, during operation of the battery, the state of charge is determined from an estimated open-circuit voltage on the basis of the functional relationship. In a first phase in the determination of the functional relationship between the state of charge and the open-circuit voltage, the battery is discharged in steps at constant amperages until the open-circuit voltage falls below a limit voltage, and then in a second phase the amperage is reduced in a further step and the battery is discharged further until the amperage falls below a limit amperage. The invention further relates to a device for performing such a method, wherein the device comprises at least one battery, a controller for controlling the input and output power in an open-loop or closed-loop manner, a computing unit for determining the state of charge of the battery, and a data memory, wherein the data of the functional relationship between the state of charge and the open-circuit voltage are stored in the data memory and the computing unit has access to the data memory.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/139878 A1

(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)*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des Ladezustands eines Akkumulators, wobei ein funktionaler Zusammenhang zwischen dem Ladezustand und der Leerlaufspannung des Akkumulators empirisch ermittelt wird, wobei bei der Ermittlung des funktionalen Zusammenhangs der zu Beginn vollständig geladene Akkumulator mit definierten Ladungen entladen wird undbei mehreren Entladungsstufen des Akkumulators Leerlaufspannungen gemessen werden, wobei den gemessenen Leerlaufspannungen im Anschluss an die Messungen Ladezustände des Akkumulators zugeordnet werden, und nach Ermittlung des funktionalen Zusammenhangs, während eines Betriebs des Akkumulators anhand des funktionalen Zusammenhangs der Ladezustand aus einer abgeschätzten Leerlaufspannung bestimmt wird, wobei bei dem Ermitteln des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem Ladezustand und der Leerlaufspannung ineiner ersten Phase der Akkumulator schrittweise mit konstanten Stromstärken entladen wird, bis eine Grenzspannung unterschritten wird, und anschließend in einer zweiten Phase die Stromstärke in einem weiteren Schritt reduziert wird und der Akkumulator weiter entladen wird, bis eine Grenzstromstärke unterschritten wird. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens, wobei die Vorrichtung zumindest einen Akkumulator, eine Steuerung zum Steuern oder Regeln der ein-und ausgespeicherten Leistung, eine Recheneinheit zur Bestimmung des Ladezustands des Akkumulators und einen Datenspeicher umfasst, wobei in dem Datenspeicher die Daten des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem Ladezustand und der Leerlaufspannung gespeichert sind und die Recheneinheit auf den Datenspeicher Zugriff hat.

„Verfahren zur Bestimmung des Ladezustands eines Akkumulators“

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des Ladezustands eines Akkumulators, wobei ein funktionaler Zusammenhang zwischen dem Ladezustand und der Leerlaufspannung des Akkumulators empirisch ermittelt wird, wobei bei der Ermittlung des funktionalen Zusammenhangs der zu Beginn vollständig geladene Akkumulator mit definierten Ladungen entladen wird und bei mehreren Entladungsstufen des Akkumulators Leerlaufspannungen gemessen werden, wobei den gemessenen Leerlaufspannungen im Anschluss an die Messungen Ladezustände des Akkumulators zugeordnet werden, und nach Ermittlung des funktionalen Zusammenhangs, während eines Betriebs des Akkumulators anhand des funktionalen Zusammenhangs der Ladezustand aus einer abgeschätzten Leerlaufspannung bestimmt wird. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens.

Die Bestimmung des Ladezustands eines Akkumulators ist häufig essentiell für den Einsatz des Akkumulators. Wenn der Akkumulator für die Bereitstellung von Regelleistung verwendet werden soll, kann die Ladezustandsbestimmung dabei helfen, den Akkumulator in einer besonders wirtschaftlichen Weise zu betreiben. Für die Bereitstellung von Regelleistung müssen die verwendeten Akkumulatoren relativ groß ausgelegt werden, da sie über gewisse Zeiträume teilweise beträchtliche Energien aufnehmen oder abgegeben können müssen.

Sowohl beim Erzeugen als auch dem Verbrauchen von Energie kann es in Stromnetzen zu ungeplanten Schwankungen kommen. Diese können auf der Energieerzeugerseite beispielsweise dadurch entstehen, dass ein Kraftwerk oder ein Teil des Stromnetzes ausfällt oder zum Beispiel im Fall erneuerbarer Energien wie Wind, dass die Energieerzeugung höher ausfällt als prognostiziert. Auch bezüglich der Verbraucher kann es zu unerwartet hohen oder niedrigen Verbräuchen kommen. Der Ausfall eines Teils des Stromnetzes beispielsweise, der einige Verbraucher von der

Energieversorgung abschneidet, kann zu einer plötzlichen Reduzierung des Stromverbrauchs führen.

Dies führt im Allgemeinen dazu, dass es in Stromnetzen durch ungeplante und/oder kurzfristige Abweichungen von Leistungserzeugung und/oder -verbrauch zu Schwankungen der Netzfrequenz kommt. Die gewünschte Wechselstromfrequenz beträgt beispielsweise in Europa 50,000 Hz. Solche gewünschten Wechselstromfrequenzen werden auch als Sollfrequenzen bezeichnet. Eine Verringerung des Verbrauchs gegenüber einem (prognostizieren) Plan führt zu einer Erhöhung der Netzfrequenz bei entsprechend der Prognose erzeugter Leistung durch die Energieerzeuger, gleiches gilt für eine Erhöhung der Stromproduktion gegenüber dem Plan bei entsprechend prognostiziertem Verbrauch. Eine Verringerung der Leistung der Energieerzeuger gegenüber dem Plan bei entsprechend prognostiziertem Verbrauch führt dagegen zu einer Verringerung der Netzfrequenz, gleiches gilt für eine Erhöhung des Verbrauchs gegenüber dem prognostiziertem Verbrauch und entsprechend plangemäßer Erzeugung.

Aus Gründen der Netzstabilität ist es erforderlich, diese Abweichungen in einem definierten Rahmen zu halten. Dazu muss je nach Höhe und Richtung der Abweichung gezielt positive Regelleistung durch Zuschalten von zusätzlichen Erzeugern oder Abschalten von Verbrauchern oder negative Regelleistung durch Abschalten von Erzeugern oder Hinzuschalten von Verbrauchern bereitgestellt werden. Es besteht allgemein der Bedarf an einer wirtschaftlichen und effizienten Bereitstellung dieser Regelleistungen, wobei die Anforderungen an die bereitzuhaltenden Kapazitäten und die Dynamik der Regelleistungsquellen beziehungsweise Regelleistungssenken je nach Charakteristik des Stromnetzes variieren können.

In Europa gibt es beispielsweise ein Regelwerk („UCTE Handbook“), das drei verschiedene Kategorien an Regelleistung beschreibt. Darin sind auch die jeweiligen Anforderungen an die Regelleistungsarten festgelegt. Die Regelleistungsarten unterscheiden sich unter anderem in den Anforderungen an die Dynamik und die Dauer der Leistungserbringung. Außerdem werden sie unterschiedlich hinsichtlich der Randbedingungen eingesetzt. Primärregelleistung (PRL) ist unabhängig vom Ort der

Verursachung der Störung europaweit von allen eingebundenen Quellen zu erbringen und zwar im Wesentlichen proportional zur aktuellen Frequenzabweichung. Die maximale positive Leistung (Einspeisung ins Netz) ist bei Frequenzabweichungen von minus 200 mHz und (absolut) darunter zu erbringen, die maximale negative Leistung ist bei Frequenzabweichungen von plus 200 mHz und darüber zu erbringen. Hinsichtlich der Dynamik gilt, dass aus dem Ruhezustand die jeweils (betragsmäßig) maximale Leistung innerhalb von 30 Sekunden gleichmäßig bereitgestellt werden muss. Demgegenüber sind Sekundärregelleistung (SRL) und Minutenreserveleistung (MR) in den Netzteilen zu erbringen, in denen die Störung aufgetreten ist. Ihre Aufgabe ist es, die Störung möglichst schnell zu kompensieren und somit dafür zu sorgen, dass die Netzfrequenz wieder möglichst schnell, vorzugsweise spätestens nach 15 Minuten wieder im Sollbereich liegt. Hinsichtlich der Dynamik werden an die SRL und die MRL geringere Anforderungen gestellt (5 beziehungsweise 15 Minuten bis zur vollen Leistungserbringung nach Aktivierung).

In den bisher betriebenen Stromnetzen wird ein Großteil der Regelleistung von konventionellen Kraftwerken, insbesondere Kohle- und Atomkraftwerken bereitgestellt. Zwei grundsätzliche Problemstellungen resultieren hieraus. Zum einen werden die konventionellen, Regelleistung bereitstellenden Kraftwerke nicht bei Volllast und damit maximalen Wirkungsgraden, sondern leicht unterhalb derselben betrieben, um bei Bedarf positive Regelleistung bereitstellen zu können, gegebenenfalls über einen theoretisch unbegrenzten Zeitraum. Zum anderen sind mit zunehmendem Ausbau und zunehmender bevorzugter Nutzung der erneuerbaren Energien immer weniger konventionelle Kraftwerke in Betrieb, was aber oftmals die Grundvoraussetzung für die Erbringung von Regelleistungen ist.

Aus diesem Grund wurden Ansätze entwickelt, vermehrt Energiespeicher wie Akkumulatoren einzusetzen, um negative Regelleistung zu speichern und bei Bedarf als positive Regelleistung bereitzustellen. Dies hat den Vorteil, dass dieselbe Energie, die zu einem ersten Zeitpunkt aus dem Stromnetz als negative Regelleistung entnommen wurde, zu einem zweiten Zeitpunkt als positive Regelleistung bereitgestellt werden

kann, ohne dass diese neu erzeugt werden muss. Dazu ist eine möglichst genaue Kenntnis des Ladezustands eines hierzu verwendeten Akkumulators wichtig.

Es ist aus der WO 2010 042 190 A2 und der JP 2008 178 215 A bekannt, Energiespeicher zur Bereitstellung von positiver und negativer Regelleistung zu verwenden. Wenn die Netzfrequenz einen Bereich um die gewünschte Netzfrequenz verlässt, wird entweder Energie aus dem Energiespeicher bereitgestellt oder in den Energiespeicher aufgenommen, um die Netzfrequenz zu regulieren. Auch die DE 10 2008 046 747 A1 schlägt vor, einen Energiespeicher in einem Inselstromnetz derart zu betreiben, dass der Energiespeicher zur Kompensation von Verbrauchsspitzen und Verbrauchsminima eingesetzt wird. Nachteilig ist hieran, dass die Energiespeicher nicht die notwendige Kapazität haben, um eine längere Störung oder mehrere, hinsichtlich der Frequenzabweichung gleichgerichtete Störungen hintereinander zu kompensieren.

In dem Artikel „Optimizing a Battery Energy Storage System for Primary Frequency Control“ von Oudalov et al., in IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 22, No. 3, August 2007, wird die Kapazität eines Akkumulators in Abhängigkeit von technischen und betrieblichen Randbedingungen bestimmt, damit dieser nach den europäischen Normen („UCTE Handbook“) Primärregelleistung bereitstellen kann. Es zeigt sich, dass auf Grund der Ein- und Ausspeicherverluste langfristig immer wieder ein Aufladen des Energiespeichers in größeren Zeitabständen unvermeidbar ist. Trotzdem kann es kurzfristig beziehungsweise vorübergehend dazu kommen, dass der Energiespeicher schon voll geladen ist und daher nach einer anderen Verbrauchsmöglichkeit gesucht werden muss. In dem Artikel wird ein (begrenzter Einsatz) von Widerständen vorgeschlagen. Dies führt jedoch zu einer Energievernichtung und in der Regel einer Entwertung der Energie. Trotz dieser Maßnahme ist der Energiespeicher mit einer Volllast-Laufzeit von 1,6 Stunden immer noch vergleichsweise groß dimensioniert, jedenfalls deutlich größer als es den Minimalanforderungen des „UCTE Handbooks“ entspricht. Die vergleichsweise hohen Kapazitäten sind mit entsprechenden Investitionskosten verbunden und machen den Einsatz von Energiespeichern oftmals unwirtschaftlich. Bei einer genauen Bestimmung des aktuellen Ladezustands eines

Akkumulators während des Betriebs zur Bereitstellung von Regelleistung kann der Ladezustand des Akkumulators genauer eingestellt werden. Möglichkeiten hierzu sind beispielsweise aus der US 7,839,027 B2 sowie der WO 2010 042 190 A2 bekannt. Dadurch muss nur eine geringere Kapazität bereitgehalten werden, wodurch die Kosten gesenkt werden können.

Akkumulatoren können sehr schnell Energie aufnehmen oder abgeben, wodurch sie sich grundsätzlich zur Bereitstellung von PRL eignen. Nachteilig ist jedoch hieran, dass sehr große Kapazitäten der Akkumulatoren bereitgestellt werden müssen, um die Regelleistung auch über einen längeren Zeitraum oder wiederholt liefern zu können. Akkumulatoren mit sehr großer Kapazität sind aber auch sehr teuer.

Auf Grund der Verluste beim Ein- und Ausspeichern von Energie erfolgt bei statistisch symmetrischer Abweichung der Netzfrequenzen vom Sollwert durch den Betrieb früher oder später eine Entleerung des Energiespeichers, wie zum Beispiel eines Akkumulators. Es ist daher erforderlich, den Energiespeicher mehr oder weniger regelmäßig gezielt aufzuladen. Eventuell muss dieser Ladestrom separat bezahlt werden.

Aus der US 7,839,027 B2 sowie der WO 2010 042 190 A2 ist ein Verfahren zur Bereitstellung von Regelleistung mit einem Energiespeicher bekannt. Dabei wird in den Zeiten, in denen keine Regelleistung benötigt wird, also innerhalb eines Totbands um die Sollfrequenz der Netzfrequenz der Energiespeicher geladen oder entladen, um einen gewünschten Ausgangsladungszustand zu erzielen. Nachteilig ist hieran, dass sich der Ladezustand eines Akkumulators nur bedingt genau bestimmen lässt. Zudem altern die verschiedenen Akkumulatoren mit der Zeit und mit der Dauer der Benutzung. Dadurch ist der Ladezustand des Akkumulators nicht genau bestimmbar. Ferner ist nachteilig, dass, wenn die Frequenz längere Zeit außerhalb des Totbands ist, der Energiespeicher noch immer stark geladen oder entladen wird. Es muss also immer noch eine große Kapazität (Energiespeicherkapazität) des Energiespeichers vorgehalten werden.

Ein weiterer Nachteil des Stands der Technik ist darin zu sehen, dass zumindest zeitweise im Totband keine Regelleistung erbracht wird oder das Stromnetz sogar mit

einer kontraproduktiven Leistung zur Anpassung des Ladezustands des Energiespeichers belastet wird.

Aus einem Artikel von Michael Roscher und Dirk Sauer (Journal of Power Sources 196 (2011) 331–336) mit dem Titel „Dynamic electric behavior and open-circuit-voltage modeling of $LiFePO_4$-based lithium ion secondary batteries“ ist ein gattungsgemäßes Verfahren zur Bestimmung des Ladezustands (State of Charge „SoC“) eines Akkumulators bekannt, bei dem eine Kennlinie des Ladezustands des Akkumulators in Abhängigkeit von einer Leerlaufspannung (open-circuit-voltage „OCV“) bestimmt wird, indem der Akkumulator schrittweise mit immer gleichen Ladungsmengen entladen wird und nach jeder Entladung und einer ausreichenden Relaxationszeit die Leerlaufspannung des Akkumulators gemessen wird. Anschließend kann mit Hilfe eines Ersatzschaltbilds der aktuelle Ladezustand des Akkumulators während des Betriebs bestimmt werden, wobei auch verschiedene Einflüsse auf die Kapazität und den Ladezustand des Akkumulators berücksichtigt werden können. Für die Details zu diesem Verfahren sei auf den genannten Artikel von Roscher und Sauer verwiesen.

Bei dem Verfahren nach Roscher und Sauer wird die SOC-OCV-Kennlinie, durch eine konstante Entladung mit 1C bis zur Abschaltspannung erzeugt, wobei eine feste Kapazität der Zelle (40 Ah) angenommen wird. Das dabei verwendete elektrische Ersatzschaltbild verwendet konstante Parameter Rs, Rp, Cp für Widerstände beziehungsweise Impedanzen und für die kapazitiven Anteile. Die Leerlaufspannung wird während der SOC-Bestimmung in jedem Schritt angepasst. Zur kontinuierlichen Ladezustandsbestimmung wird ein Coulomb-Counting durchgeführt, das ausschließlich über eine Strommessung erfolgt. Anschließend erfolgt ein Korrekturschritt mit Hilfe des elektrischen Modells auf den über Coulomb-Counting bestimmten Ladezustand, um den tatsächlichen Ladezustand des Akkumulators zu bestimmen.

Nachteilig an diesen Verfahren ist, dass es bei der Bestimmung der SoC-OCV-Kennlinie, also der Ladezustands-Leerlaufspannungs-Kennlinie, zu Ungenauigkeiten kommen kann, da diese Kennlinie von der Temperatur und dem Altern der Batterie abhängt, so dass eine exakte Bestimmung des aktuellen Ladezustands nur bedingt möglich ist. Die Ungenauigkeiten führen in der Praxis dazu, dass der Akkumulator nicht

optimal gesteuert oder geregelt wird. Im Falle der Bereitstellung von Regelleistung muss eine unnötig große Kapazität des Akkumulators bereitgehalten werden, um die möglichen Fehler bei der Verwendung der Ladezustands-Leerlaufspannungs-Kennlinie zu kompensieren und immer ausreichend Kapazität zur Bereitstellung und Aufnahme der Regelleistung zur Verfügung zu haben.

Die Aufgabe der Erfindung besteht also darin, die Nachteile des Stands der Technik zu überwinden. In Anbetracht des Stands der Technik ist es nun insbesondere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein technisch verbessertes Verfahren zur Bestimmung des Ladezustands eines Akkumulators bereitzustellen, so dass eine genauere ladezustandsabhängige Steuerung bei der Bereitstellung von Regelleistung möglich ist. Insbesondere sollen bisher unberücksichtigte Ladungsanteile des Akkumulators berücksichtigt werden, um eine genauere Ladezustands-Leerlaufspannungs-Kennlinie zu bestimmen, insbesondere weniger abhängig von Temperatur und Alter der Batterie. Dadurch ist unter anderem eine kleinere Dimensionierung des Akkumulators möglich, da für jeden möglichen Fehler bei der Bestimmung des Ladezustands eine entsprechende Kapazität des Akkumulators bereitgehalten werden muss.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist darin zu sehen, dass insbesondere bei einer Verwendung von galvanischen Elementen, wie Akkumulatoren, die Kapazität des Energiespeichers aus Kostengründen möglichst gering sein soll, um die erforderliche Regelleistung bereitzustellen.

Darüber hinaus sollte das Verfahren mit möglichst wenigen Verfahrensschritten durchgeführt werden können, wobei dieselben einfach und reproduzierbar sein sollten.

Weitere nicht explizit genannte Aufgaben ergeben sich aus dem Gesamtzusammenhang der nachfolgenden Beschreibung, den Ausführungsbeispielen und den Ansprüchen.

Gelöst werden diese sowie weitere nicht explizit genannte Aufgaben, die jedoch aus den hierin einleitend diskutierten Zusammenhängen ohne weiteres ableitbar oder erschließbar sind, durch ein Verfahren mit allen Merkmalen des Patentanspruchs 1. Zweckmäßige Abwandlungen des erfindungsgemäßen Verfahren zur Bereitstellung von Regelleistung für ein Stromnetz, bei dem zumindest ein an das Stromnetz

angeschlossener Energiespeicher dem Stromnetz nach Bedarf Energie zuführt und/oder aus dem Stromnetz nach Bedarf Energie aufnimmt, werden in den Unteransprüchen 2 bis 14 unter Schutz gestellt. Ferner hat Patentanspruch 15 eine Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens zum Gegenstand, während zweckmäßige Abwandlungen dieser Vorrichtung in den Unteransprüchen 16 bis 18 unter Schutz gestellt werden.

Die vorliegende Erfindung wird dementsprechend gelöst durch ein Verfahren zur Bestimmung des Ladezustands eines Akkumulators, wobei ein funktionaler Zusammenhang zwischen dem Ladezustand und der Leerlaufspannung des Akkumulators empirisch ermittelt wird, wobei bei der Ermittlung des funktionalen Zusammenhangs der zu Beginn vollständig geladene Akkumulator mit definierten Ladungen entladen wird und bei mehreren Entladungsstufen des Akkumulators Leerlaufspannungen gemessen werden, wobei den gemessenen Leerlaufspannungen im Anschluss an die Messungen Ladezustände des Akkumulators zugeordnet werden, und nach Ermittlung des funktionalen Zusammenhangs, während eines Betriebs des Akkumulators anhand des funktionalen Zusammenhangs der Ladezustand aus einer abgeschätzten Leerlaufspannung bestimmt wird, wobei bei dem Ermitteln des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem Ladezustand und der Leerlaufspannung in einer ersten Phase der Akkumulator schrittweise mit konstanten Stromstärken entladen wird, bis eine Grenzspannung unterschritten wird, und anschließend in einer zweiten Phase die Stromstärke in einem weiteren Schritt reduziert wird und der Akkumulator weiter entladen wird, bis eine Grenzstromstärke unterschritten wird.

Dabei kann vorgesehen sein, dass der Leerlaufspannung, die bei der letzten Entladungsstufe nach Erreichen der geringsten Stromstärke, vorzugsweise nach Erreichen der Grenzstromstärke gemessen wird, ein Ladezustand von 0% zugeordnet wird und der Leerlaufspannung, die bei vollständig geladenem Akkumulator gemessen wird, ein Ladezustand von 100% zugeordnet wird.

Auch kann vorgesehen sein, dass der Akkumulator mehrere parallel geschaltete und/oder in Reihe geschaltete galvanische Zellen umfasst.

Eine solche Anordnung ist für größere Akkumulatoren zur Bereitstellung von Regelenergie besonders gut geeignet.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann sich auch dadurch auszeichnen, dass es bei der Bereitstellung von Regelleistung durch den Akkumulator eingesetzt wird, vorzugsweise bei der Bereitstellung von Primärregelleistung und/oder Sekundärregelleistung.

Erfindungsgemäße Verfahren können sich auch dadurch auszeichnen, dass die Grenzspannung einer Lithium-basierten galvanischen Zelle des Akkumulators zwischen 1 V und 10 V liegt, vorzugsweise zwischen 3 V und 4,2 V, besonders bevorzugt bei 3 V.

Ferner kann vorgesehen sein, dass die Grenzstromstärke einer Lithium-basierten galvanischen Zelle des Akkumulators zwischen 0,1 A und 10 A liegt, vorzugsweise zwischen 0,5 A und 3 A, besonders bevorzugt bei 1 A.

Bis zu diesen Grenzspannungen und Grenzstromstärken arbeiten die bevorzugten galvanischen Lithium-Ionen-Zellen, die zur Umsetzung erfindungsgemäßer Verfahren besonders gut geeignet sind.

Auch kann vorgesehen sein, dass der Akkumulator vor Erreichen der Grenzspannung mit einer Entladungsrate (C-Rate) zwischen 0,5 C und 2 C, vorzugsweise mit 1 C entladen wird und/oder nach Erreichen der Grenzspannung und vor Unterschreiten des Grenzstroms mit einer abnehmenden Entladungsrate (C-Rate) zwischen C/500 und 2 C, vorzugsweise zwischen C/100 und 1 C entladen wird.

Bei diesen Entladungsraten kann auch der letzte Rest der im Akkumulator enthaltenen Ladung großenteils und definiert entladen werden, um das gesamte Spektrum des Ladezustands des Akkumulators für eine Messung der Leerlaufspannung zugänglich zu machen.

Bevorzugt kann auch vorgesehen sein, dass mehrere parallel und/oder in Reihe geschaltete Akkumulatoren zentral gesteuert als Regelleistungsvorrichtung betrieben werden, wobei die Regelleistungsvorrichtung je nach Bedarf aus einem Stromnetz Regelleistung aufnimmt oder in das Stromnetz Regelleistung abgibt und der

Ladezustand der Regelleistungsvorrichtung aus der Summe der Ladezustände der Akkumulatoren bestimmt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist zur Bestimmung des Ladezustands von Akkumulatoren bei der Erbringung von Regelenergie besonders gut geeignet und führt umgekehrt dazu, dass die Kapazität des Akkumulators klein gewählt werden kann und so kostengünstiger ist, da der Ladezustand genauer eingeschätzt werden kann.

Eine Weiterbildung der Erfindung kann vorsehen, dass bei einer Aufnahme und/oder Abgabe von Leistung durch den Akkumulator, insbesondere durch die Regelleistungsvorrichtung, der Ladezustand berücksichtigt wird, wobei die aufgenommene und/oder abgegebene Leistung, insbesondere Regelleistung, in Abhängigkeit vom Ladezustand gesteuert oder geregelt wird.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass als Akkumulator ein Lithium-Ionen-Akkumulator, ein Blei-Schwefelsäure-Akkumulator, ein Nickel-Cadmium-Akkumulator, ein Natrium-Schwefel-Akkumulator oder ein Verbund aus zumindest zwei dieser Akkumulatoren verwendet wird.

Diese Akkumulatoren sind besonders gut zur Umsetzung erfindungsgemäßer Verfahren einsetzbar.

Auch kann vorgesehen sein, dass die Kapazität des Akkumulators mindestens 40 Ah, bevorzugt mindestens 1 kAh beträgt und/oder der Akkumulator mindestens eine Energie von zumindest 4 kWh, bevorzugt zumindest 10 kWh, besonders bevorzugt zumindest 50 kWh, ganz besonders bevorzugt zumindest 250 kWh speichern kann.

Diese Ladungen und Kapazitäten sind besonders gut zur Bereitstellung von Regelleistung geeignet.

Gemäß einer besonders bevorzugten Variante eines erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass bei der Bestimmung des Ladezustands des Akkumulators die Kapazität des Akkumulators als Funktion der Temperatur der galvanischen Zellen des Akkumulators und/oder der Stromstärke beim Laden und Entladen des Akkumulators berücksichtigt wird, wobei vorzugsweise der maximale Ladezustand als Funktion der Temperatur der galvanischen Zellen des Akkumulators und/oder der

Stromstärke beim Laden und Entladen des Akkumulators aufgrund einer Messung der Temperatur der galvanischen Zellen des Akkumulators und/oder der Stromstärke beim Laden und Entladen des Akkumulators bestimmt wird.

Das Berücksichtigen dieser zusätzlichen Variablen führt zu einer Verbesserung der Einschätzung des Ladezustands des Akkumulators.

Ferner kann bei besonders bevorzugten erfindungsgemäßen Verfahren auch vorgesehen sein, dass bei der Bestimmung des Ladezustands des Akkumulators ein Ersatzschaltbild umfassend wenigstens einen Widerstand und/oder wenigstens einen Kondensator zur Bestimmung der Leerlaufspannung des Akkumulators als Funktion der Temperatur der galvanischen Zellen des Akkumulators, der Stromrichtung und/oder der Entladungsrate berücksichtigt wird.

Mit Hilfe des Ersatzschaltbilds kann eine noch genauere und realistischere Einschätzung des Ladezustands gegeben werden.

Ferner kann vorgesehen sein, dass der während des Betriebs bestimmte Ladezustand unter Berücksichtigung des Schätzwerts der Leerlaufspannung und/oder eines Fehlers der Leerlaufspannung bestimmt wird, der oder die bei der vorherigen Bestimmung der Leerlaufspannung ermittelt wurde oder wurden.

Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass als Anodenmaterial der galvanischen Zellen des Akkumulators Graphit oder Lithiumtitanoxid, bevorzugt $Li_2Ti_5O_{12}$ verwendet wird und als Kathodenmaterial der galvanischen Zellen des Akkumulators Lithiumcobaltoxid, Lithiummanganoxid, Lithiumnickelmangancobalt-oxid, Lithiumnickelcobaltalluminiumoxid und/oder Lithiumeisenphosphoroxid verwendet wird, bevorzugt $LiCoO_2$, $LiMn_2O_4$, $Li(Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3})O_2$, $Li(Ni_{0,85}Co_{0,1}Al_{0,05})O_2$ und/oder $LiFePO_4$.

Diese Elektrodenmaterialien bewirken gut berechenbare galvanische Zellen, auf die erfindungsgemäße Verfahren besonders gut anwendbar sind.

Insbesondere kann es sich bei dem Verfahren auch um ein Verfahren zur Bereitstellung von Primärregelleistung und/oder von Sekundärregelleistung handeln.

Hierdurch gelingt es auf nicht vorhersehbare Weise ein Verfahren zur Bestimmung des Ladezustands eines Akkumulators zu realisieren, bei dem zumindest ein an das Stromnetz angeschlossener Energiespeicher in Abhängigkeit von seinem Ladezustand dem Stromnetz nach Bedarf Energie zuführt und/oder aus dem Stromnetz nach Bedarf Energie aufnimmt, das nicht mit den Nachteilen herkömmlicher Verfahren behaftet ist.

Dabei wird die Wirtschaftlichkeit des Betriebs von Energiespeichern, wie Akkumulatoren, zur Primärregelleistungsbereitstellung durch Vermeidung von ineffizienten Ladezuständen durch das erfindungsgemäße Verfahren verbessert, wobei insbesondere eine Bereitstellung von Primärregelleistung mit geringerer Energiespeicher-Kapazität ermöglicht wird.

Außerdem wird durch das erfindungsgemäße Verfahren die Auswirkung der Alterungsbelastung genauer bestimmbar.

Als Energiespeicher kommen insbesondere Systeme mit stark eingeschränkter Speichergröße in Frage. Im englischsprachigen Raum werden diese unter anderem als Limited Energy Storage Resources (LESRs) bezeichnet.

Darüber hinaus kann das erfindungsgemäße Verfahren sehr einfach und kostengünstig durchgeführt werden. Ferner kann das Verfahren mit relativ wenigen Verfahrensschritten durchgeführt werden, wobei dieselben einfach und reproduzierbar sind.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass eine Bandbreite, innerhalb der der Ladezustand des Akkumulators durch Laden oder Entladen verändert werden kann, um einen mittleren Ladezustand anzustreben, proportional einer Ladezustandsdifferenz des aktuellen Ladezustands des Akkumulators von einem mittleren Ladezustand gewählt wird, insbesondere die Bandbreite linear von der Ladezustandsdifferenz des aktuellen Ladezustands vom mittleren Ladezustand abhängt.

Hierbei werden Berechnungen durchgeführt, die das Verfahren zwar verkomplizieren, aber auch dazu führen, dass sich der Ladezustand des Akkumulators nur bei großen

Abweichungen stark ändert und somit eine zweckmäßige Rückführung des Ladezustands zu dem mittleren Ladezustand bewirkt.

Ferner kann vorgesehen sein, dass der Ladezustand des Akkumulators kontinuierlich bestimmt wird, wobei bevorzugt die vom Akkumulator ans Stromnetz abgegebene Regelleistung in Abhängigkeit vom Ladezustand geregelt wird.

Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorsehen, dass außerhalb der Bandbreite Regelleistung wie vom Stromnetzbetreiber gewünscht bereitgestellt wird und/oder der Betrag der Regelleistung bezüglich der Frequenzabweichung bereichsweise antiproportional zur Frequenzabweichung der Netzfrequenz erbracht wird, vorzugsweise linear zur Frequenzabweichung.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung kann vorsehen, dass bei einer Änderung der benötigten Regelleistung der Zeitpunkt nach der Änderung, ab dem vom Energiespeicher eine Regelleistung bereitgestellt wird, in Abhängigkeit vom aktuellen Ladezustand des Akkumulators gewählt wird.

Dabei kann vorgesehen sein, dass der Zeitpunkt in einem Zeitintervall zwischen der Änderung der benötigten Regelleistung und einer maximalen Zeit nach der Änderung liegt, wobei insbesondere das Zeitintervall im Falle einer Bereitstellung von Primärregelleistung 30 Sekunden beträgt.

Durch ein Anstreben eines mittleren gewünschten Ladezustands beziehungsweise eines mittleren gewünschten Energiegehalts des Akkumulators kann die Verwendung eines solchen Akkumulators in überraschender vorteilhafter Weise für die Bereitstellung von Regelleistung für ein Stromnetz genutzt werden, ohne dass beispielsweise Akkumulatoren mit größeren Kapazitäten notwendig werden. Hierdurch können die Nachteile klassischer Energieerzeuger und Energieverbraucher, die für die Bereitstellung von Regelleistung zumeist in Teillast gefahren werden müssen, vermieden werden. Der Ladezustand entspricht im Fall von Akkumulatoren dem Ladungszustand (engl.: „State-of-Charge“, SOC).

Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst durch eine Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens, wobei die Vorrichtung zumindest einen Akkumulator, eine

Steuerung zum Steuern oder Regeln der ein- und ausgespeicherten Leistung, eine Recheneinheit zur Bestimmung des Ladezustands des Akkumulators und einer Datenspeicher umfasst, wobei in dem Datenspeicher die Daten des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem Ladezustand und der Leerlaufspannung gespeichert sind und die Recheneinheit auf den Datenspeicher Zugriff hat.

Dabei kann vorgesehen sein, dass der Akkumulator derart an ein Stromnetz angeschlossen ist, dass durch die Vorrichtung Leistung in das Stromnetz einspeisbar und aus dem Stromnetz entnehmbar ist.

Auch kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung ein Amperemeter zum Bestimmen der Stromstärke und vorzugsweise auch der Stromrichtung des in den Akkumulator eingespeicherten Stroms und des aus dem Akkumulator abfließenden Stroms und/oder zumindest ein Thermoelement zur Bestimmung der Temperatur wenigstens eines galvanischen Elements des Akkumulators umfasst.

Gemäß einer Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann vorgesehen sein, dass der Akkumulator ein Lithium-Ionen-Akkumulator, ein Blei-Schwefelsäure-Akkumulator, ein Nickel-Cadmium-Akkumulator, ein Natriumsulfid-Akkumulator und/oder ein Li-Ionen-Akkumulator und/oder ein Verbund aus zumindest zwei dieser Akkumulatoren ist.

Ferner kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung eine Vorrichtung zum Messen des Ladezustands des zumindest einen Akkumulators und/oder eine Vorrichtung zum Messen der Frequenzabweichung der Netzfrequenz von der Sollfrequenz und einen Datenspeicher umfasst, wobei in dem Datenspeicher vorzugsweise der mittlere Ladezustand des Energiespeichers gespeichert ist, wobei die Steuerung auf den Datenspeicher Zugriff hat und dazu ausgelegt ist, in Abhängigkeit von dem Ladezustand des Energiespeichers und/oder von der Frequenzabweichung die vom Energiespeicher abgegebene und aufgenommene Regelleistung zu steuern.

Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass es durch einen Entladungsschritt oder mehrere zusätzliche Entladungsschritte bei einer reduzierten Entladungsstromstärke gelingt, auch die letzten Reste der Kapazität des Akkumulators

zu entladen und damit eine deutlich genauere Bestimmung der Leerlaufspannung des entleerten Ladezustands zu ermöglichen.

Während mit bisherigen Verfahren nur die Leerlaufspannungen bei Ladezuständen zwischen 100% und einem Ladezustand deutlich über 0% zu bestimmen, kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein geringerer Ladezustand als bisher in die Kennlinie mit aufgenommen werden. Aus dieser erfindungsgemäßen Erkenntnis ergibt sich ebenfalls, dass die Kapazität des Akkumulators geringer gewählt werden kann und es mit einem erfindungsgemäßen Verfahren besonders gut gelingen kann, die Kapazität des Akkumulators klein zu halten.

In bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung werden mehrere Akkumulatoren gepoolt und in erfindungsgemäßer Verfahrensweise betrieben. Die Größe der Akkumulatoren innerhalb des Pools kann dabei variieren.

Im Gegensatz zu den bisher bekannten Verfahren kann ein erfindungsgemäßes Verfahren durchgeführt werden, indem eine variable Kapazität der galvanischen Zellen oder des Akkumulators abhängig von der C-Rate und der Temperatur verwendet wird. Dadurch spiegelt der berechnete SOC die im aktuellen Betriebszustand tatsächlich entnehmbare Kapazität wider.

Besonders vorteilhaft wirkt sich bei erfindungsgemäßen Verfahren aus, dass die SOC-OCV-Kennlinie, die über einen CV-Schritt bis Erreichen einer Grenzspannung, vorzugsweise bis Unterschreitung von 3 V erzeugt wird. Dies hat den Vorteil, dass 0% SOC unabhängig von der Temperatur des Akkumulators und der C-Rate eindeutig definiert ist. Zudem spiegelt so der berechnete SOC die tatsächlich entnehmbare Kapazität wider.

Das Ersatzschaltbild, wird, wie von Roscher und Sauer vorgeschlagen, anhand eines in Serie geschalteten virtuellen Widerstands Rs und anhand einer virtuellen Parallelschaltung eines Kondensators Cp und eines Widerstands Rp berechnet. Erfindungsgemäß kann nun besonders bevorzugt vorgesehen sein, dass das elektrische Ersatzschaltbild einen Parameter Rs verwendet, der abhängig von Temperatur, SOC und C-Rate bestimmt wird. Rp und Cp sind dagegen konstant. Hierdurch erfolgt eine Berücksichtigung des aktuellen Betriebszustands des

Akkumulators. Erfindungsgemäß können so Veränderungen des Innenwiderstands aufgrund von Alterung berücksichtigt werden.

Die Parameter Rs und die Leerlaufspannung des elektrischen Ersatzschaltbilds können erfindungsgemäß in jedem Schritt angepasst werden. Der Fehler der geschätzten Spannung (U_schätz) bestimmt dabei die Anpassung.

Das Coulomb-Counting erfolgt erfindungsgemäß besonders bevorzugt basierend auf dem letzten endgültigen SOC-Wert, der um Berechnungen aus elektrischem Modell korrigiert wurde. Der abschließende Korrekturschritt wird über das elektrische Modell auf die über das Coulomb-Counting bestimmte Leerlaufspannung durchgeführt und so die endgültige Leerlausspannung bestimmt.

Da ein endgültiger SOC-Wert bereits korrigiert wurde, werden Messfehler durch ein erfindungsgemäßes Verfahren nicht aufintegriert. Außerdem bleibt der Korrekturschritt über den gesamten Zeitraum klein, da der Coulomb-Counting-Schritt bereits auf dem letzten korrigierten SOC-Wert (endgültigem SOC) basiert.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von einer schematisch dargestellten Figur und anhand von acht Diagrammen erläutert, ohne jedoch dabei die Erfindung zu beschränken. Dabei zeigt:

Figur 1: eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustands eines Akkumulators und zur Bereitstellung von Regelenergie;

Figur 2: ein Diagramm zur Genauigkeit der SOC-Schätzung mit -1 A Strommessfehler bei Anwendung des Algorithmus von Roscher und Sauer;

Figur 3: ein Diagramm zur Genauigkeit der SOC-Schätzung mit +1 A Strommessfehler bei Anwendung des Algorithmus von Roscher und Sauer;

Figur 4: ein Diagramm zur Genauigkeit der SOC-Schätzung mit -1 A Strommessfehler bei Anwendung des erfindungsgemäßen Algorithmus;

Figur 5: ein Diagramm zur Genauigkeit der SOC-Schätzung mit +1 A Strommessfehler bei Anwendung des erfindungsgemäßen Algorithmus;

Figur 6: ein Diagramm zur Genauigkeit der SOC-Schätzung mit -5 A Strommessfehler bei Anwendung des Algorithmus von Roscher und Sauer;

Figur 7: ein Diagramm zur Genauigkeit der SOC-Schätzung mit +5 A Strommessfehler bei Anwendung des Algorithmus von Roscher und Sauer;

Figur 8: ein Diagramm zur Genauigkeit der SOC-Schätzung mit -5 A Strommessfehler bei Anwendung des erfindungsgemäßen Algorithmus; und

Figur 9: ein Diagramm zur Genauigkeit der SOC-Schätzung mit +5 A Strommessfehler bei Anwendung des erfindungsgemäßen Algorithmus.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 zur Bestimmung des Ladezustands eines Akkumulators 2 und zur Bereitstellung von Regelenergie. Der Akkumulator 2 wird von einem Leitsystem 3 gesteuert und überwacht. Der Akkumulator 2 ist an ein Stromnetz 4 zur Aufnahme und Abgabe von Regelenergie angeschlossen. Die ein- und ausgespeicherte Energie wird mit einem Amperemeter 5 gemessen. Das Amperemeter 5 ist mit dem Leitsystem 3 verbunden. In dem Leitsystem 3 wird ein Programm ausgeführt, so dass ein erfindungsgemäßes Verfahren von dem Leitsystem 3 durchgeführt wird. Das Leitsystem 3 steuert zudem die Stromstärke der ein- und ausgespeicherten Regelleistung vom Stromnetz 4 in den Akkumulator 2.

Zur Bestimmung des Ladezustands des Akkumulators 2 ist in einem Datenspeicher des Leitsystems 3 ein Zusammenhang zwischen der Leerlaufspannung des Akkumulators 2 und dem Ladezustand des Akkumulators 2 gespeichert. Dabei können zusätzlich auch die eingespeicherte und ausgespeicherte Regelleistung und andere Faktoren berücksichtigt werden, um den Ladezustand des Akkumulators 2 während des Betriebs zu bestimmen.

Der Zusammenhang zwischen der Leerlaufspannung des Akkumulators und dem Ladezustand wurde dabei wie folgt bestimmt. Zunächst wird der Akkumulator 2 voll aufgeladen, wobei er dabei bis zu einer oberen Abschaltspannung und danach weiter bis zu einem Abschaltstrom geladen wird. Anschließend wird ein gewisser Zeitraum, beispielsweise eine halbe Stunde gewartet, ohne dass der Akkumulator 2 in dieser Zeit

betrieben wird. Dann wird die Leerlaufspannung des Akkumulators 2 bestimmt und dieser Leerlaufspannung der Ladezustand 100% zugeordnet. Anschließend wird der Akkumulator 2 in definierten Schritten mit konstanter Stromstärke entladen und nach ähnlichen Wartezeiten wieder die Leerlaufspannung bestimmt. Bei Erreichen einer Grenzspannung von beispielsweise 50 V wird die Stromstärke der Entladung reduziert und so lange weitere Leerlaufspannungen gemessen, bis eine Grenzstromstärke unterschritten wird. Der letzten gemessenen Leerlaufspannung wird ein Ladezustand von 0% zugeordnet. Den dazwischen gemessenen Leerlaufspannungen werden die entsprechenden Zwischenwerte des Ladezustands zugeordnet, wobei für den prozentualen Anteil einer Entladung die aus dem Akkumulator 2 entnommene Ladung durch die Stromstärke und die Zeit über der die Stromstärke abgegeben wurde, berücksichtigt wird.

Die entsprechenden Wertepaare beziehungsweise die Referenzkurve und der mathematische Zusammenhang, die durch einen mathematischen Fit aus den Wertepaaren erzeugt werden können, wird im Speicher des Leitsystems 2 hinterlegt und zur Bestimmung des Ladezustands des Akkumulators 2 verwendet. Dabei können noch weitere bekannte Verfahren zur Bestimmung des Ladezustands verwendet werden.

Bei der Abgabe von Regelleistung an das Stromnetz 4 oder bei der Aufnahme von Regelleistung aus dem Stromnetz 4 kann der Ladezustand des Akkumulators 2 berücksichtigt werden, indem dieser mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens bestimmt wird. So kann beispielsweise Regelleistung erst bei einer größeren Frequenzabweichung der Netzfrequenz abgegeben werden, wenn der Ladezustand des Akkumulators 2 zu gering ist und es kann Regelleistung erst bei einer größeren Frequenzabweichung der Netzfrequenz aufgenommen werden, wenn der Ladezustand des Akkumulators 2 zu hoch ist. Dadurch kann die Kapazität des Akkumulators 2 geringer gehalten werden, als wenn eine ungenauere Methode zur Bestimmung des Ladezustands verwendet würde.

In den Figuren 2 bis 9 sind Diagramme zur Genauigkeit der SOC-Schätzung mit unterschiedlichen Strom-Messfehlern bei Anwendung bekannter Algorithmen nach

Roscher und Sauer (Figuren 2, 3, 6und 7), und nach einem erfindungsgemäßen Verfahren (Figuren 4, 5, 8 und 9) dargestellt. Die Diagramme zeigen dabei die Häufigkeit einer gemessenen Abweichung in Abhängigkeit von dem prozentualen Fehler. Die Abweichung kommt durch einen Messfehler bei der Bestimmung des Stroms zustande und ist für -1A (Figuren 2 und 4) und +1A (Figuren 3 und 5) sowie für -5A (Figuren 6 und 8) und +5A (Figuren 7 und 9) in den Diagrammen gezeigt.

Als Daten für die Erstellung der Diagramme wurden reale zeitliche Verläufe von Spannungen und Strömen von Akkumulatoren mit verwendet, insbesondere, wie sie zur Bereitstellung von Regelleistung (PRL oder SRL) geeignet sind. Die Spannungs- und Stromverläufe wurden dazu über einen Zeitraum von circa 10 Stunden aufgenommen. Dabei wurde der Akkumulator mehrfach geladen und entladen. Die SOC-OCV-Kennlinien nach den Verfahren nach Roscher und Sauer und nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wurden anhand des verwendeten Akkumulators bestimmt. Der exakte Ladezustand konnte im Labor auch dank nachträglicher Ladezustandsbestimmungen sowie kontrollierter Ladung und Entladung des Akkumulators genau bestimmt werden. Dadurch konnte der mit den verschiedenen Verfahren ermittelte Ladezustand mit dem realen Ladezustand des Akkumulators verglichen werden.

Es zeigt sich, dass mit den herkömmlichen Verfahren nach Roscher und Sauer (Figuren 2, 3, 6 und 7) größere Abweichungen auftreten als mit einem erfindungsgemäßen Verfahren (Figuren 4, 5, 8 und 9). Die größeren Abweichungen sind in den Diagrammen nach den Figuren 2, 3, 6 und 7 durch die ovalen Einkreisungen an den x-Achsen (Fehler) hervorgehoben.

Bei einem Messfehler der Strommessung von 1 A (Figuren 2 und 3) und dem Verfahren von Roscher und Sauer ergibt sich ein maximaler Schätzfehler von 18%. Bei einem Messfehler der Strommessung von 1 A (Figuren 4 und 5) und einem erfindungsgemäßen Verfahren ergibt sich ein maximaler Schätzfehler von etwa 5,3%. Dabei liegen 99% der abgeschätzten Werte bei einem Schätzfehler von unter 5%.

Bei einem Messfehler der Strommessung von 5 A (Figuren 6 und 7) und dem Verfahren von Roscher und Sauer ergibt sich ein maximaler Schätzfehler von 18%. Bei einem

Messfehler der Strommessung von 5 A (Figuren 8 und 9) und einem erfindungsgemäßen Verfahren ergibt sich ein maximaler Schätzfehler von etwa 8%. Dabei liegen 93% der abgeschätzten Werte bei einem Schätzfehler von unter 5%.

Die höheren systematischen Fehler der Modelle nach Roscher und Sauer rühren unter anderem daher, dass bei der Bestimmung der SOC-OCV-Kennlinie die vollständige Entladung des Akkumulators nicht korrekt erfasst wird, sondern die Kapazität des Akkumulators unterschätzt wird.

Für Einzelheiten zur Regelung von Regelleistung und zum Informationsaustausch mit den Netzbetreibern sei auf das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) „TransmissionCode 2007“ vom November 2009 verwiesen.

Die in der voranstehenden Beschreibung, sowie den Ansprüchen, Figuren und Ausführungsbeispielen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln, als auch in jeder beliebigen Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung zum Steuern oder Regeln des Ladezustands
2	Akkumulator
3	Leitsystem / Steuerung
4	Stromnetz
5	Amperemeter
P	Leistung
t	Zeit

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Ladezustands eines Akkumulators (2), wobei ein funktionaler Zusammenhang zwischen dem Ladezustand und der Leerlaufspannung des Akkumulators (2) empirisch ermittelt wird, wobei bei der Ermittlung des funktionalen Zusammenhangs der zu Beginn vollständig geladene Akkumulator (2) mit definierten Ladungen entladen wird und bei mehreren Entladungsstufen des Akkumulators (2) Leerlaufspannungen gemessen werden, wobei den gemessenen Leerlaufspannungen im Anschluss an die Messungen Ladezustände des Akkumulators (2) zugeordnet werden, und nach Ermittlung des funktionalen Zusammenhangs, während eines Betriebs des Akkumulators (2) anhand des funktionalen Zusammenhangs der Ladezustand aus einer abgeschätzten Leerlaufspannung bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, dass bei dem Ermitteln des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem Ladezustand und der Leerlaufspannung in einer ersten Phase der Akkumulator (2) schrittweise mit konstanten Stromstärken entladen wird, bis eine Grenzspannung unterschritten wird, und anschließend in einer zweiten Phase die Stromstärke in einem weiteren Schritt reduziert wird und der Akkumulator (2) weiter entladen wird, bis eine Grenzstromstärke unterschritten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Leerlaufspannung, die bei der letzten Entladungsstufe nach Erreichen der geringsten Stromstärke, vorzugsweise nach Erreichen der Grenzstromstärke gemessen wird, ein Ladezustand von 0% zugeordnet wird und der Leerlaufspannung, die bei vollständig geladenem Akkumulator (2) gemessen wird, ein Ladezustand von 100% zugeordnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Akkumulator (2) mehrere parallel geschaltete und/oder in Reihe geschaltete galvanische Zellen umfasst.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
die Grenzspannung einer Lithium-basierten galvanischen Zelle des Akkumulators (2) zwischen 1 V und 10 V liegt, vorzugsweise zwischen 3 V und 4,2 V, besonders bevorzugt bei 3 V.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
die Grenzstromstärke einer Lithium-basierten galvanischen Zelle des Akkumulators (2) zwischen 0,1 A und 10 A liegt, vorzugsweise zwischen 0,5 A und 3 A, besonders bevorzugt bei 1 A.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
der Akkumulator (2) vor Erreichen der Grenzspannung mit einer Entladungsrate (C-Rate) zwischen 0,5 C und 2 C, vorzugsweise mit 1 C entladen wird und/oder nach Erreichen der Grenzspannung und vor Unterschreiten des Grenzstroms mit einer abnehmenden Entladungsrate (C-Rate) zwischen C/500 und 2 C, vorzugsweise zwischen C/100 und 1 C entladen wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
mehrere parallel und/oder in Reihe geschaltete Akkumulatoren (2) zentral gesteuert als Regelleistungsvorrichtung (1) betrieben werden, wobei die Regelleistungsvorrichtung je nach Bedarf aus einem Stromnetz (4) Regelleistung aufnimmt oder in das Stromnetz (4) Regelleistung abgibt und der Ladezustand der Regelleistungsvorrichtung (1) aus der Summe der Ladezustände der Akkumulatoren (2) bestimmt wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

bei einer Aufnahme und/oder Abgabe von Leistung durch den Akkumulator (2), insbesondere durch die Regelleistungsvorrichtung (1), der Ladezustand berücksichtigt wird, wobei die aufgenommene und/oder abgegebene Leistung, insbesondere Regelleistung, in Abhängigkeit vom Ladezustand gesteuert oder geregelt wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
als Akkumulator (2) ein Lithium-Ionen-Akkumulator (2), ein Blei-Schwefelsäure-Akkumulator, ein Nickel-Cadmium-Akkumulator, ein Natrium-Schwefel-Akkumulator oder ein Verbund aus zumindest zwei dieser Akkumulatoren (2) verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
die Kapazität des Akkumulators (2) mindestens 40 Ah, bevorzugt mindestens 1 kAh beträgt und/oder der Akkumulator (2) mindestens eine Energie von zumindest 4 kWh, bevorzugt zumindest 10 kWh, besonders bevorzugt zumindest 50 kWh, ganz besonders bevorzugt zumindest 250 kWh speichern kann.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
bei der Bestimmung des Ladezustands des Akkumulators (2) die Kapazität des Akkumulators (2) als Funktion der Temperatur der galvanischen Zellen des Akkumulators (2) und/oder der Stromstärke beim Laden und Entladen des Akkumulators (2) berücksichtigt wird, wobei vorzugsweise der maximale Ladezustand als Funktion der Temperatur der galvanischen Zellen des Akkumulators (2) und/oder der Stromstärke beim Laden und Entladen des Akkumulators (2) aufgrund einer Messung der Temperatur der galvanischen Zellen des Akkumulators (2) und/oder der Stromstärke beim Laden und Entladen des Akkumulators (2) bestimmt wird.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
bei der Bestimmung des Ladezustands des Akkumulators (2) ein Ersatzschaltbild umfassend wenigstens einen Widerstand und/oder wenigstens einen Kondensator zur Bestimmung der Leerlaufspannung des Akkumulators (2) als Funktion der Temperatur der galvanischen Zellen des Akkumulators (2), der Stromrichtung und/oder der Entladungsrate berücksichtigt wird.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
der während des Betriebs bestimmte Ladezustand unter Berücksichtigung des Schätzwerts der Leerlaufspannung und/oder eines Fehlers der Leerlaufspannung bestimmt wird, der oder die bei der vorherigen Bestimmung der Leerlaufspannung ermittelt wurde oder wurden.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
als Anodenmaterial der galvanischen Zellen des Akkumulators (2) Graphit oder Lithiumtitanoxid, bevorzugt $Li_2Ti_5O_{12}$ verwendet wird und als Kathodenmaterial der galvanischen Zellen des Akkumulators (2) Lithiumcobaltoxid, Lithiummanganoxid, Lithiumnickelmangancobaltoxid, Lithiumnickelcobaltalluminiumoxid und/oder Lithiumeisenphosphoroxid verwendet wird, bevorzugt $LiCoO_2$, $LiMn_2O_4$, $Li(Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3})O_2$, $Li(Ni_{0.85}Co_{0.1}Al_{0.05})O_2$ und/oder $LiFePO_4$.

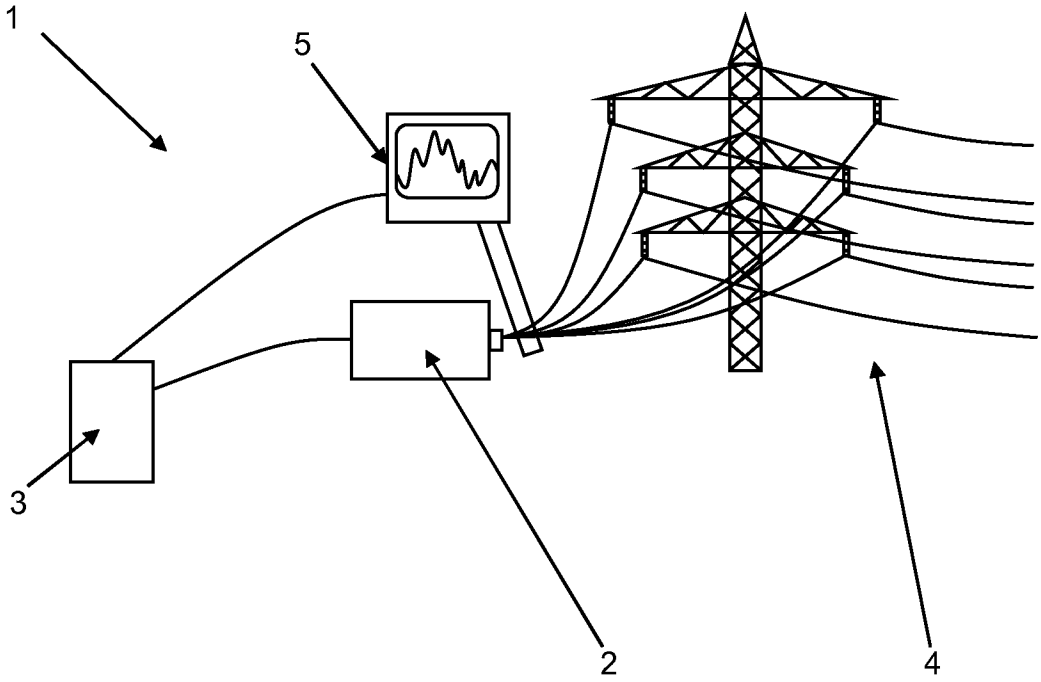
15. Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
die Vorrichtung (1) zumindest einen Akkumulator (2), eine Steuerung (3) zum Steuern oder Regeln der ein- und ausgespeicherten Leistung, eine Recheneinheit (3) zur Bestimmung des Ladezustands des Akkumulators (2) und

einer Datenspeicher umfasst, wobei in dem Datenspeicher die Daten des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem Ladezustand und der Leerlaufspannung gespeichert sind und die Recheneinheit (3) auf den Datenspeicher Zugriff hat.

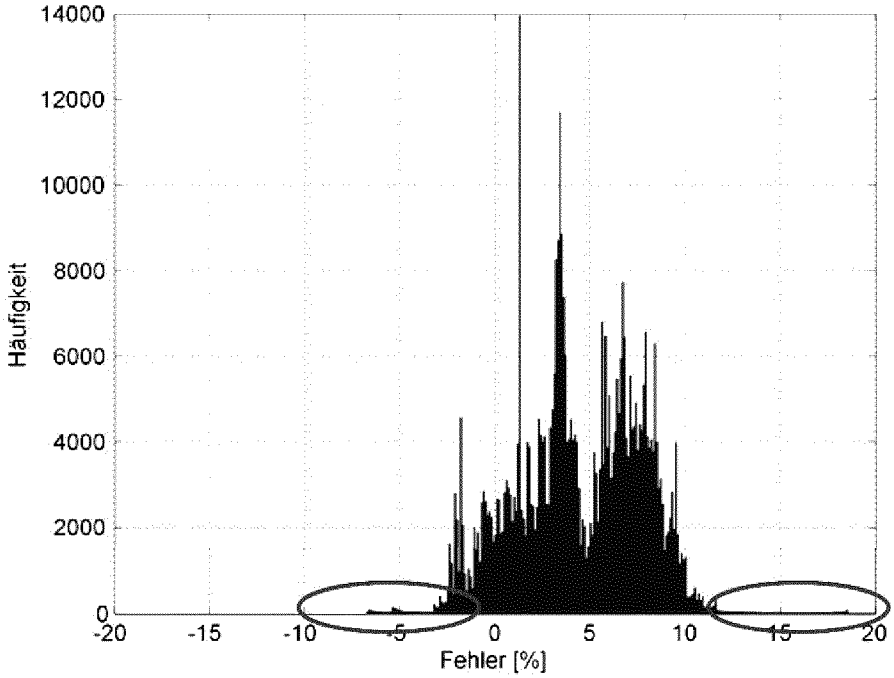
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Akkumulator (2) derart an ein Stromnetz (4) angeschlossen ist, dass durch die Vorrichtung Leistung in das Stromnetz (4) einspeisbar und aus dem Stromnetz (4) entnehmbar ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (1) ein Amperemeter (5) zum Bestimmen der Stromstärke und vorzugsweise auch der Stromrichtung des in den Akkumulator (2) eingespeicherten Stroms und des aus dem Akkumulator (2) abfließenden Stroms und/oder zumindest ein Thermoelement zur Bestimmung der Temperatur wenigstens eines galvanischen Elements des Akkumulators (2) umfasst.

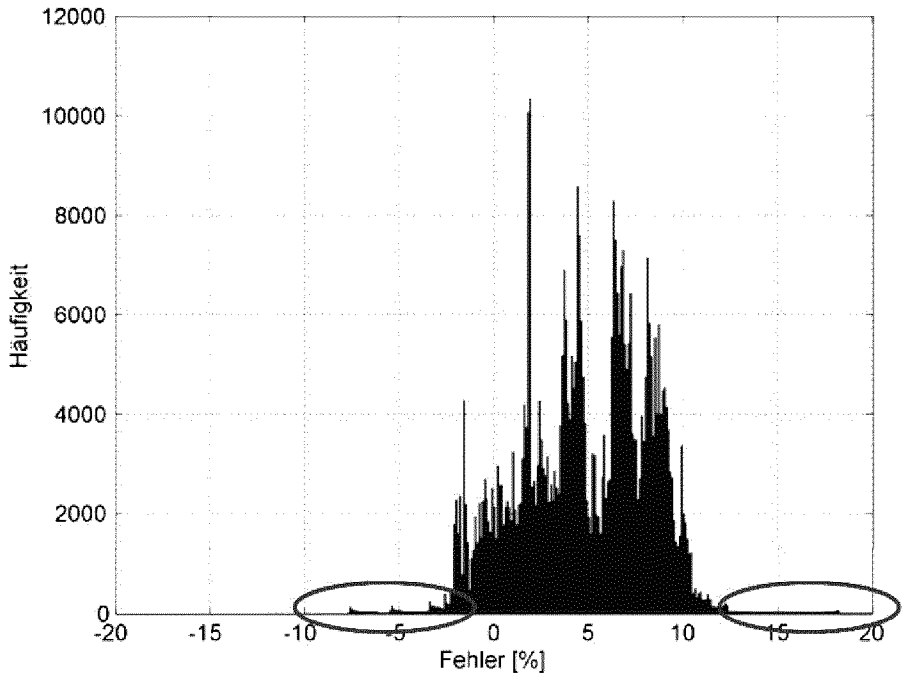
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Akkumulator (2) ein Lithium-Ionen-Akkumulator (2), ein Blei-Schwefelsäure-Akkumulator, ein Nickel-Cadmium-Akkumulator, ein Natriumsulfid-Akkumulator und/oder ein Li-Ionen-Akkumulator und/oder ein Verbund aus zumindest zwei dieser Akkumulatoren (2) ist.



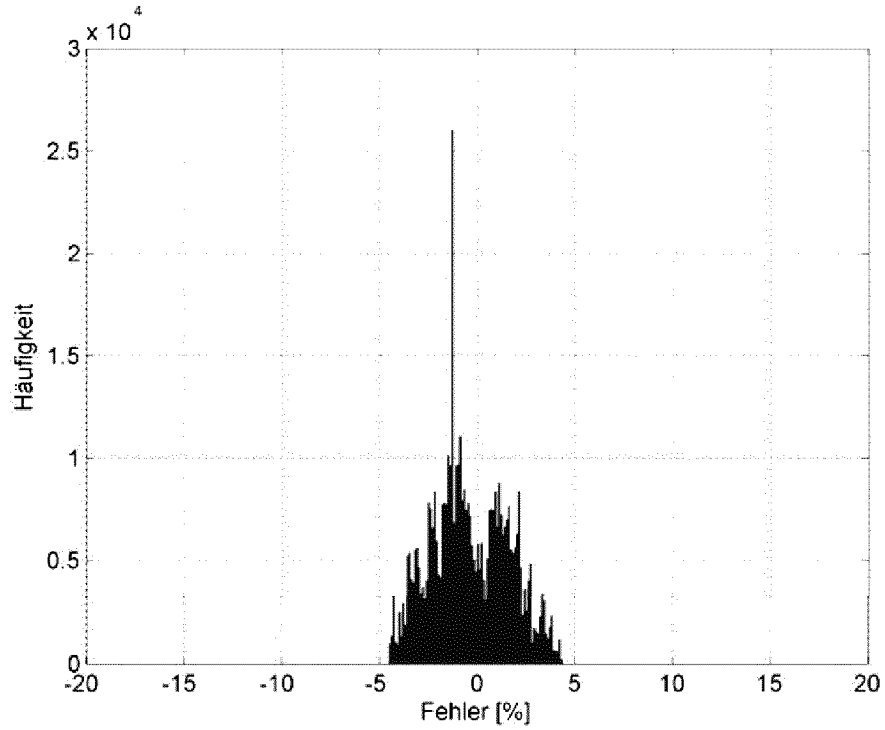
Figur 1



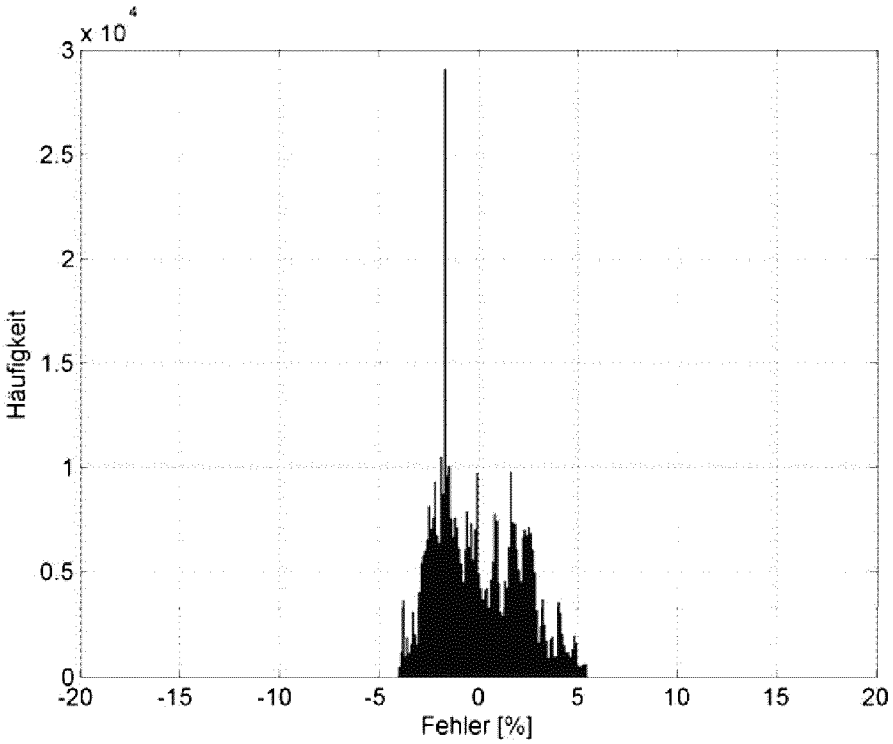
Figur 2



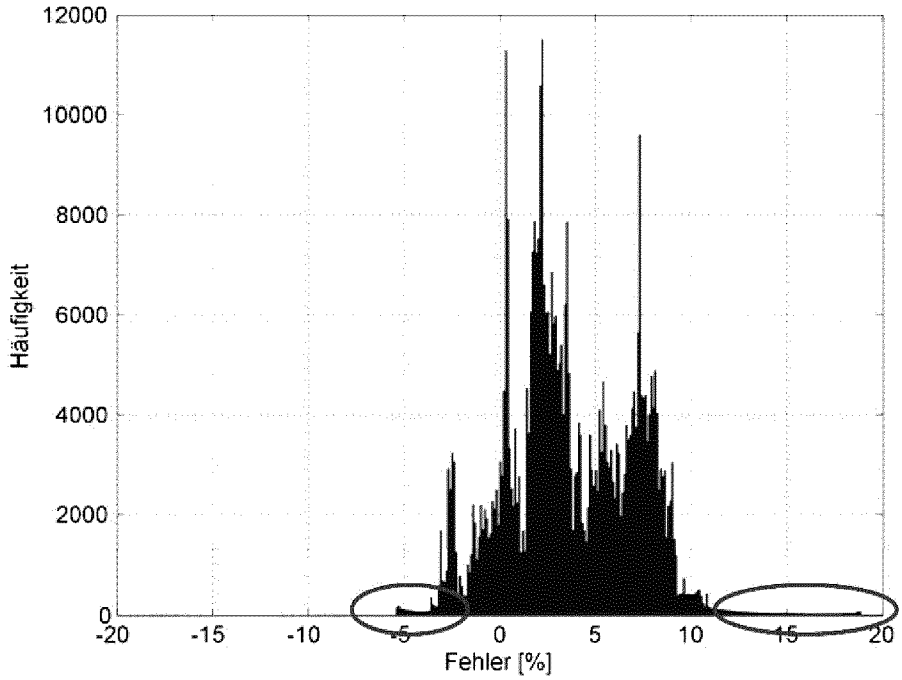
Figur 3



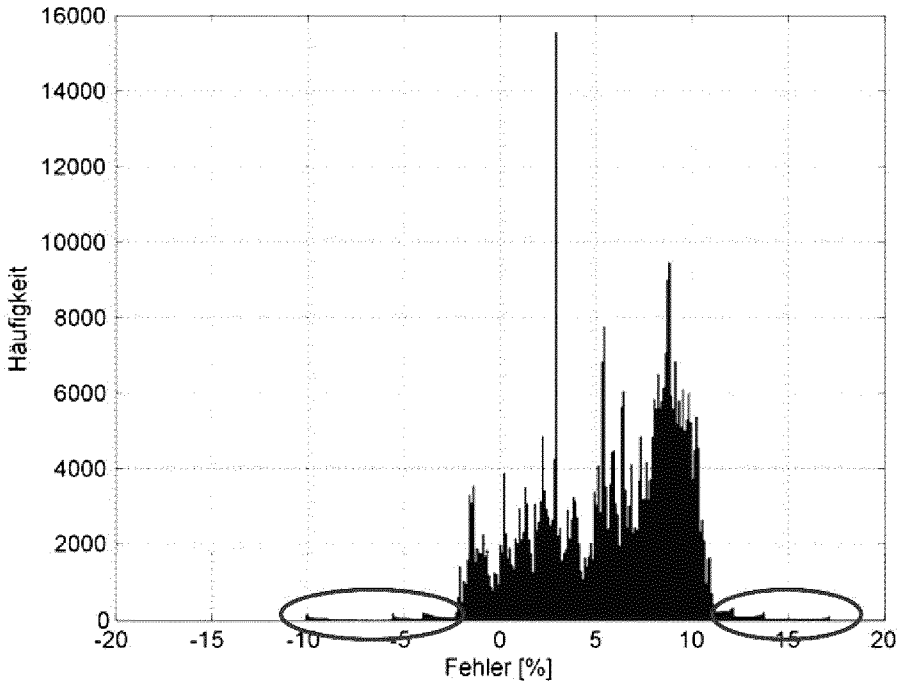
Figur 4



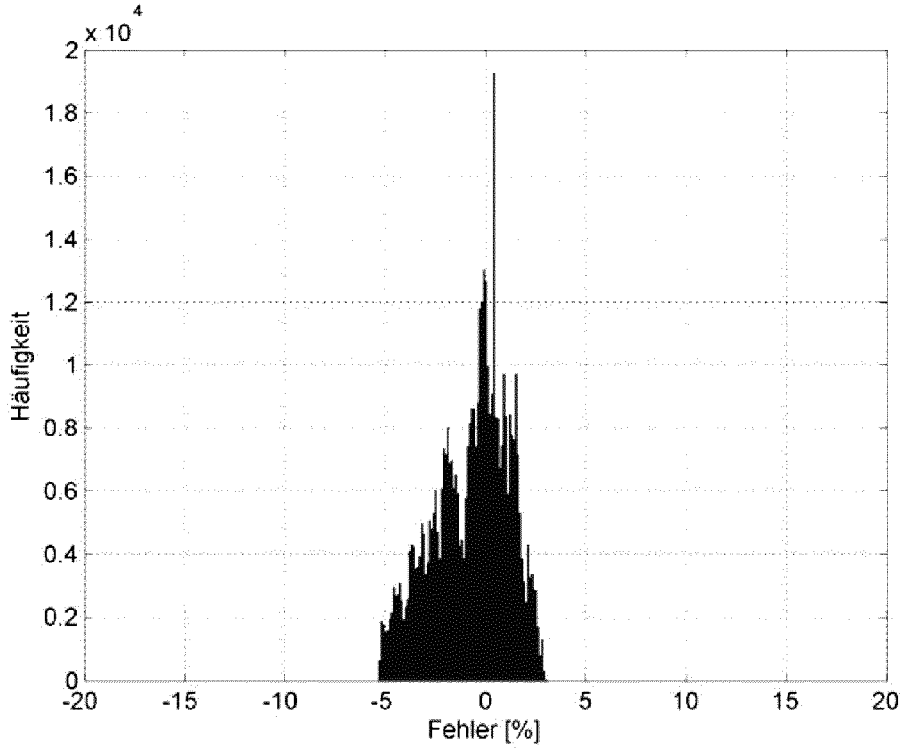
Figur 5



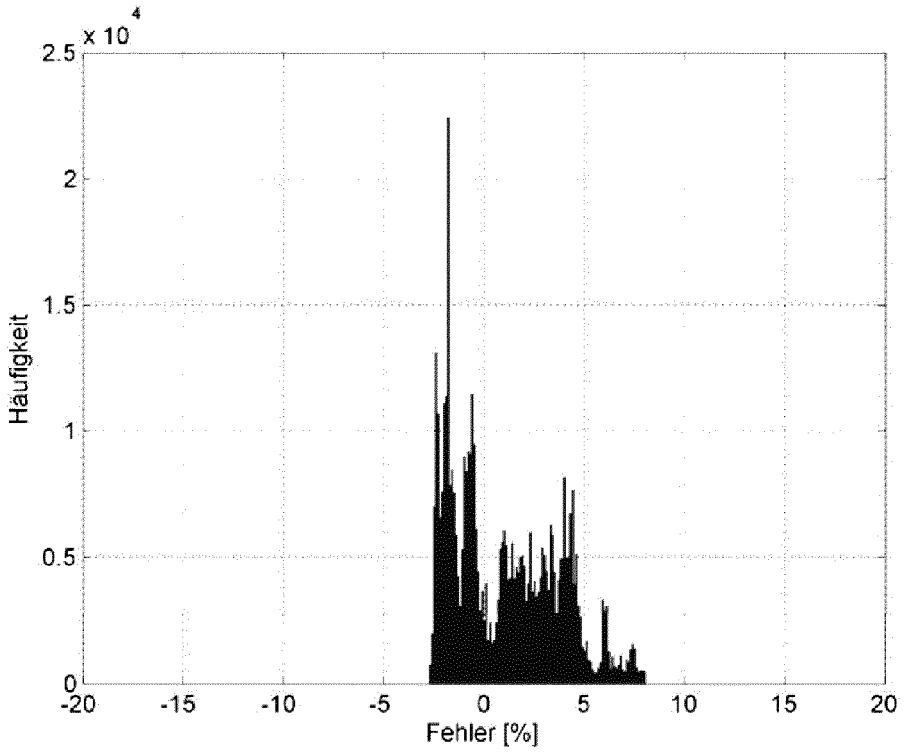
Figur 6



Figur 7



Figur 8



Figur 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/054432

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01R31/36 H01M10/00 H02J3/32 H02J7/00
ADD.

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)
G01R H01M 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.
Y	US 2010/253149 A1 (IIDA TAKUMA [JP] ET AL) 7 October 2010 (2010-10-07) abstract; claim 1; figure 10	1-18
Y	US 8 198 863 B1 (WORTHAM JASON ALLEN [US]) 12 June 2012 (2012-06-12) abstract; claim 1; figure 3	1-18
A	US 2008/290833 A1 (HAYASHI ISAO [JP]) 27 November 2008 (2008-11-27) abstract; claim 1; figure 13a	1-18
A	US 2005/116687 A1 (YOKOMIZO ICHIRO [JP] ET AL) 2 June 2005 (2005-06-02) abstract; claim 1; figure 2 paragraphs [0002], [0009], [0010], [0022] - [0026]	1-18

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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	Date of mailing of the international search report
25 June 2014	02/07/2014

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Rother, Stefan

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/054432

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2007 038376 A1 (IWEI TECHNOLOGY CO LTD [TW]) 26 February 2009 (2009-02-26) abstract; claim 1; figure 5 paragraphs [0001], [0004], [0020], [0021]	1-18
A	US 2009/128159 A1 (NAKATSUJI TOSHIYUKI [JP]) 21 May 2009 (2009-05-21) abstract; claim 1; figure 4 paragraphs [0002] - [0006], [0029], [0030]	1-18

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2014/054432

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010253149 A1	07-10-2010	CN 101809802 A	18-08-2010
		EP 2284940 A1	16-02-2011
		JP 5075741 B2	21-11-2012
		JP 2009295300 A	17-12-2009
		US 2010253149 A1	07-10-2010
		WO 2009147809 A1	10-12-2009
US 8198863 B1	12-06-2012	US 8198863 B1	12-06-2012
		US 8502504 B1	06-08-2013
US 2008290833 A1	27-11-2008	CN 101312261 A	26-11-2008
		JP 2008295169 A	04-12-2008
		US 2008290833 A1	27-11-2008
US 2005116687 A1	02-06-2005	CN 1622422 A	01-06-2005
		JP 3833649 B2	18-10-2006
		JP 2005168102 A	23-06-2005
		KR 20050052405 A	02-06-2005
		US 2005116687 A1	02-06-2005
DE 102007038376 A1	26-02-2009	CN 101079552 A	28-11-2007
		DE 102007038376 A1	26-02-2009
		FR 2915837 A1	07-11-2008
		GB 2448998 A	05-11-2008
		JP 2008278744 A	13-11-2008
		KR 20080098323 A	07-11-2008
		TW 200845461 A	16-11-2008
		US 2009033284 A1	05-02-2009
US 2009128159 A1	21-05-2009	CN 101460859 A	17-06-2009
		JP 5225559 B2	03-07-2013
		JP 2007328943 A	20-12-2007
		KR 20090023547 A	05-03-2009
		US 2009128159 A1	21-05-2009
		WO 2007142195 A1	13-12-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/054432

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01R31/36 H01M10/00 H02J3/32 H02J7/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01R H01M 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.
Y	US 2010/253149 A1 (IIDA TAKUMA [JP] ET AL) 7. Oktober 2010 (2010-10-07) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 10	1-18
Y	US 8 198 863 B1 (WORTHAM JASON ALLEN [US]) 12. Juni 2012 (2012-06-12) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 3	1-18
A	US 2008/290833 A1 (HAYASHI ISAO [JP]) 27. November 2008 (2008-11-27) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 13a	1-18
A	US 2005/116687 A1 (YOKOMIZO ICHIRO [JP] ET AL) 2. Juni 2005 (2005-06-02) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 2 Absätze [0002], [0009], [0010], [0022] - [0026]	1-18

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
25. Juni 2014	02/07/2014

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

1

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/054432

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2007 038376 A1 (IWEI TECHNOLOGY CO LTD [TW]) 26. Februar 2009 (2009-02-26) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 5 Absätze [0001], [0004], [0020], [0021]	1-18
A	US 2009/128159 A1 (NAKATSUJI TOSHIYUKI [JP]) 21. Mai 2009 (2009-05-21) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 4 Absätze [0002] - [0006], [0029], [0030]	1-18

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/054432

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010253149 A1	07-10-2010	CN 101809802 A	18-08-2010
		EP 2284940 A1	16-02-2011
		JP 5075741 B2	21-11-2012
		JP 2009295300 A	17-12-2009
		US 2010253149 A1	07-10-2010
		WO 2009147809 A1	10-12-2009
US 8198863 B1	12-06-2012	US 8198863 B1	12-06-2012
		US 8502504 B1	06-08-2013
US 2008290833 A1	27-11-2008	CN 101312261 A	26-11-2008
		JP 2008295169 A	04-12-2008
		US 2008290833 A1	27-11-2008
US 2005116687 A1	02-06-2005	CN 1622422 A	01-06-2005
		JP 3833649 B2	18-10-2006
		JP 2005168102 A	23-06-2005
		KR 20050052405 A	02-06-2005
		US 2005116687 A1	02-06-2005
DE 102007038376 A1	26-02-2009	CN 101079552 A	28-11-2007
		DE 102007038376 A1	26-02-2009
		FR 2915837 A1	07-11-2008
		GB 2448998 A	05-11-2008
		JP 2008278744 A	13-11-2008
		KR 20080098323 A	07-11-2008
		TW 200845461 A	16-11-2008
		US 2009033284 A1	05-02-2009
US 2009128159 A1	21-05-2009	CN 101460859 A	17-06-2009
		JP 5225559 B2	03-07-2013
		JP 2007328943 A	20-12-2007
		KR 20090023547 A	05-03-2009
		US 2009128159 A1	21-05-2009
		WO 2007142195 A1	13-12-2007