

(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
24. November 2011 (24.11.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/144311 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H02J 7/00 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/002360
- (22) Internationales Anmeldedatum:
12. Mai 2011 (12.05.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2010 020 993.7 19. Mai 2010 (19.05.2010) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **LI-TEC BATTERY GMBH** [DE/DE]; Am Wiesengrund 7, 01917 Kamenz (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHAEFER, Tim** [DE/DE]; Am Sportplatz 15, 99762 Niedersachswerfen (DE).
- (74) Anwalt: **WALLINGER, Michael**; Wallinger Ricker Schlotter Foerstl, Zweibrückenstrasse 5-7, 80331 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING THE MAXIMUM CHARGE RATE OF AN ELECTROCHEMICAL ENERGY STORE DEVICE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM STEuern DER MAXIMALEN LADERATE EINER ELEKTROCHEMISCHEN ENERGIESPEICHEREINRICHTUNG

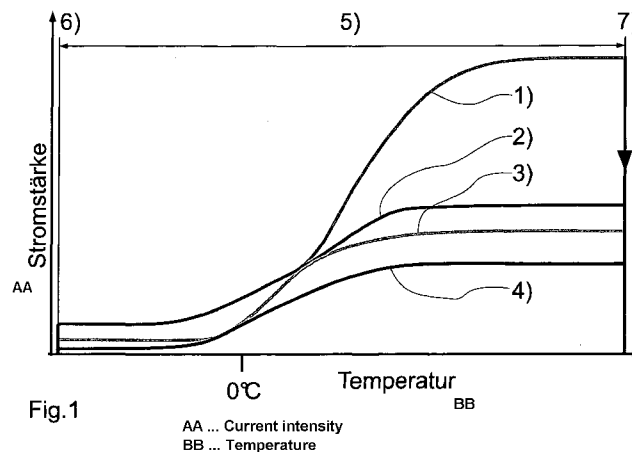


Fig.1

AA ... Current intensity
BB ... Temperature

(57) Abstract: A method for controlling the maximum charge rate during a charging process or discharging process of an electrochemical energy store device is generally characterised by current intensity. Said current intensity is dependent on the operating state of the electrochemical energy store device and on a group of boundary conditions. Said group typically comprises, for example, the temperature of at least one region of the electrochemical energy store device. The maximum charge rate may crucially depend on the mode of operation of the electrochemical energy store device, and therefore a distinction should be made in particular as to whether energy is being supplied to or withdrawn from said device. The electrochemical energy store device can heat up during charging or discharging processes, and therefore in particular the duration of the energy withdrawal and/or energy supply can influence the level of the current intensity which can be withdrawn and/or which can be supplied. The current intensity which can be withdrawn and/or supplied depends in particular upon the state of charge of the electrochemical energy store unit and is therefore controlled in particular on the basis of said state of charge. When in a critical temperature range, the electrochemical energy store cell is particularly difficult to control. Therefore, the current intensity which can be withdrawn or supplied is set to zero when a maximum temperature is reached and/or a minimum temperature is reached.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/144311 A2

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)*

Ein Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate bei einem Ladevorgang oder Entladevorgang einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung ist im Allgemeinen durch eine Stromstärke charakterisierbar. Diese Stromstärke ist vom Betriebszustand der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung und von einer Gruppe von Randbedingungen abhängig. Regelmäßig weist diese Gruppe beispielsweise die Temperatur wenigstens eines Bereichs der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung auf. Die maximale Laderate kann entscheidend von der Betriebsart der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung abhängen, es ist daher insbesondere zu unterscheiden, ob dieser Energie zugeführt oder entnommen wird. Die elektrochemische Energiespeichereinrichtung kann sich bei Lade- oder Entladevorgängen erwärmen, insbesondere die Dauer der Energieentnahme und/oder Energiezuführung kann daher die Höhe der entnehmbaren und/oder zuführbaren Stromstärke beeinflussen. Die entnehmbare und/oder zuführbare Stromstärke hängt insbesondere vom Ladezustand der elektrochemischen Energiespeichervorrichtung ab und wird daher insbesondere in Abhängigkeit von diesem gesteuert. Insbesondere wenn die elektrochemische Energiespeicherzelle sich in einem kritischen Temperaturbereich befindet, ist diese schwierig zu steuern. Beim Erreichen einer maximalen Temperatur und/oder beim Erreichen einer minimalen Temperatur wird daher die entnehmbare oder zuführbare Stromstärke auf Null gesteuert.

Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung

5

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung und eine elektrochemische Energiespeichereinrichtung mit einem solchen Verfahren.

10 Elektrochemische Energiespeichereinrichtungen sind im Allgemeinen kostenintensive Bauteile. Um möglichst kostengünstige und damit konkurrenzfähige Produkte herzustellen, ist es notwendig, alle Bauteile und insbesondere die elektrochemischen Energiespeichereinrichtungen bis an ihre Leistungsgrenze auszunützen und zu betreiben. Werden elektrochemische Energiespeichereinrichtungen unterhalb der maximal möglichen Leistungsgrenzen betrieben, so
15 ergibt sich ein teures und ineffizientes Gesamtsystem.

Elektrochemische Energiespeichereinrichtungen sind aber auch technisch hochkomplexe Einrichtungen, welche durch eine Fehlbedienung sofort Schaden nehmen können. Die Betriebsparameter einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung sind von vielen Randbedingungen abhängig, so dass diese
20 vorzugsweise mittels einer Steuerung effizient zu betreiben sind. Die maximale Laderate, welche einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung, insbesondere einer Energiespeichereinrichtung, welche wenigstens eine Lithium-Ionen-Zelle aufweist, entnommen bzw. dieser zugeführt werden kann, ist ein Charakteristikum für die Betriebsstrategie einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung. Die Laderate einer elektrochemischen Energiespeicher-
25 einrichtung ist vorzugsweise durch eine Stromstärke charakterisierbar.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Verfahrens für eine elektrochemische Energiespeichereinrichtung erläutert, wobei diese aus mehreren Energiespeicherzellen, insbesondere aus Lithium-Ionen-Zellen aufgebaut ist. Es wird darauf hingewiesen, dass das erfindungsgemäße Verfahren auch auf
5 andere elektrochemische Energiespeichereinrichtungen vorteilhaft anwendbar ist und die Beschreibung die Anwendbarkeit der Erfindung nicht beschränkt.

Verfahren zum Ermitteln und Steuern der maximalen Laderate für eine elektrochemische Energiespeichereinrichtung sind aus dem Stand der Technik bekannt. Die DE 195 43 874 A1 schlägt ein einfaches Verfahren zur Ermittlung
10 der Entladecharakteristik vor. Dabei wird diese Entladerate anhand einer gemessenen Temperatur, Spannung, Strom mittels einer räumlich gekrümmten Fläche approximiert. Insbesondere für besonders hohe oder tiefe Temperaturen können sich unkontrollierte Bedingungen für die Steuerung der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung ergeben.

15 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die Nutzbarkeit einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung zu erhöhen und insbesondere die Betriebssicherheit dieser zu verbessern. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Lehre der unabhängigen Ansprüche erreicht. Zu bevorzugende Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen
20 Unteransprüche.

Ein Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate bei einem Ladevorgang oder Entladevorgang einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung ist im Allgemeinen durch eine Stromstärke charakterisierbar. Diese Stromstärke ist vom Betriebszustand der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung und
25 von einer Gruppe von Randbedingungen abhängig. Regelmäßig weist diese Gruppe insbesondere die Temperatur wenigstens eines Bereichs der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung auf. Die maximale Laderate kann entscheidend von der Betriebsart einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung abhängen, es ist daher insbesondere zu unterscheiden, ob der
30 elektrochemischen Energiespeichereinrichtung Energie zugeführt oder ent-

nommen wird. Die elektrochemische Energiespeichereinrichtung kann sich bei Lade- oder Entladevorgängen erwärmen, insbesondere die Dauer der Energieentnahme oder Energiezuführung kann daher die Höhe der entnehmbaren oder zuführbaren Stromstärke beeinflussen. Die entnehmbare oder zuführbare Stromstärke hängt insbesondere vom Ladezustand der elektrochemischen Energiespeichervorrichtung ab und wird daher vorzugsweise in Abhängigkeit von diesem gesteuert. Insbesondere wenn die elektrochemische Energiespeicherzelle in einem kritischen Temperaturbereich betrieben wird, ist diese schwierig zu steuern.

10 Beim Erreichen einer maximalen Temperatur oder beim Erreichen einer minimalen Temperatur wird daher die entnehmbare oder zuführbare Stromstärke durch das erfindungsgemäße Verfahren auf Null gesteuert.

Unter der maximalen Laderate einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung ist ein Wert zu verstehen, welcher vorzugsweise durch eine Stromstärke charakterisierbar ist. Die maximale Laderate ist dabei vorzugsweise durch eine Stromstärke charakterisiert, welche unter den augenblicklichen Randbedingungen, wie insbesondere der Temperatur der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung maximal, dieser zugeführt oder entnommen werden kann, ohne dass dabei eine Beschädigung eintritt. Die maximale Laderate beschreibt dabei im Rahmen dieser Erfindung sowohl die Laderate bei einem Ladevorgang als auch die Entladerate bei einem Entladevorgang einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung.

Unter einem Ladevorgang ist insbesondere das Zuführen von elektrischer Energie in diese elektrochemische Energiespeichereinrichtung zu verstehen, wobei diese zugeführte elektrische Energie in der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung wenigstens teilweise vorzugsweise in chemisch gebundene Energie umgewandelt und somit gespeichert wird.

Unter einem Entladevorgang ist insbesondere das Entnehmen von elektrischer Energie aus der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung zu verstehen. Dabei wird vorzugsweise Energie, welche in chemisch gebundener Form in der

elektrochemischen Energiespeichereinrichtung abgespeichert ist wenigstens teilweise in elektrische Energie umgewandelt.

Unter einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung ist vorzugsweise eine Einrichtung zum Speichern von elektrischer Energie zu verstehen.

- 5 Vorzugsweise wird in einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung die Energie in chemisch gebundener Form abgespeichert. Vorzugsweise weist diese elektrochemische Energiespeichereinrichtung wenigstens eine Lithium-Ionen-Zelle auf, bevorzugt mehrere.

- Die maximale Laderate einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung
10 hängt insbesondere von verschiedenen Randbedingungen und Betriebsparametern ab. Vorzugsweise ist die Temperatur der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung eine solche Randbedingung. Unter der Temperatur der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung ist dabei vorzugsweise die Temperatur wenigstens eines Bereichs wenigstens einer elektrochemischen
15 Energiespeicherzelle zu verstehen. Diese Temperatur kann insbesondere direkt an bzw. in dieser Energiespeicherzelle oder vorzugsweise kann die Temperatur der Energiespeicherzelle indirekt an einem oder mehreren Abschnitten des Gehäuses der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung gemessen werden. Vorzugsweise wird diese Temperatur zur Steuerung der maximalen
20 Laderate der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung herangezogen.

- Unter der Erkennung eines Lade- bzw. Entladevorgangs ist insbesondere zu verstehen, dass vorzugsweise durch die Auswertung von Messsignalen in einer Steuereinrichtung erkannt wird, ob der elektrochemischen Energiespeicher-
einrichtung Energie zugeführt oder entnommen wird. Vorzugsweise wird der
25 Lade- bzw. Entladevorgang anhand eines Stromflusses oder bevorzugt anhand einer Spannungsdifferenz erkannt.

- Unter der Dauer eines Lade- bzw. Entladevorgangs ist insbesondere der Zeitraum zu verstehen, für welchen vorzugsweise ein ununterbrochener Lade- bzw. Entladevorgang einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung vorliegt.
30 Vorzugsweise wird auch der Zeitraum gemessen, für welchen weder ein Lade-

noch eine Entladevorgang vorliegt. Die Dauer des Lade- bzw. Entladevorgangs wird vorzugsweise für die Steuerung der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung herangezogen.

Unter dem Ladezustand der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung ist insbesondere das Verhältnis zwischen der maximal in dieser abspeicherbaren Energie und der augenblicklich in dieser abgespeicherten Energie zu verstehen. Vorzugsweise hängt die maximal in der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung abspeicherbare Energie von dem Alterungszustand dieser ab. Der Ladezustand der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung wird insbesondere als „state of charge“ (SOC) bezeichnet. Vorzugsweise wird der Ladezustand als eine Verhältniszahl zwischen 0 und 1 ausgedrückt, wobei insbesondere 1 bedeutet, dass die elektrochemische Energiespeichereinrichtung vollständig geladen ist.

Unter einer maximalen Temperatur ist eine vordefinierte Grenztemperatur zu verstehen. Insbesondere beim Erreichen dieser Grenztemperatur bzw. beim Überschreiten dieser wird die maximale Laderate auf einen vordefinierten Grenzwert gesetzt. Vorzugsweise ist der vordefinierte Grenzwert der maximalen Laderate beim Erreichen der maximalen Temperatur Null. Vorzugsweise wird beim Erreichen der maximalen Temperatur der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung keine Energie zu- bzw. abgeführt.

Unter einer minimalen Temperatur ist eine vordefinierte Grenztemperatur zu verstehen. Insbesondere beim Erreichen dieser Grenztemperatur bzw. beim Unterschreiten dieser, wird die maximale Laderate auf einen vordefinierten Grenzwert gesetzt. Vorzugsweise ist der vordefinierte Grenzwert der Laderate beim Erreichen der minimalen Temperatur Null. Vorzugsweise wird beim Erreichen der minimalen Temperatur der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung keine Energie zu- bzw. abgeführt.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Laderate an einer Schnittstelle der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung bereitgestellt. Diese Schnittstelle dient vorzugsweise dazu, Signale zu oder von der elektro-

chemischen Energiespeichereinrichtung zu übertragen. Vorzugsweise wird an dieser Schnittstelle insbesondere eine die Laderate kennzeichnende Größe bereitgestellt. Vorzugsweise ist diese Schnittstelle mit einem Bussystem verbindbar. Vorzugsweise wird die Laderate mit einer vorbestimmten Frequenz wiederkehrend an diese Schnittstelle übertragen, bevorzugt mit einer Frequenz von 1 Hz bis 50 Hz, besonders bevorzugt 5 Hz bis 30 Hz. Vorzugsweise hängt die Frequenz der Übertragung von verschiedenen Randbedingungen ab und ist veränderlich. Durch die wiederkehrende Übertragung der Laderate wird insbesondere erreicht, dass zur Steuerung der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung jeweils aktuelle Daten vorliegen, dadurch wird insbesondere die Betriebssicherheit verbessert.

In einer bevorzugten Ausführungsform hängt die Größe der maximalen Laderate von der Dauer der Energieentnahme bzw. der Energiezuführung an die elektrochemische Energiespeichereinrichtung ab. Vorzugsweise ist die maximale Laderate größer je kürzer die Dauer der Energieentnahme bzw. Energiezuführung ist. Vorzugsweise ist für sehr kurze Dauern der Energieentnahme bzw. Energiezuführung eine maximale Laderate vordefiniert. Vorzugsweise ist für sehr lange Dauern der Energieentnahme bzw. Energiezuführung an die elektrochemische Energiespeichereinrichtung eine maximale Laderate definiert. Mit diesen für Grenzfälle vordefinierten maximalen Laderaten wird insbesondere sichergestellt, dass die elektrochemische Energiespeichereinrichtung auch für sehr kurze bzw. sehr lange Entlade- oder Ladevorgänge nicht durch zu große Laderaten überlastet wird. Durch die vordefinierten maximalen Laderaten wird somit die Betriebssicherheit der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung erhöht.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die maximale Laderate wenigstens teilweise durch eine exponentiell abflachende Zeitfunktion beschreibbar. Diese Zeitfunktion weist für pulsartige Energieentnahmen bzw. Energiezuführungen ihren höchsten Wert auf. Für eine dauernde Energieentnahme bzw. Energiezuführung weist die exponentiell abflachende Zeitfunktion ihren niedrigsten Wert auf.

Unter einer pulsartigen Energieentnahme bzw. Energiezuführung ist dabei vorzugsweise eine Energieentnahme bzw. Energiezuführung mit einer kurzen Dauer, vorzugsweise mit einer Dauer von weniger als einer Sekunde zu verstehen.

- 5 Unter einer dauernden Energieentnahme bzw. Energiezuführung ist dabei vorzugsweise eine Energieentnahme bzw. Energiezuführung mit einer langen Dauer, vorzugsweise mit einer Dauer von mehr als 60 Sekunden, besonders bevorzugt von mehr als 100 Sekunden zu verstehen.

- 10 In einer bevorzugten Ausführungsform ist die maximale Laderate C von der Dauer des Entlade- bzw. Ladevorgangs abhängig und genügt dem Zusammenhang:

$$C = (f \cdot C_0 \cdot K_I - C_1) \cdot \exp(-K_{II} \cdot t) + f \cdot C_1 \quad \text{Gl. 1}$$

mit

C : maximale Laderate in Abhängigkeit der Zeitdauer

C_0 : oberer Steuerwert für maximale Laderate

C_1 : unterer Steuerwert für maximale Laderate

f : Funktion für die Abhängigkeit der Laderate vom Ladezustand

t : Dauer der pulsartigen Energieentnahme bzw. Energiezuführung

K_I, K_{II} : Konstanten

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Wert für die Funktion f auf einen vordefinierten Wert gesetzt. Vorzugsweise liegt dieser Wert zwischen 0 und 2, bevorzugt zwischen 0 und 1 und besonders bevorzugt ist dieser Wert 1.

- 15 Unter dem oberen Steuerwert der maximalen Laderate ist ein Parameter zu verstehen, welcher vorzugsweise dazu dient, die Steuerung der maximalen Laderate an eine elektrochemische Energiespeichereinrichtung anzupassen.

- 20 Unter dem unteren Steuerwert der maximalen Laderate ist ein Parameter zu verstehen, welcher vorzugsweise dazu dient, die Steuerung der maximalen Laderate an eine elektrochemische Energiespeichereinrichtung anzupassen.

Vorzugsweise ist der obere Steuerwert der maximalen Laderate größer als der untere Steuerwert. Bevorzugt ist der obere Steuerwert als oberer Grenzwert zu verstehen, welchen die maximale Laderate nicht übersteigt. Vorzugsweise ist der untere Steuerwert als ein unterer Grenzwert für die maximale Laderate aufzufassen, wobei die maximale Laderate diesen unteren Grenzwert vorzugsweise nur dann unterschreitet, wenn sie auf Null gesteuert wird.

Durch einen oberen und einen unteren Steuerwert wird insbesondere eine einfache Anpassung des Verfahrens zur Steuerung der maximalen Laderate an unterschiedliche elektrochemische Energiespeichereinrichtungen erreicht und somit vorzugsweise eine gute Nutzbarkeit dieser ermöglicht.

Vorzugsweise wird der Verlauf der maximalen Laderate über der Dauer der pulsartigen Energieentnahme bzw. Energiezuführung durch die beiden Konstanten K_I und K_{II} parametrisiert. Vorzugsweise ist die Konstante K_I aus einem Bereich von 0,5 bis 2, besonders bevorzugt 0,85 bis 1,25 und besonderes bevorzugt in etwa 1,05. Vorzugsweise ist die Konstante K_{II} aus einem Bereich von 0,001 bis 0,5, besonders bevorzugt 0,03 bis 0,09 und besonderes bevorzugt in etwa 0,055.

In einer bevorzugten Ausführungsform hängt der Wert der Funktion f vom SOC ab. Somit ist bevorzugt jedem und besonders bevorzugt einem Teil von unterschiedlichen Ladezuständen der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung eine unterschiedliche maximale Laderate zugeordnet. Vorzugsweise ist die Funktion f eine kubische oder lineare Funktion oder bevorzugt eine quadratische. Vorzugsweise weist die Funktion f die in Gl. 2 dargestellte Form auf:

$$f = -K_{III} \cdot SOC^2 + K_{IV} \cdot SOC - K_V \quad \text{Gl. 2}$$

mit

SOC: Ladezustand der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung

K_{III} , K_{IV} , K_V : Konstanten

Vorzugsweise werden die Konstanten K_{III} , K_{IV} und K_V so gewählt, dass sich eine monoton fallende Funktion f ergibt, bevorzugt ist die Funktion f wenigstens innerhalb eines Wertebereichs von SOC monoton fallend. Vorzugsweise gilt für f kleiner als Null, $f = 0$ und für f größer als 1, $f = 1$.

- 5 Vorzugsweise ist die Konstante K_{III} aus einem Bereich von 0,001 bis 0,5, bevorzugt 0,005 bis 0,07 und besonderes bevorzugt in etwa 0,012.
Vorzugsweise ist die Konstante K_{IV} aus einem Bereich von 0,01 bis 10, besonders bevorzugt 1,5 bis 3 und besonderes bevorzugt in etwa 2,182.
Vorzugsweise ist die Konstante K_V aus einem Bereich von 50 bis 100,
10 besonders bevorzugt 75 bis 99,5 und besonderes bevorzugt in etwa 98,19.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird die maximale Laderate für die Energiezuführung und für die Energieentnahme mittels unterschiedlicher Funktionen f bestimmt. Vorzugsweise hängt die maximale Laderate bei der Energieentnahme nicht vom Ladezustand der elektrochemischen Energie-
15 speichereinrichtung ab. Vorzugsweise wird der Wert der Funktion f für die Energiezuführung bzw. für die Energieentnahme wenigstens mit unterschiedlichen Konstanten K_I bis K_V bestimmt, wobei vorzugsweise einzelne Konstanten K_I bis K_V für die Energieentnahme bzw. Energiezuführung gleich sind.

Durch die Parametrierung der maximalen Laderate mittels der Konstanten K_I bis
20 K_V wird eine gute Anpassbarkeit des Steuerungsverfahrens an unterschiedliche elektrochemische Energiespeichereinrichtungen und damit eine gute Nutzbarkeit dieser erreicht.

Durch die Beschreibung der Laderate in Abhängigkeit von der Dauer der Energiezuführung bzw. Energieentnahme aus der elektrochemischen Energie-
25 speichereinrichtung wird insbesondere erreicht, dass diese nicht überlastet wird, somit wird die Betriebssicherheit einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung durch die Steuerung nach einem erfindungsgemäßen Verfahren erhöht.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist insbesondere die Laderate umso kleiner, je niedriger die Temperatur der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung bei der Energieentnahme bzw. Energiezuführung ist. Vorzugsweise ist die Laderate umso größer je höher die Temperatur der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung bei der Energieentnahme bzw. Energiezuführung ist. Diese Zusammenhänge gelten insbesondere nur in einem durch maximale bzw. minimale Temperaturen begrenzten Betriebsbereich für die elektrochemische Energiespeichereinrichtung. Insbesondere oberhalb der maximalen Temperatur bzw. unterhalb der minimalen Temperatur ist vorzugsweise keine Energieentnahme bzw. Energiezuführung in die elektrochemische Energiespeichereinrichtung möglich. Insbesondere durch die Begrenzung eines Betriebsbereichs durch eine minimale bzw. maximale Temperatur und durch die temperaturabhängige Laderate innerhalb des gültigen Betriebsbereichs wird insbesondere erreicht, dass die elektrochemische Energiespeichereinrichtung nicht überlastet wird, somit wird durch ein Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate die Betriebssicherheit einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung erhöht.

Vorzugsweise wird die maximale Laderate ab einer minimalen Temperatur von -40°C bis -25°C auf einen vordefinierten Grenzwert geregelt. Vorzugsweise ist dieser vordefinierte Grenzwert der Laderate gleich Null. Durch diesen vordefinierten Grenzwert wird insbesondere erreicht, dass ab dieser minimalen Temperatur der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung keine Energie zugeführt bzw. aus dieser entnommen werden kann. Vorzugsweise wird ab einer maximalen Temperatur von 55°C bis 80°C die maximale Laderate der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung auf einen vordefinierten Wert geregelt. Vorzugsweise ist dieser vordefinierte Grenzwert der Laderate gleich Null. Insbesondere durch diesen vordefinierten Grenzwert wird erreicht, dass ab der maximalen Temperatur keine Energie aus der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung entnommen bzw. dieser zugeführt werden kann. Insbesondere durch die vordefinierte minimale bzw. maximale Temperatur wird verhindert, dass es oberhalb bzw. unterhalb dieser Temperaturen zu unkontrollierten Reaktionen in der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung kommt. Somit wird durch eine Steuerung der maximalen Laderate

mit einer minimalen bzw. maximalen Temperatur die Betriebssicherheit der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung erhöht.

In einer bevorzugten Ausführungsform unterscheidet sich die Laderate für Ladevorgänge von der Laderate für Entladevorgänge wenigstens bereichsweise.

- 5 In einer bevorzugten Ausführungsform weist eine elektrochemische Energiespeichereinrichtung eine Steuerung auf, welche insbesondere die maximale Laderate nach dem erfindungsgemäßen Verfahren steuert. Durch die Steuerung der maximalen Laderate nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Betriebssicherheit der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung erhöht.
- 10 Weitere Vorteile und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den beigefügten Zeichnungen.

Dabei zeigen:

Fig.1 den Zusammenhang zwischen Stromstärke und Temperatur für unterschiedliche Dauern des Ladevorgangs,

- 15 Fig.2 den Zusammenhang zwischen der Stromstärke und er Dauer des Ladevorgangs,

Fig.3 den Zusammenhang zwischen dem State of Charge der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung und der Stromstärke für den Ladevorgang.

- 20 Figur 1 zeigt den grundsätzlichen Zusammenhang zwischen der Stromstärke beim Lade- bzw. Entladevorgang und der Temperatur. Die Stromstärke charakterisiert dabei die maximale Laderate. Dabei ist erkennbar, dass mit sinkender Temperatur die Stromstärke, die aus der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung entnehmbar oder in diese einspeicherbar ist,
25 abnimmt.

In Figur 1 sind unterschiedliche Stromkurven 1) – 4) für unterschiedliche Entnahme- bzw. Einspeicherdauern dargestellt. Dabei zeigt die mit 1)

gekennzeichnete Stromkurve die charakteristische Stromentnahme für einen sehr kurzen Entladepuls. Als kurzer Entladepuls ist dabei insbesondere eine Entladung von 1 Sekunde oder kürzerer Dauer zu verstehen. Nimmt die Dauer der Entladung der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung zu, so sinken die entnehmbare Stromstärke und damit die maximale Laderate ab. Dies zeigt 5 die mit 2) gekennzeichnete Stromkurve, da dies eine Stromkurve für eine Entnahmedauer von etwa 10 Sekunden ist. Steigt nun die Entnahmedauer weiter an, so sinkt auch die entnehmbare Stromstärke weiter ab. Dies wird durch die Stromkurven, welche mit 3) und 4) gekennzeichnet sind, dargestellt. Die 10 Stromkurve 3) repräsentiert die Stromstärke für eine Entnahmedauer von etwa 30 Sekunden und die mit 4) gekennzeichnete Stromkurve repräsentiert die kontinuierlich aus der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung entnehmbare Stromstärke.

In Figur 1 ist erkennbar, dass die elektrochemische Energiespeichereinrichtung 15 innerhalb des mit 5) gekennzeichneten Temperaturbereichs betrieben wird. Der mit 5) gekennzeichnete Temperaturbereich wird durch eine minimale Grenztemperatur, diese ist mit 6) gekennzeichnet, sowie durch eine maximale Grenztemperatur, diese mit 7) gekennzeichnet, begrenzt. Beim Erreichen einer dieser beiden Grenztemperaturen, wird die aus der elektrochemischen 20 Energiespeichereinrichtung entnehmbare Stromstärke auf Null gesteuert. Durch dieses Zurücksteuern der maximalen Laderate auf Null beim Erreichen einer Grenztemperatur wird insbesondere ein sicherer Betrieb der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung erreicht.

In Figur 2 ist der Zusammenhang zwischen der die Laderate 25 charakterisierenden Stromstärke und der Zeitdauer eines Entladevorgangs dargestellt.

Dabei zeigt Figur 2, dass die entnehmbare Stromstärke und damit die maximale Laderate mit wachsender Zeitdauer der Entladung abnehmen. Für sehr kurze Zeitdauern ist die entnehmbare Stromstärke auf den mit 3) gekennzeichneten 30 maximalen Wert begrenzt. Diese Begrenzung auf einen Wert der Stromstärke ist

nicht notwendig, führt aber zu einer Verbesserung der Betriebssicherheit. Durch die Begrenzung auf einen Maximalwert der Stromstärke wird somit die Betriebssicherheit der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung erhöht. Für sehr lange Entnahmedauern wird die entnehmbare Stromstärke aus der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung auf den mit 2) gekennzeichneten Grenzwert gesetzt. Dieses Definieren einer mindestens entnehmbaren Stromstärke verbesserte die Nutzbarkeit der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung.

In Figur 3 ist der Zusammenhang zwischen der die Laderate kennzeichnenden Stromstärke und dem Ladezustand der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung dargestellt. Der Ladezustand der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung wird häufig als "state of charge" (SOC) bezeichnet. Ist die elektrochemische Energiespeichereinrichtung vollständig aufgeladen, so beträgt der SOC 1 bzw. 100 Prozent.

Erreicht der SOC eine vordefinierte Grenze, so wird die Stromstärke beim Laden der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung nach der mit 1) gekennzeichneten Stromkurve verringert. Es kann auch jedem unterschiedlichen SOC eine eigene maximale Laderate und damit Stromstärke zugeordnet sein. Auch für die Entladevorgänge kann die entnehmbare Stromstärke vom SOC der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung abhängen. Beim Erreichen der vollständigen Aufladung der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung (SOC = 1) wird die Stromstärke für den Ladevorgang auf Null geregelt. Insbesondere durch die in Abhängigkeit des SOC geregelte Stromstärke für Lade- bzw. Entladevorgänge wird die Betriebssicherheit der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung und deren Nutzbarkeit erhöht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate bei einem Ladevorgang oder Entladevorgang einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung, wobei diese maximale Laderate wenigstens durch eine Stromstärke charakterisierbar ist,
5 **dadurch gekennzeichnet, dass** diese Stromstärke anhand wenigstens eines vorbestimmten Zusammenhangs mit einer weiteren Größe bestimmbar ist; diese Größen aus einer Gruppe ausgewählt ist, welche wenigstens die
10 folgenden Größen aufweist:
- Temperatur wenigstens eines Bereichs der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung,
 - Erkennung ob ein Lade- beziehungsweise Entladevorgang vorliegt,
 - 15 - Dauer des Lade- beziehungsweise Entladevorgangs,
 - Ladezustand der elektrochemischen Energiespeichervorrichtung; und
- die Stromstärke beim Erreichen einer maximalen Temperatur und/oder beim Erreichen einer minimalen Temperatur auf Null gesteuert wird.
20
2. Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die maximale Laderate beziehungsweise eine diese kennzeichnende Größe von der Energiespeichereinrichtung an eine
25 Schnittstelle, insbesondere an ein Bussystem, übertragbar ist.
3. Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die maximale Laderate um so größer
30 ist, je kleiner die Dauer der Energieentnahme beziehungsweise

- Energiezuführung ist; und/oder
eine maximale Laderate für sehr kurze Dauern der Entnahme
beziehungsweise Zuführung definiert ist; und/oder
eine maximale Laderate für sehr lange Dauern der Entnahme
beziehungsweise Zuführung definiert ist.
- 5
4. Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate einer elektrochemischen
Energiespeichereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die maximale Laderate durch eine
exponentiell abflachende Zeitfunktion beschrieben wird, welche für eine
pulsartige Energieentnahme beziehungsweise Energiezuführung ihren
höchsten Wert aufweist und für eine dauernde Energieentnahme
beziehungsweise Energiezuführung ihren niedrigsten Wert aufweist.
- 10
5. Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate einer elektrochemischen
Energiespeichereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die maximale Laderate um so kleiner
ist, je kleiner die Temperatur der elektrochemischen
Energiespeichereinrichtung bei der Energieentnahme beziehungsweise
Energiezuführung ist und umgekehrt.
- 15
- 20
6. Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate einer elektrochemischen
Energiespeichereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die maximale Laderate ab einer
Grenztemperatur von -25° bis -40° Celsius und darunter
beziehungsweise ab einer Grenztemperatur von 55° bis 80° Celsius und
darüber auf Null gesteuert wird.
- 25
7. Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate einer elektrochemische
Energiespeichereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- 30

- dadurch gekennzeichnet, dass**
 die maximale Laderate in Abhängigkeit der Zeitdauer t , welche im Wesentlichen die Dauer der Energiezuführung beziehungsweise Energieentnahme aus der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung beschreibt, gesteuert wird, wobei die maximale Laderate C der Funktion
- 5
$$C = (f \cdot C_0 \cdot K_I - C_1) \cdot \exp(-K_{II} \cdot t) + f \cdot C_1$$
- genügt, wobei
 C_0 der obere Steuerwert für die maximale Laderate ist,
 C_1 der untere Steuerwert für die maximale Laderate ist,
- 10 f die Abhängigkeit der maximalen Laderate vom Ladezustand der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung beschreibt und
 K_I, K_{II} Konstanten sind, um die Steuerung der maximalen Laderate zu parametrieren.
- 15 8. Verfahren zum Steuern der maximalen Laderate einer elektrochemischen Energiespeichereinrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abhängigkeit der maximalen Laderate f vom aktuellen Ladezustand der Funktion
- $$f = -K_{III} \cdot SOC^2 + K_{IV} \cdot SOC - K_V$$
- 20 genügt, wobei
 SOC den Ladezustand der elektrochemischen Energiespeichereinrichtung ausdrückt und
 K_{III}, K_{IV}, K_V Konstanten sind, um die Steuerung der maximalen Laderate zu parametrieren.
- 25 9. Elektrochemische Energiespeichereinrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine maximale Laderate bei einem Ladevorgang oder Entladevorgang nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 gesteuert wird.

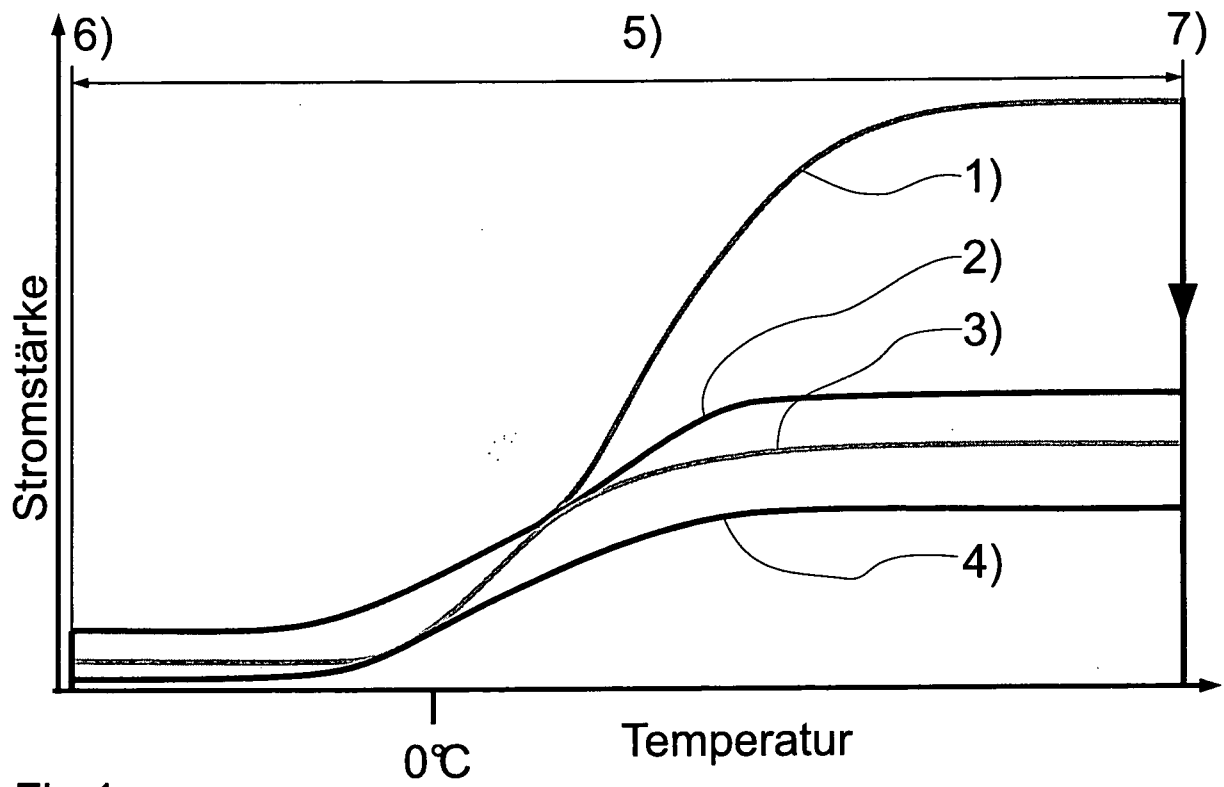


Fig.1

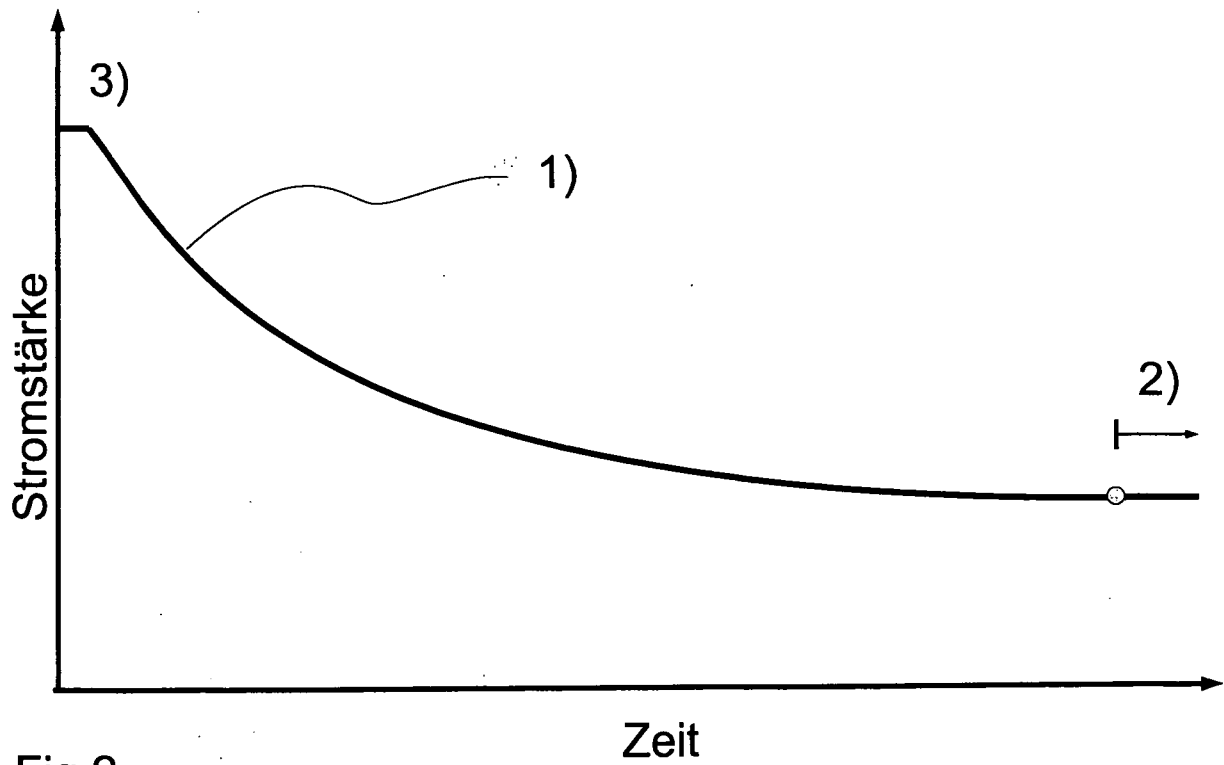


Fig.2

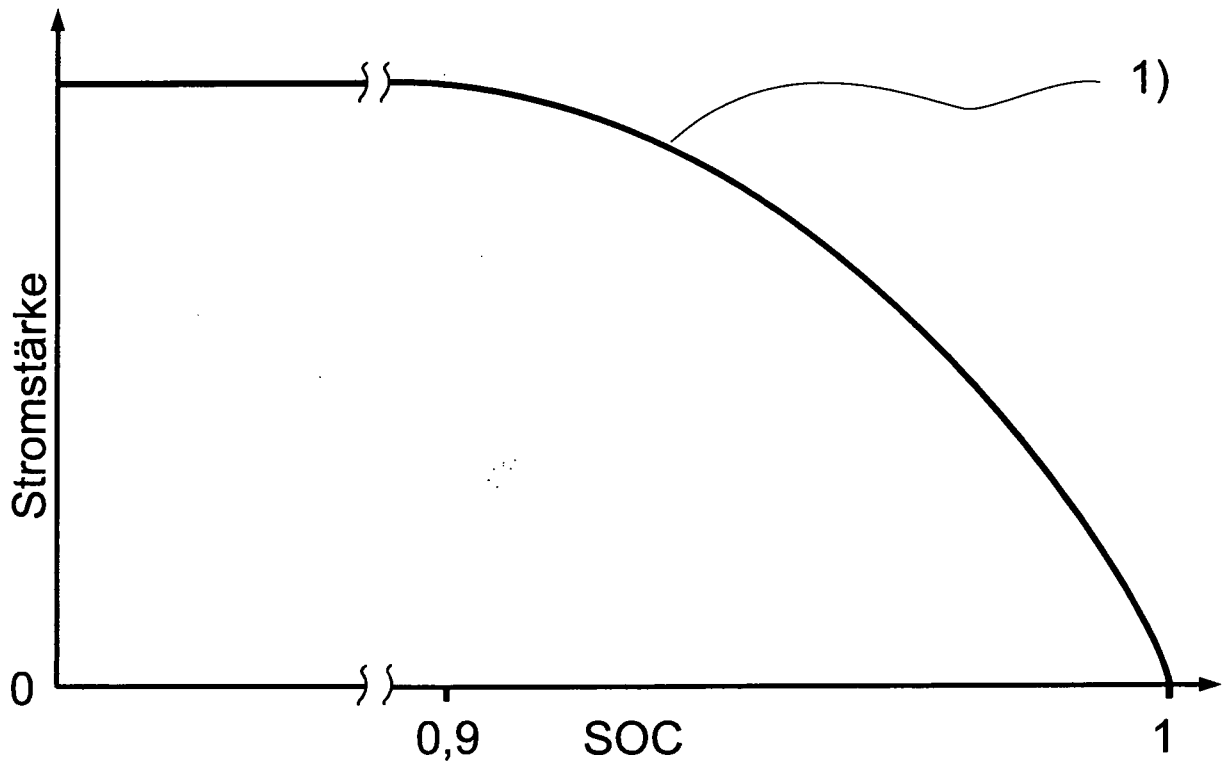


Fig.3