

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
18. Oktober 2012 (18.10.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/139904 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 31/36 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/055794

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. März 2012 (30.03.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 007 460.0
15. April 2011 (15.04.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GREGGER, Klaus**
[DE/DE]; Invalidenstr. 39, 10115 Berlin (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL
AUTOMOTIVE GMBH**; Postfach 22 16 39, 80506
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, QA, RO, RS, RU, RW,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CYCLICALLY DETERMINING THE CHARGE STATE OF AN ELECTRIC ENERGY STORE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR ZYKLISCHEN BESTIMMUNG DES LADEZUSTANDES EINES ELEKTRISCHEN
ENERGIESPEICHERS

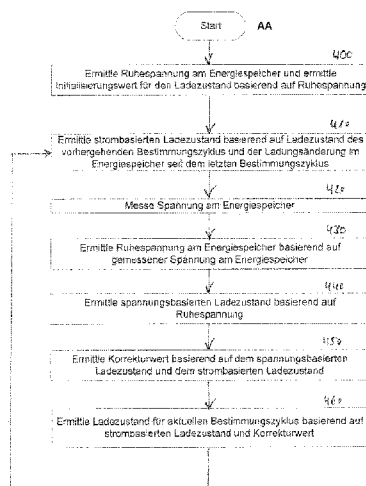


Fig. 4

FIG. 4:
400 Determine open-circuit voltage at the energy store and determine
initialization value for the charge state on the basis of the open-circuit voltage
410 Determine current-based charge state on the basis of charge state of the
previous determination cycle and the change of charge in the energy store
since the last determination cycle
420 Measure voltage at the energy store
430 Determine open-circuit voltage at the energy store on the basis of
measured voltage at the energy store
440 Determine voltage-based charge state on the basis of open-circuit
voltage
450 Determine correction value on the basis of the voltage-based charge
state and the current-based charge state
460 Determine charge state for present determination cycle on the basis of
current-based charge state and correction value

(57) Abstract: The invention relates to a method for cyclically determining a charge state of an electric energy store (ES1). For this purpose, a current-based charge state is determined for the present determination cycle on the basis of the charge state of the previous determination cycle and a change of the charge in the energy store (ES1) that has taken place between the present determination cycle and the previous determination cycle. An open-circuit voltage of the energy store (ES1) and, based thereon, a voltage-based charge state are determined. On the basis of the current-based charge state and the voltage-based charge state, a correction value is determined. The charge state for the present determination cycle is determined on the basis of the current-based charge state and the correction value.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur zyklischen Bestimmung eines Ladezustands eines elektrischen Energiespeichers (ES1). Dabei wird zum aktuellen Bestimmungszyklus ein strombasierter Ladezustand basierend auf dem Ladezustand des vorhergehenden Bestimmungszyklus und einer zwischen dem aktuellen Bestimmungszyklus und dem vorhergehenden Bestimmungszyklus erfolgten Ladungsänderung im Energiespeicher (ES1) bestimmt. Es werden eine Ruhespannung des Energiespeichers (ES1) und darauf basierend ein spannungsbasierter Ladezustand ermittelt. Es wird ein Korrekturwert basierend auf dem strombasierten Ladezustand und dem spannungsbasierten Ladezustand ermittelt. Der Ladezustand für den aktuellen Bestimmungszyklus wird basierend auf dem strombasierten Ladezustand und dem Korrekturwert ermittelt.

WO 2012/139904 A1



MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Beschreibung

Verfahren zur zyklischen Bestimmung des Ladezustandes eines elektrischen Energiespeichers

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur zyklischen Bestimmung eines Ladezustands eines elektrischen Energiespeichers, insbesondere eines elektrochemischen Energiespeichers für ein Kraftfahrzeug mit Elektro- oder Hybridantrieb.

10

Im Bestreben, den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemissionen zu reduzieren, kommen zunehmend Fahrzeuge mit Elektroantrieb oder Hybridantrieb zum Einsatz. Beiden Antriebskonzepten ist gemein, dass der Vortrieb des Fahrzeugs zumindest zeitweise durch einen Elektromotor erfolgt. Der Elektromotor wird durch eine leistungsstarke Energiespeichervorrichtung (Batterie) mit elektrischer Energie versorgt. Die elektrische Energiespeichervorrichtung umfasst in der Regel eine größere Anzahl an in Reihe geschalteter, elektrochemischer und/oder elektrostatischer Energiespeicher (Batteriezellen). Dabei kommen vorzugsweise elektrochemische Energiespeicher auf Lithium-Ionen-Basis und/oder elektrostatische Energiespeicher in Form von Doppelschichtkondensatoren oder sogenannten SuperCaps zum Einsatz.

25

Sowohl für den Betrieb des Fahrzeugs als auch für das Energiemanagement der Energiespeichervorrichtung ist die Kenntnis des aktuellen Ladezustands der einzelnen Energiespeicher von herausragender Bedeutung. Unter Ladezustand ist dabei die in den einzelnen Energiespeicher aktuell gespeicherte Ladung im Verhältnis zur Kapazität der jeweiligen Energiespeicher zu verstehen. Oftmals wird der Ladezustand mit den Buchstaben SOC (State Of Charge) abgekürzt. Die Kapazität stellt dabei die von der Energiespeichervorrichtung maximal speicherbare Ladung dar. Nur durch Kenntnis des aktuellen Ladezustands der Energiespeicher kann beispielsweise die maximal mögliche Reichweite des Kraftfahrzeugs bei Antrieb mit dem Elektromotor abgeschätzt werden. Wichtig ist die Kenntnis der aktuellen Ladezustände auch

30

35

für die Steuerung der Lade- und Entladevorgänge der Energiespeicher. Insbesondere ist ein Abfallen des Ladezustands unter einen kritischen Wert zu vermeiden, um eine Beschädigung der Energiespeicher vorzubeugen. Aus dem gleichen Grund sollte auch
5 eine Überladung des Energiespeichers vermieden werden.

Gemäß einem bekannten Verfahren zur Bestimmung des Ladezustandes eines elektrischen Energiespeichers wird zu einem geeigneten Moment - beispielsweise, wenn der Energiespeicher weder geladen
10 noch entladen wird - ein Ausgangsladezustand basierend auf einer möglichst präzisen Messung der Ruhespannung des Energiespeichers ermittelt. Der sich aufgrund nachfolgender Lade- und Entladevorgänge ändernde Ladezustand des Energiespeichers wird durch die zeitliche Integration des zu- und abgeführten Stromes
15 ermittelt. Dieses Verfahren erfordert jedoch extrem hohe Anforderungen an die Genauigkeit der zu erfolgenden Strommessung. Die Kosten der dazu notwendigen Strommesseinrichtung sind daher beträchtlich. Selbst kleine Messfehler werden durch die Integration des fließenden Stroms soweit akkumuliert, dass sich
20 über eine längere Betriebsdauer beträchtliche Fehler bei der Bestimmung des Ladezustandes ergeben.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren, eine Steuervorrichtung und eine Energiespeichervorrichtung
25 bereitzustellen, durch die die Bestimmung des Ladezustandes eines elektrischen Energiespeichers verbessert werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst.

30
Gemäß einem Verfahren zur zyklischen Bestimmung eines Ladezustandes eines elektrischen Energiespeichers gemäß dem Anspruch 1 wird zum aktuellen Bestimmungszyklus ein strombasierter Ladezustand basierend auf dem Ladezustand des vorhergehenden Bestimmungszyklus und einer zwischen dem aktuellen Bestimmungszyklus und dem vorhergehenden Bestimmungszyklus erfolgten Ladungsänderung im Energiespeicher bestimmt. Es wird eine

Ruhespannung des Energiespeichers ermittelt und basierend darauf ein spannungsbasierter Ladezustand ermittelt. Es wird ein Korrekturwert basierend auf dem strombasierten Ladezustand und dem spannungsbasierten Ladezustand ermittelt. Der Ladezustand für den aktuellen Zyklus wird basierend auf dem strombasierten Ladezustand und dem Korrekturwert ermittelt.

Die der Erfindung zugrundeliegende Idee ist darin zu sehen, dass der strombasierte Ladezustand, der aufgrund der oft fehlerbehafteten Strommessung ungenau ist, bei jedem Berechnungszyklus korrigiert wird. Der Korrekturwert ergibt sich aus dem strombasierten Ladezustand und einem spannungsbasierten Ladezustand, der basierend auf der Ruhespannung des Energiespeichers ermittelt wird. Dieses Verfahren erlaubt eine deutlich genauere Bestimmung des Ladezustands des Energiespeichers, ohne dass dabei sehr hohe Anforderungen an die Genauigkeit der Strommessung erfüllt sein müssen. Somit können die für die Strommessung anfallenden Kosten deutlich reduziert werden.

In einer Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 2 wird bei jedem Start des Verfahrens die Ruhespannung des Energiespeichers ermittelt und darauf basierend ein Initialisierungswert für den Ladezustand des elektrischen Energiespeichers ermittelt.

Für die zyklische Bestimmung des Ladezustands kann ein Ausgangswert (Initialisierungswert) für den Ladezustand notwendig sein. Bei elektrochemischen und elektrostatischen Energiespeichern besteht häufig ein funktionaler Zusammenhang zwischen der am Energiespeicher gemessenen Ruhespannung und dem Ladezustand. Dieser funktionale Zusammenhang kann beispielsweise in Form einer Wertetabelle in einer entsprechend ausgebildeten Steuervorrichtung abgespeichert werden, wobei Zwischenwerte durch Interpolation ermittelt werden können. Durch Ermittlung der Ruhespannung kann somit auf einfache Weise auf den Ladezustand geschlossen werden.

In einer Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 3 wird zur Ermittlung der Ladungsänderung der Strom gemessen, welcher dem Energiespeicher zufließt oder von diesem abfließt.

5 Da die Ladungsänderung im Energiespeicher unmittelbar von dem zu- oder abfließenden Strom abhängt, kann durch die Strommessung sehr leicht auf die Ladungsänderung im Energiespeicher rückge- schlossen werden, beispielsweise durch zeitliche Integration der Stromstärke.

10

In einer Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 4 wird zur Ermittlung der Ruhespannung des Energiespeichers die Spannung am Energiespeicher gemessen. In einem Zustand, in dem der Ener- giespeicher entladen oder geladen wird, wird die Ruhespannung des
15 Energiespeichers basierend auf dem Messwert der Spannung am Energiespeicher und einem Spannungsabfall am Innenwiderstand des Energiespeichers ermittelt. Ansonsten wird die Ruhespannung des Energiespeichers gleich dem Messwert der Spannung am Ener- giespeicher gesetzt.

20

In einem Betriebszustand, in dem der Energiespeicher lastfrei ist, also weder geladen oder entladen wird, fließt kein Strom zum Energiespeicher oder von diesem weg. Die Ruhespannung des Energiespeichers kann in diesem Fall direkt am Energiespeicher
25 mit ausreichender Genauigkeit gemessen werden. In einem Be- triebzustand, in dem der Energiespeicher geladen oder entladen wird, kann die Ruhespannung ohne erheblichen Genauigkeitsverlust nicht mehr unmittelbar am Energiespeicher gemessen werden. Daher wird in diesem Betriebszustand die Spannung am Energiespeicher
30 ermittelt und unter Berücksichtigung des Spannungsabfalls an dem bekannten Innenwiderstand des Energiespeichers die Ruhespannung berechnet. Durch diese Ausgestaltung des Verfahrens kann daher die Ruhespannung des Energiespeichers in jedem Betriebszustand ermittelt werden, so dass die Bestimmung des Ladezustands zu
35 jedem Zeitpunkt möglich ist. Eventuelle Ungenauigkeiten bei dieser Art der Ruhespannungsbestimmung können durch eine entsprechend schwache Gewichtung des Korrekturwerts bei der Ermittlung des Ladezustands berücksichtigt werden.

In einer Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 5 wird in dem Zustand, in dem der Energiespeicher entladen oder geladen wird, die Ruhespannung des Energiespeichers zusätzlich basierend auf einen zeitabhängigen Korrekturterm ermittelt.

5

Durch die Berücksichtigung eines zusätzlichen zeitabhängigen Korrekturterms, können alterungsbedingte Einflüsse (z.B. Veränderung der inneren Struktur oder der chemischen Zusammensetzung der inneren Komponenten des Energiespeichers) auf den Ladezustand zusätzlich berücksichtigt werden, wodurch die Genauigkeit der Ruhespannungsermittlung weiter verbessert wird. Der zeitabhängige Korrekturterm kann beispielsweise experimentell so bestimmt werden, dass die alterungsbedingte Einflüsse auf die Ruhespannung mit guter Genauigkeit angenähert werden.

10

In einer Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 6 wird der Korrekturwert zur Ermittlung des Ladezustands für den aktuellen Bestimmungszyklus gewichtet.

15

Durch die Gewichtung des Korrekturwerts kann das Verfahren an unterschiedliche Energiespeichertypen oder unterschiedliche Umgebungsbedingungen optimal angepasst werden. Die Art und der Wert der Gewichtung können beispielsweise experimentell erfolgen. Somit kann die Genauigkeit des Verfahrens weiter verbessert werden.

20

Eine Steuervorrichtung für einen Energiespeicher nach Anspruch 7 ist derart ausgebildet und mit Mitteln versehen, dass sie das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 durchführen kann.

25

Eine Energiespeichervorrichtung nach Anspruch 8 umfasst zumindest einen elektrischen Energiespeicher und eine Steuervorrichtung nach Anspruch 7.

30

Bezüglich der Vorteile der Steuervorrichtung und der Energiespeichervorrichtung wird auf die Ausführungen zu den Ansprüchen 1 bis 6 verwiesen, welche analog gelten.

35

Im Folgenden wird der Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die beigefügten Figuren näher erläutert. In den Figuren sind:

- 5 Figur 1 eine schematische Darstellung einer Energiespeichervorrichtung für ein Hybrid- oder Elektrofahrzeug, welche mehrere Energiespeicher aufweist;
- 10 Figur 2 ein einfaches Ersatzschaltbild eines elektrochemischen Energiespeichers;
- 15 Figur 3 eine schematische Darstellung eines funktionalen Zusammenhangs zwischen der Ruhespannung und dem Ladezustand eines elektrischen Energiespeichers;
- 20 Figur 4 ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur zyklischen Ladezustandsbestimmung in Form eines Ablaufdiagramms.
- 25 In Figur 1 ist ein Ausführungsbeispiel einer Energiespeichervorrichtung 1 schematisch dargestellt. Die Energiespeichervorrichtung 1 weist mehrere elektrische Energiespeicher ES1 bis ES6 auf, welche in Reihe geschaltet und innerhalb eines Gehäuses 2 der Energiespeichervorrichtung 1 angeordnet sind. Bei
- 30 den Energiespeichern handelt es sich vorzugsweise um elektrochemische Energiespeicherzellen, beispielsweise auf Lithium-Ionen-Basis, jedoch können auch elektrostatische Energiespeicher, vorzugsweise Doppelschichtkondensatoren oder sogenannte SuperCaps, verwendet werden.
- 35 Für jeden Energiespeicher ES1 bis ES6 sind Einrichtungen E1 bis E6 vorgesehen, mittels denen die an dem jeweiligen Energiespeichern ES1 bis ES6 messbare Spannungen U1 bis U6 messbar sind. An der Außenseite des Gehäuses angeordnete Pole 3, 4 sind mit der Reihenschaltung der Energiespeicher ES1 bis ES6 derart elektrisch verbunden, dass eine Stromentnahme (Entladen) und auch eine Stromzufuhr (Laden) von außen möglich ist.

Die Energiespeichervorrichtung 1 weist eine Steuereinrichtung 5 auf, welche mit den Polen 3, 4, Energiespeichern ES1 bis ES6 und den Einrichtungen zur Spannungsmessung E1 bis E6 elektrisch verbunden ist. Die Steuereinrichtung 5 ist derart ausgebildet und mit Mitteln ausgestattet, dass sie die Stromzufuhr (Ladevorgang) zu den Energiespeichern ES1 bis ES6 und auch die Stromentnahme (Entladevorgang) von den Energiespeichern ES1 bis ES6 steuern kann. Ferner ist die Steuereinrichtung 5 derart ausgebildet und mit Mitteln versehen, dass sie die durch die Einrichtungen E1 bis E6 gemessenen Spannungen U1 bis U6 an den Energiespeichern erfassen kann. Die Steuervorrichtung ist weiterhin derart ausgebildet und mit Mitteln versehen, dass sie ein Verfahren zur Ermittlung der Ladezustände der Energiespeicher ES1 bis ES6 ausführen kann, wie es weiter unten mit Bezug auf Figur 4 näher erläutert ist. Dazu weist die Steuervorrichtung beispielsweise eine Speichereinheit 6, eine Rechneinheit 7 und eine Strommesseinrichtung 8 auf. In der Speichereinheit 6 sind Steuer- und Rechenprogramme in Form von Software und Daten abgespeichert, welche von der Recheneinheit 7 aufgerufen und ausgeführt werden. Die Strommesseinrichtung 8 ist derart ausgebildet, dass sie den zu den Energiespeichern ES1 bis ES6 fließenden Strom (bei Ladevorgängen) und den von den Energiespeichern abfließenden Strom (Entladevorgänge) messen kann.

In Figur 2 ist ein vereinfachtes, rein schematisches Ersatzschaltbild eines der elektrochemischen Energiespeicher ES1 bis ES6 der Energiespeichervorrichtung 1 abgebildet.

Die an dem Energiespeicher messbare Spannung U setzt sich im Wesentlichen aus der Ruhespannung U_R und, falls ein Strom I fließt, einer an einem Innenwiderstand R_i abfallenden Spannung U_{ri} zusammen. Der Innenwiderstand R_i des Energiespeichers kann experimentell ermittelt werden und ist daher bekannt. Ein sonstiger Spannungsanteil ist abhängig von zahlreichen Faktoren, wie Umgebungsbedingungen (Temperatur), Alter des Energiespeichers, Verlauf der Lade- und Entladevorgänge, Höhe des fließenden Stroms etc) und dem Ladezustand. Der sonstige Spannungsanteil ist in Figur 2 durch zwei RC-Glieder $RC1$ und $RC2$

und die (bei Stromfluss) darüber abfallenden Spannungen URC1 , URC2 symbolisiert. Dieser sonstige Spannungsanteil ist nicht messbar, sondern kann nur durch geeignete Funktionen angenähert werden.

5

Bei elektrochemischen Energiespeichern besteht im Allgemeinen ein funktioneller Zusammenhang zwischen der Ruhespannung UR und dem Ladezustand (häufig als SOC abgekürzt). Unter Ruhespannung UR ist im Folgenden die am lastfreien Energiespeicher messbare Spannung (ohne Stromentnahme oder Stromzufuhr) zu verstehen.

10

In Figur 3 ist ein solcher funktionaler Zusammenhang beispielsweise und rein schematisch dargestellt. Der funktionale Zusammenhang kann beispielsweise in Form einer Tabelle in der Speichereinheit 6 der Steuervorrichtung 5 abgespeichert sein. Bei Kenntnis der Ruhespannung kann somit auf einfache Weise auf den Ladezustand geschlossen werden.

15

Anhand des in Figur 4 dargestellten Ablaufdiagramms wird nun ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur zyklischen Bestimmung des Ladezustands eines elektrischen Energiespeichers beschrieben. Das Verfahren wird durch die Steuervorrichtung 5 der Energiespeichervorrichtung 1 (siehe Figur 1) ausgeführt. Im Folgenden wird das Verfahren nur für einen der Energiespeicher ES1 bis ES6, nämlich dem Energiespeicher ES1, exemplarisch erläutert. Jedoch ist das Verfahren analog auf alle Energiespeicher ES1 bis ES6 anwendbar.

20

25

Das Verfahren startet beispielsweise kurze Zeit vor dem Anlassen eines Hybrid- oder Elektrofahrzeugs (nicht dargestellt), dem die Energiespeichervorrichtung 1 zugeordnet ist. Auslöser für den Start des Verfahrens können Vorgänge sein, welche auf das baldige Anlassen bzw. Starten des Hybrid- oder Elektrofahrzeugs, beispielsweise das Öffnen einer Fahrertür, das Einstecken eines Zündschlüssels oder das Drücken eines Startknopfes durch den Fahrer. Vor dem Anlassen bzw. Starten des Hybrid- oder Elektrofahrzeugs sind die Energiespeichervorrichtung 1 und die darin enthaltenen Energiespeicher ES1 bis ES6 häufig lastfrei,

30

35

d.h. die Energiespeichervorrichtung 1 und die Energiespeicher ES1 bis ES6 werden weder geladen noch entladen.

Ab dem Start des Bestimmungszyklus wird mittels der Strom-
5 messeinrichtung 8 kontinuierlich der Strom gemessen, welcher der Energiespeichervorrichtung zugeführt (Ladevorgang) oder von dieser abgeführt wird (Entladevorgang). Damit steht der aktuelle Wert der Stromstärke zu jedem Zeitpunkt zur Verfügung.

10 Nach dem Start des Verfahrens wird in Schritt 400 die Spannung U_1 an dem Energiespeicher ES1 mittels der zugeordneten Messeinrichtung E1 gemessen und basierend darauf die Ruhespannung des Energiespeichers ES1 ermittelt.

15 Vorteilhafterweise ist der Energiespeicher ES1 zu diesem Zeitpunkt lastfrei (der Energiespeicher wird also weder geladen noch entladen, so dass der zum Energiespeicher fließende oder von diesem abfließende Strom gleich Null ist). In diesem Fall wird für die Ruhespannung UR_1 des Energiespeichers ES1 der gemessene
20 Wert für die Spannung U_1 am Energiespeicher ES1 übernommen.

Falls der Energiespeicher ES1 jedoch bereits entladen oder geladen wird (der Strom ist also ungleich Null), wird die Ruhespannung UR_1 des Energiespeichers ES1 basierend auf dem in
25 Schritt 400 gemessenen Wert der Spannung U_1 am Energiespeicher ES1 und dem durch den Stromfluss verursachten Spannungsabfall UR_{i1} am bekannten Innenwiderstand R_i des Energiespeichers ES1 ermittelt (siehe Figur 2). Dies kann mit beispielsweise nach folgendem Zusammenhang erfolgen:

30

$$UR_1 = UR_{i1} + U_1 \quad (3)$$

Zur Verbesserung der Genauigkeit kann bei der Bestimmung der Ruhespannung zusätzlich ein zeitabhängiger Korrekturterm KRC
35 berücksichtigt werden, welcher den sonstigen Spannungsanteil (siehe Erläuterungen zu Figur 2) im Energiespeicher ES1 abbildet:

$$UR_1 = UR_{i1} + U_1 + KRC \quad (4)$$

Bei dem Korrekturterm KRC kann es sich beispielsweise um eine Exponentialfunktion handeln, die empirisch zu bestimmen ist. Der Korrekturterm KRC kann dabei von mehreren Parametern abhängig sein, wie Temperatur des Energiespeichers ES1, der Zeit, der Höhe
5 des zu- und abgeführten Stroms oder dem zeitlichen Verlauf von Lade- und Entladevorgängen usw.

Auf diese Weise kann die Ruhespannung UR1 des Energiespeichers ES1 auch während eines bereits stattfindenden Lade- oder
10 Entladevorgangs mit besserer Genauigkeit ermittelt werden. In diesem Zusammenhang wird zusätzlich auf die Erläuterung zu Figur 2 verwiesen.

Basierend auf der ermittelten Ruhespannung UR1 wird ein Initialisierungswert (Anfangswert) SOC0 für den Ladezustand des
15 Energiespeicher ES1 ermittelt. Dies erfolgt vorteilhafterweise anhand des in Figur 3 dargestellten funktionalen Zusammenhangs. Beispielhaft ist dort die Bestimmung eines Ladezustands SOC1 unter Kenntnis einer Ruhespannung UR1 dargestellt.

20 Das Verfahren beginnt nun mit dem ersten Bestimmungszyklus für den Ladezustand des Energiespeichers ES1. Dazu wird in Schritt 410 ein strombasierter Ladezustand SOCI basierend auf dem im vorhergehenden Bestimmungszyklus ermittelten Ladezustand des
25 Energiespeichers ES1 und der im Zeitraum zwischen dem vorhergehenden Bestimmungszyklus und dem aktuellen Bestimmungszyklus aufgrund von Lade- oder Entladevorgängen erfolgten Ladungsänderung ΔQ im Energiespeicher ES1 ermittelt. Da vor dem
30 ersten Bestimmungszyklus noch kein Bestimmungszyklus durchgeführt wurde, wird als Wert für den Ladezustand des vorhergehenden Bestimmungszyklus ersatzweise der in Schritt 400 ermittelte Initialisierungswert SOC0 für den Ladezustand
herangezogen. Für die Ladungsänderung ΔQ wird der zwischen der Bestimmung des Anfangswerts SOC0 für den Ladezustand und dem
35 ersten Bestimmungszyklus vergangene Zeitraum betrachtet.

Die Ermittlung des strombasierten Ladezustands SOCI im ersten Bestimmungszyklus kann beispielsweise gemäß dem folgenden Zusammenhang ermittelt werden:

$$5 \quad SOCI = SOC0 + \frac{\Delta Q}{C} \quad (1)$$

Dabei stellt C die Kapazität (die durch den Energiespeicher ES1 maximal speicherbare Ladungsmenge) dar, welche für den jeweiligen Energiespeicher ES1 bekannt ist. Die Ladungsänderung ΔQ kann beispielsweise durch die zeitliche Integration des dem Energiespeicher ES1 bei einem Ladevorgang zugeführten Strom und/oder bei einem Entladevorgang abgeführten Strom ermittelt werden:

$$15 \quad \Delta Q = \int I dt \quad (2)$$

Das Verfahren fährt mit Schritt 420 fort in dem die Spannung U1 am Energiespeicher ES1 mittels der entsprechenden Messeinrichtung E1 gemessen wird.

20

Daraufhin fährt das Verfahren mit Schritt 430 fort, in dem die Ruhespannung UR1 am Energiespeicher ES1 basierend auf der am Energiespeicher ES1 gemessenen Spannung U1 (Schritt 420) ermittelt wird. In Abhängigkeit davon, ob der Energiespeicher ES1 lastfrei ist oder nicht, erfolgt die Ermittlung der Ruhespannung auf die zwei, mit Bezug auf Schritt 400 bereits erläuterten Arten.

25

Das Verfahren fährt mit Schritt 440 fort, in dem ein spannungsbasierter Ladezustand SOCU basierend auf der in Schritt 430 ermittelten Ruhespannung UR1 ermittelt wird. Auch dies kann anhand des in Figur 3 dargestellten funktionalen Zusammenhangs erfolgen.

30

Das Verfahren fährt mit Schritt 450 fort, in dem ein Korrekturwert K basierend auf dem spannungsbasierten Ladezustand SOCU und dem strombasierten Zustand SOCI ermittelt wird. Der Korrekturwert K kann beispielsweise auf einer Differenz zwischen dem span-

35

nungsbasierten Ladezustand SOC_U und dem strombasierten Ladezustand SOC_I basieren. Alternativ kann der Korrekturwert K auch auf einem Verhältnis aus dem spannungsbasierten Ladezustand SOC_U und dem strombasierten Ladezustand SOC_I basieren.

5

Das Verfahren fährt mit Schritt 460 fort, in dem der Ladezustand SOC₁ für den ersten Bestimmungszyklus basierend auf dem strombasierten Ladezustand SOC_I und dem Korrekturwert K ermittelt wird. So kann der Ladezustand SOC₁ für den ersten Bestimmungszyklus vorteilhafterweise durch eine Differenz zwischen dem strombasierten Ladezustand SOC_I und dem mit einem Gewichtungsfaktor w multiplizierten Korrekturwert K bestimmt werden:

10

15

$$SOC_1 = SOC_I + wK = SOC_I + w(SOC_U - SOC_I)$$

Dabei ist $0 < w < 1$, beispielsweise $w = 0,001$ bei einer Wiederholrate für die Bestimmungszyklen von 1kHz

20

Gegebenenfalls kann diese Vorgehensweise durch eine höhere Gewichtung des Korrekturwerts an die tatsächlichen Verhältnisse angepasst werden. Dies kann beispielsweise basierend auf Laborversuchen erfolgen. Alternativ ist es möglich, dass der Ladezustand für einen aktuellen Durchlauf eines Bestimmungszyklus basierend auf einem Produkt des strombasierten Ladezustands und dem Korrekturwert, bestehend aus einem gewichteten Quotienten aus dem spannungsbasierten Ladezustand und dem strombasierten Ladezustand:

25

$$SOC_1 = SOC_I \times \left(\frac{SOC_U}{SOC_I} \right)^w$$

30

Durch die schwache Gewichtung des Korrekturwerts wird ein negativer Einfluss eines fehlerhafteten Korrekturwerts auf die Genauigkeit des Verfahrens über einen längeren Zeitraum verhindert.

35

In Anschluss daran kehrt das Verfahren zu Schritt 410 zurück und der zweite Bestimmungszyklus wird begonnen. Die Ermittlung des

strombasierten Ladezustands SOCI erfolgt dann basierend auf dem während des ersten Bestimmungszyklus ermittelten Ladezustands SOC1 und der im Zeitraum zwischen dem ersten Bestimmungszyklus und dem zweiten Bestimmungszyklus erfolgten Ladungsänderung ΔQ .

5

Die Bestimmungszyklen können ab dem Start periodisch in vorgegebenen Zeitabständen durchgeführt werden. Je nach Anwendung können diese Zeitabstände in Größenordnung von Sekundenbruchteilen bis Minuten durchgeführt werden. Das beschriebene

10 Verfahren bietet den Vorteil, den aktuellen Ladezustand der Energiespeicher auch während Lade- oder Entladevorgängen mit hoher Genauigkeit zu bestimmen. Durch die zyklische Berücksichtigung des genannten Korrekturwerts K wird eine Fehlerakkumulation, verursacht durch Ungenauigkeit in der Strom-

15 messung, weitgehend eliminiert, sodass aufgrund der geringeren technischen Anforderungen an die Strommessung Kosten gespart werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur zyklischen Bestimmung eines Ladezustands eines elektrischen Energiespeichers (ES1), wobei zum
5 aktuellen Bestimmungszyklus
- ein strombasierter Ladezustand (SOC_I) basierend auf dem Ladezustand des vorhergehenden Bestimmungszyklus und einer zwischen dem aktuellen Bestimmungszyklus und dem vorhergehenden Bestimmungszyklus erfolgten La-
 - 10 dungsänderung (ΔQ) im Energiespeicher (ES1) bestimmt wird,
 - eine Ruhespannung (UR₁) des Energiespeichers (ES1) ermittelt wird,
 - ein spannungsbasierter Ladezustand (SOC_U) basierend
15 auf der ermittelten Ruhespannung (UR₁) ermittelt wird,
 - ein Korrekturwert (K) basierend auf dem strombasierten Ladezustand (SOC_I) und dem spannungsbasierten Ladezustand (SOC_U) ermittelt wird,
 - der Ladezustand für den aktuellen Bestimmungszyklus
20 basierend auf dem strombasierten Ladezustand und dem Korrekturwert ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei bei jedem Start des Verfahrens die Ruhespannung (UR₁) des Energiespeichers
25 (ES1) ermittelt und darauf basierend ein Initialisierungswert (SOC₀) für den Ladezustand des elektrischen Energiespeichers ermittelt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei zur
30 Ermittlung der Ladungsänderung (ΔQ) der Strom (I) gemessen wird, welcher dem Energiespeicher (ES1) zufließt oder von diesem abfließt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei zur
35 Ermittlung der Ruhespannung (UR₁) des Energiespeichers (ES1) die Spannung (U₁) am Energiespeicher (ES1) gemessen wird und

- in einem Zustand, in dem der Energiespeicher (ES1) entladen oder geladen wird, die Ruhespannung (UR1) des Energiespeichers (ES1) basierend auf dem Messwert der Spannung (U1) am Energiespeicher (ES1) und einem Spannungsabfall (URi) am Innenwiderstand (Ri) des Energiespeichers (ES1) ermittelt wird, und ansonsten
- die Ruhespannung (UR1) des Energiespeichers (ES1) gleich dem Messwert der Spannung (U1) am Energiespeicher (ES1) gesetzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei in dem Zustand, in dem der Energiespeicher (ES1) entladen oder geladen wird, die Ruhespannung (UR1) des Energiespeichers (ES1) zusätzlich basierend auf einen zeitabhängigen Korrekturterm ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei zur Ermittlung des Ladezustands für den aktuellen Bestimmungszklus der Korrekturwert (K) gewichtet wird.

7. Steuervorrichtung (5) für einen Energiespeicher (ES1), welche derart ausgebildet und mit Mitteln versehen ist, dass sie das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 durchführen kann.

8. Energiespeichervorrichtung (1) mit zumindest einem Energiespeicher (ES1) und einer Steuervorrichtung (5) gemäß Anspruch 7.

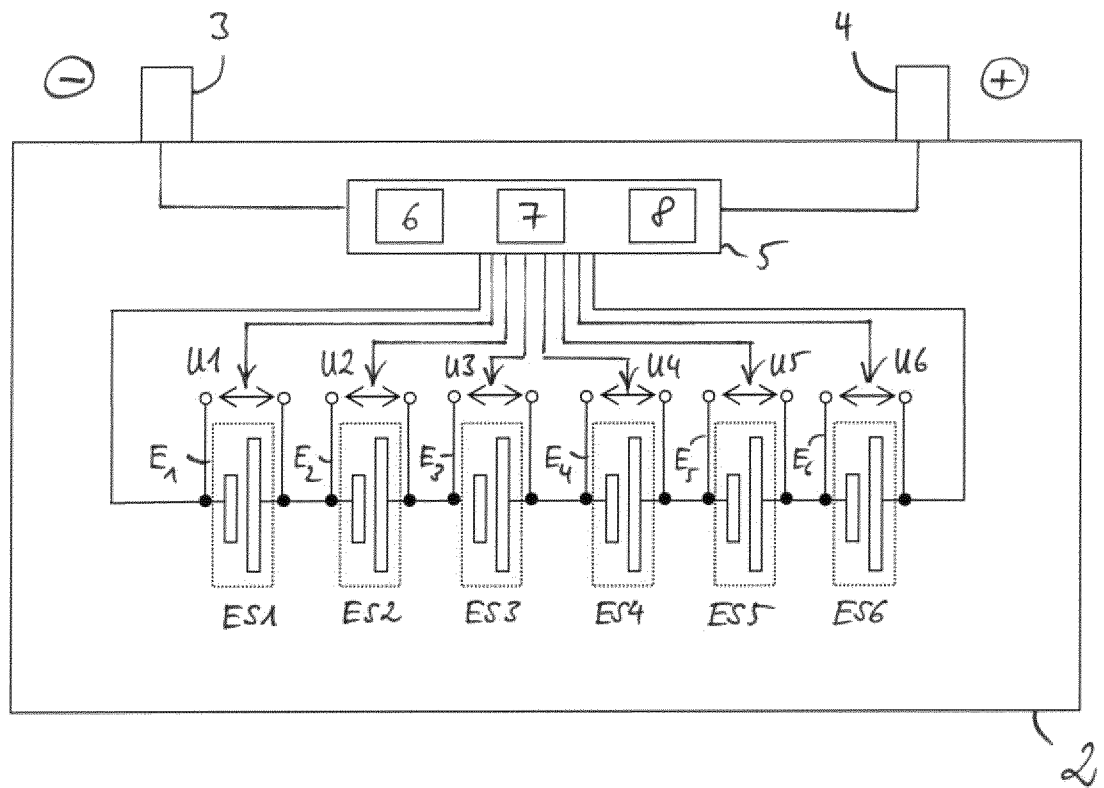


Fig. 1

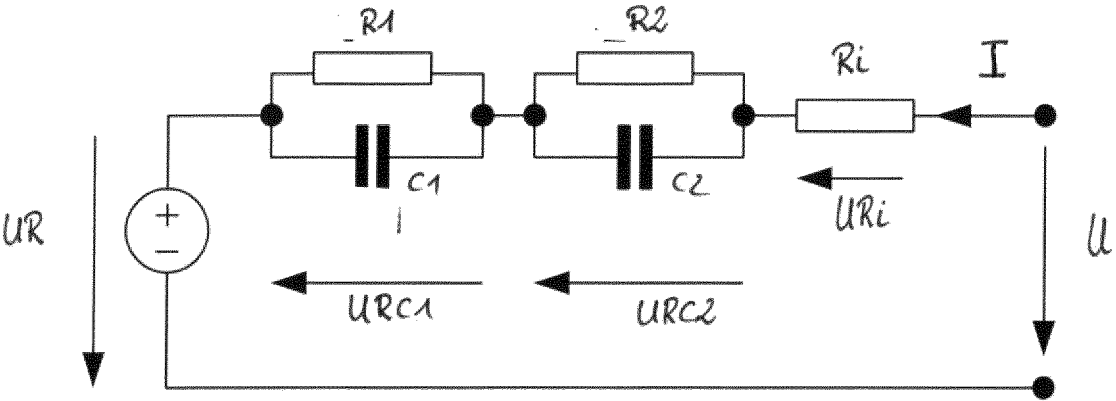


Fig. 2

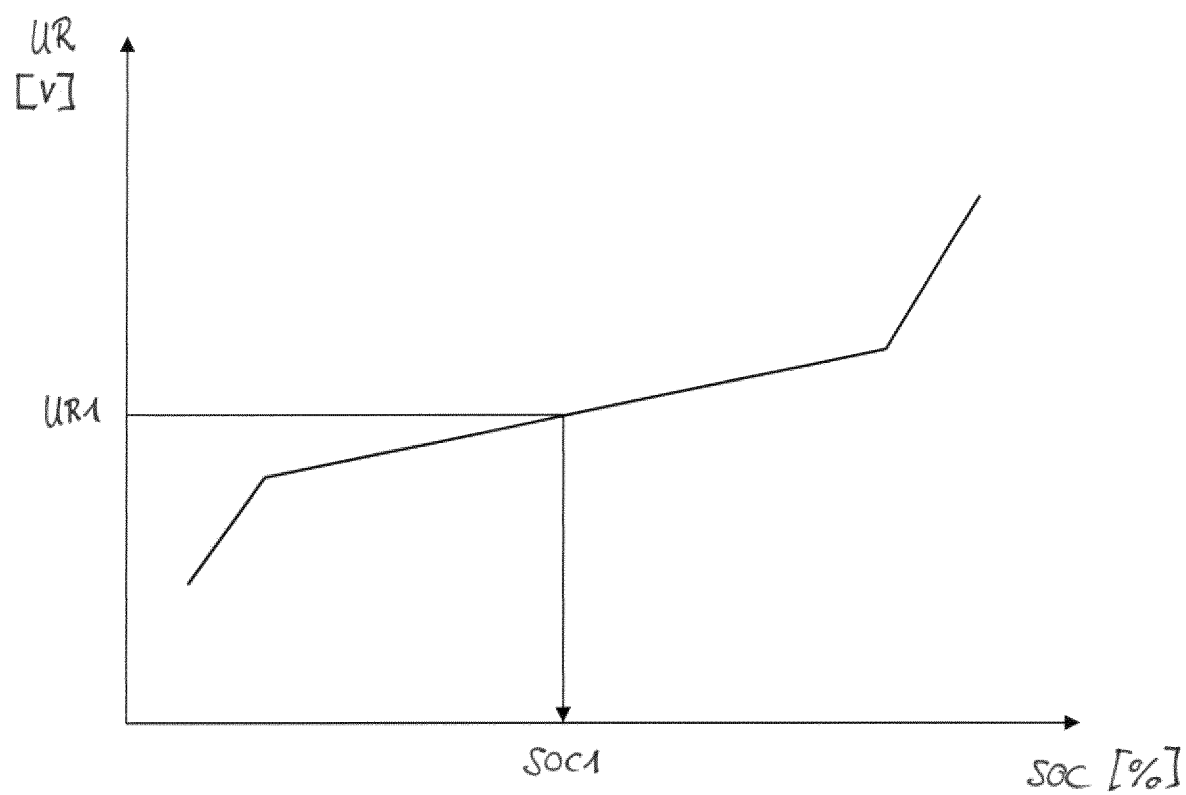


Fig. 3

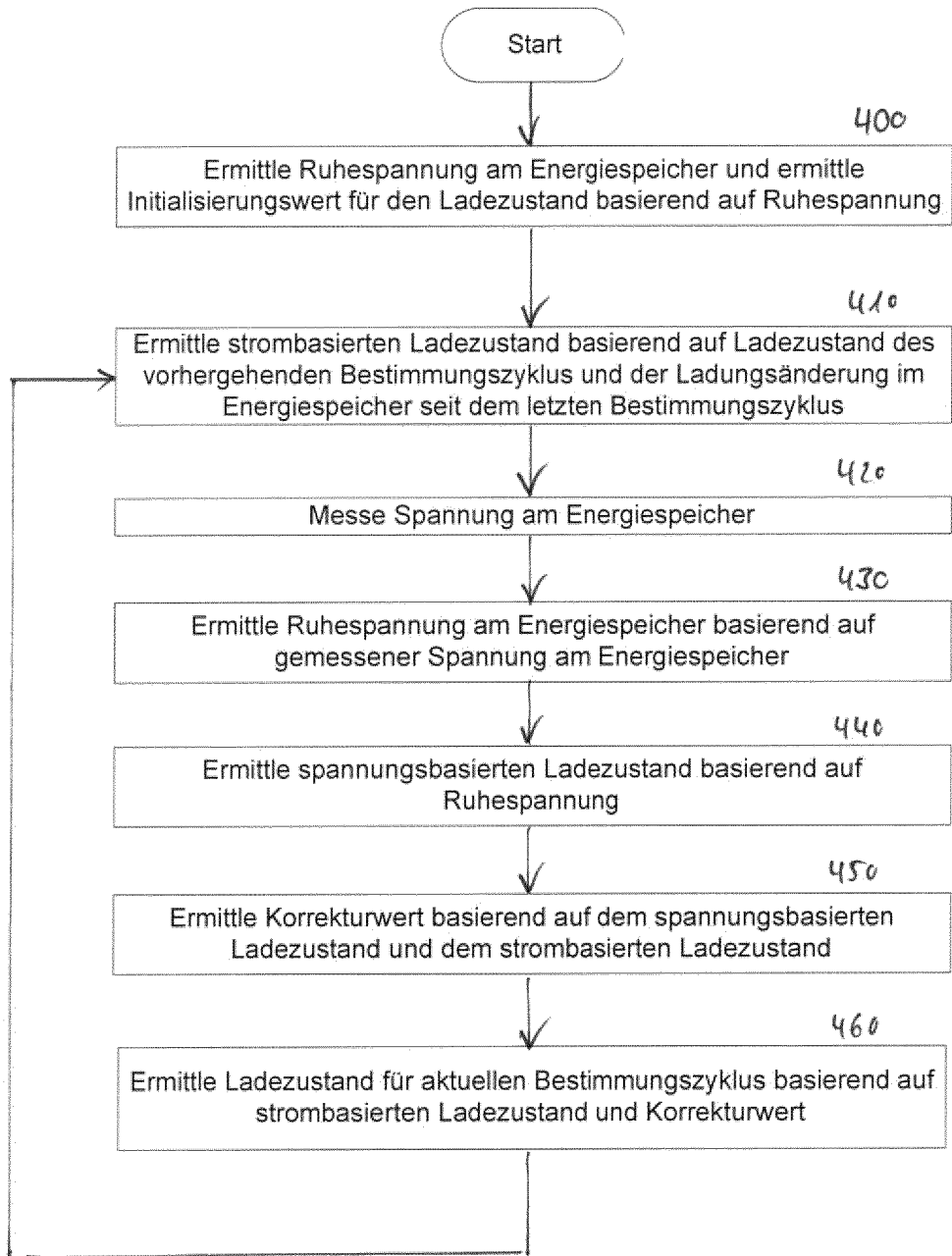


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/055794

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01R31/36

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

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 674 877 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 28 June 2006 (2006-06-28) paragraphs [0002], [0004] - [0008], [0023] - [0045], [0058]; claims 1,2,3,4,6,7,8,9,11,12,13,14; figures 1,2,3 -----	1-8
X	US 2003/097225 A1 (TERUO ISHISHITA [JP]) 22 May 2003 (2003-05-22) paragraphs [0005] - [0008], [0029] - [0100]; claims 1,4,7,8,9,10,11,17,18,19; figures 1,2,3,4,7 -----	1-8
X	JP 11 103505 A (NISSAN MOTOR) 13 April 1999 (1999-04-13) abstract; figures 1,2,3 -----	1-8
X	JP 2003 149307 A (TOYOTA MOTOR CORP) 21 May 2003 (2003-05-21) abstract; figure 1 -----	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 July 2012

Date of mailing of the international search report

18/07/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bilzer, Claus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/055794

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1674877	A1	28-06-2006	BR PI0415236 A 12-12-2006
		CA 2541537 A1 21-04-2005	
		CN 1864072 A 15-11-2006	
		EP 1674877 A1 28-06-2006	
		JP 4075762 B2 16-04-2008	
		JP 2005114646 A 28-04-2005	
		RU 2336536 C2 20-10-2008	
		US 2006276981 A1 07-12-2006	
		WO 2005036192 A1 21-04-2005	

US 2003097225	A1	22-05-2003	NONE

JP 11103505	A	13-04-1999	JP 3376881 B2 10-02-2003
			JP 11103505 A 13-04-1999

JP 2003149307	A	21-05-2003	JP 3778060 B2 24-05-2006
			JP 2003149307 A 21-05-2003

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/055794

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01R31/36

ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01R

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 674 877 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 28. Juni 2006 (2006-06-28) Absätze [0002], [0004] - [0008], [0023] - [0045], [0058]; Ansprüche 1,2,3,4,6,7,8,9,11,12,13,14; Abbildungen 1,2,3	1-8
X	US 2003/097225 A1 (TERUO ISHISHITA [JP]) 22. Mai 2003 (2003-05-22) Absätze [0005] - [0008], [0029] - [0100]; Ansprüche 1,4,7,8,9,10,11,17,18,19; Abbildungen 1,2,3,4,7	1-8
X	JP 11 103505 A (NISSAN MOTOR) 13. April 1999 (1999-04-13) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,3	1-8
	-/--	

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

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Juli 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/07/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bilzer, Claus

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2003 149307 A (TOYOTA MOTOR CORP) 21. Mai 2003 (2003-05-21) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1-8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/055794

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1674877	A1	28-06-2006	BR PI0415236 A 12-12-2006
		CA 2541537 A1 21-04-2005	
		CN 1864072 A 15-11-2006	
		EP 1674877 A1 28-06-2006	
		JP 4075762 B2 16-04-2008	
		JP 2005114646 A 28-04-2005	
		RU 2336536 C2 20-10-2008	
		US 2006276981 A1 07-12-2006	
		WO 2005036192 A1 21-04-2005	

US 2003097225	A1	22-05-2003	KEINE

JP 11103505	A	13-04-1999	JP 3376881 B2 10-02-2003
			JP 11103505 A 13-04-1999

JP 2003149307	A	21-05-2003	JP 3778060 B2 24-05-2006
			JP 2003149307 A 21-05-2003
