

(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
17. November 2005 (17.11.2005)

PCT

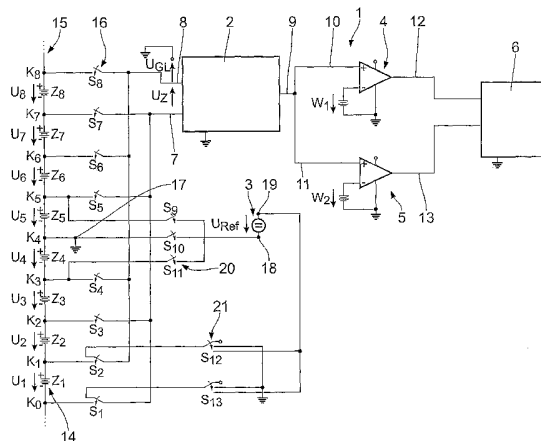
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/109022 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01R 31/36** (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTI TEMIC MICROELECTRONIC GMBH** [DE/DE]; Sieboldstrasse 19, 90411 Nürnberg (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/000545
- (22) Internationales Anmeldedatum: 26. März 2005 (26.03.2005) (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **EHRMANN, Martin** [DE/DE]; Dientzenhoferstrasse 19A, 90480 Nürnberg (DE). **SCHMIDT, Wolfgang** [DE/DE]; Bogenstrasse 10, 90762 Fürth (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MEASURING DEVICE AND MEASURING METHOD FOR DETERMINING BATTERY CELL VOLTAGES

(54) Bezeichnung: MESSVORRICHTUNG UND MESSVERFAHREN ZUR BESTIMMUNG VON BATTERIEZELLENSPANNUNGEN



(57) Abstract: The invention relates to a measuring device (1) for determining a voltage of at least one battery cell (14) of a battery (15). The aim of the invention is to obtain a highly precise measurement. To this end, a voltage applied to an integrator circuit (2) is integrated and compared with a first and second comparator threshold value in a first and second comparator circuit (4, 5). The period of time between the emission of a first switching value and a second switching value is measured by means of a measuring and evaluation unit (6). A reference voltage source (3) is also provided in order to pre-define a reference voltage. Due to the fact that a voltage containing the reference voltage and a voltage containing the voltage to be determined of a battery cell (14) are integrated in two successive integration processes, the unknown voltage of the battery cell (14) can be precisely determined by comparing the two integration processes. The invention also relates to a method for determining the voltage of a battery cell (14) by means of an inventive measuring device (1).

(57) Zusammenfassung: Bei einer Messvorrichtung (1) zur Bestimmung einer Spannung von min destens einer Batteriezelle (14) einer Batterie (15) ist zur Erzielung einer präzisen und hochgenauen Messung vorgesehen, dass eine an eine Integrator-Schaltung (2) angelegte Spannung aufintegriert und in einer ersten und zweiten Komparator-Schaltung (4, 5) mit einem ersten und zweiten Komparator-Schwellwert verglichen wird. Die Zeitspanne zwischen der Ausgabe eines ersten

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/109022 A1



MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

und zweiten Schaltwertes wird mittels einer Mess- und Auswerteeinheit (6) gemessen. Zusätzlich ist eine Referenz-Spannungsquelle (3) zur Vorgabe einer Referenz-Spannung vorgesehen. Dadurch, dass in zwei aufeinanderfolgenden Integrationsvorgängen eine die Referenz-Spannung umfassende Spannung und eine die zu bestimmende Spannung einer Batteriezelle (14) umfassende Spannung aufintegriert wird, kann die unbekannte Spannung der Batteriezelle (14) durch einen Vergleich der beiden Integrationsvorgänge präzise bestimmt werden. Zusätzlich wird ein Verfahren zur Bestimmung der Spannung einer Batteriezelle (14) mit einer erfindungsgemässen Messvorrichtung (1) angegeben.

Messvorrichtung und Messverfahren zur Bestimmung von Batteriezellenspannungen

Die Erfindung betrifft eine Messvorrichtung zur Bestimmung einer Spannung von mindestens einer Batteriezelle einer Batterie. Die Erfindung be-
5 trifft ferner ein Verfahren zur Bestimmung einer Spannung mit einer erfindungsgemäßen Messvorrichtung.

Batterien bestehen oft aus einer Mehrzahl von Batteriezellen, die in Reihe
10 geschaltet sind. Für den Betrieb der Batterien in Fahrzeugen, beispielsweise einem Hybrid-Fahrzeug oder einem Elektro-Fahrzeug, ist eine präzise Spannungsmessung jeder Batteriezelle notwendig, um eine Unterladung oder Überladung der Batteriezellen zu vermeiden.

Die Leistungsfähigkeit einer Batterie ist abhängig von der Genauigkeit der
15 Spannungsmessung, da die Toleranz der Messung an der Über- und Unterladungsgrenze vorgehalten werden muss, um eine Schädigung der Batteriezellen zu vermeiden. Darüber hinaus werden die Zellen von bestimmten Arten von Batterien, beispielsweise die Zellen von Batterien auf Lithium-
20 Ionen-Basis, aktiv auf das Spannungsniveau (oder in die Nähe des Spannungsniveaus) der Batteriezelle mit der niedrigsten Spannung entladen (Ausgleich der unterschiedlichen Selbstentladungs-Ströme). Aus diesen Gründen ergibt sich die Forderung einer präzisen Messung der Spannungen der Batteriezellen einer Batterie.

25

In der US 20020180447 ist eine Messvorrichtung offenbart, bei der zur Messung der Spannungen jede Batteriezelle mit einem Differenzverstärker versehen ist. Nachteilig bei dieser bekannten Messvorrichtung ist, dass jeder Differenzverstärker für eine präzise Messung hohe Anforderungen be-

zöglich der Gleichtaktspannungsunterdrückung erfüllen muss und demzufolge die Messvorrichtung teuer ist. Außerdem führt die Messvorrichtung zu einem systematischen Messfehler, der dadurch bedingt ist, dass die konstante Kalibrierspannung und die variablen Zellspannungen im Allgemeinen nicht identisch sind.

In der US 5,914,606 ist eine Messvorrichtung beschrieben, bei der die Spannung jeder Batteriezelle mittels eines Spannungsteilers geteilt wird. Die Ausgänge der Spannungsteiler werden auf Multiplexer geführt, über die zwei der Spannungsteilerausgänge selektiert werden. Die Differenzspannung an den beiden Multiplexerausgängen wird verstärkt und damit auf die Spannungen der Batteriezellen geschlossen. Nachteilig bei dieser Messvorrichtung ist, dass die Widerstandsverhältnisse der Spannungsteiler extrem präzise sein müssen. Aufgrund der unvermeidlichen Temperatur- und Alterungsdrift der Widerstände ist die Messvorrichtung somit für präzise Messungen in einem Fahrzeug nicht geeignet.

Aus der JP 2003240806 ist eine Messvorrichtung bekannt, bei der mittels eines schaltbaren Netzwerkes ein Kondensator nacheinander an eine Batteriezelle und einen Differenzverstärker mit einem A/D-Wandler geschaltet wird. Nachteilig bei dieser Messvorrichtung ist, dass hochgenaue und demzufolge teure Bauelemente, insbesondere ein hochgenauer A/D-Wandler, erforderlich sind.

Hiervon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Messvorrichtung der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass die Spannungen der einzelnen Batteriezellen einer Batterie sehr präzise und kostengünstig bestimmbar sind.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Messvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Der Kern der Erfindung liegt darin, dass die Bestimmung der Spannung
5 einer Batteriezelle auf der Messung zweier Zeitspannen beruht, die zueinander ins Verhältnis gesetzt werden. Hierzu wird zunächst die Integrator-Schaltung initialisiert, das heißt sie wird bei dem im Folgenden beschriebenen Aufintegrationsvorgang auf einen Wert unterhalb der beiden Komparator-Schwellwerte gebracht. Dann wird eine die Referenzspannung umfassende Spannung an die Schaltungseingänge der Integrator-Schaltung
10 angelegt, und die Spannung solange aufintegriert, bis der Schaltungsausgang der Integrator-Schaltung den ersten und zweiten Komparator-Schwellwert erreicht hat. Die erste und zweite Komparator-Schaltung geben beim Erreichen ihrer Komparator-Schwellwerte einen ersten und zweiten Schaltwert an dem ersten und zweiten Komparator-Ausgang aus. Die
15 Zeit zwischen der Ausgabe des ersten Schaltwertes und der Ausgabe des zweiten Schaltwertes wird durch die Mess- und Auswerteeinheit gemessen und definiert die erste Zeitspanne. Weiterhin wird eine die zu bestimmende Spannung einer Batteriezelle umfassende Spannung an die Schaltungseingänge der Integrator-Schaltung angelegt und solange aufintegriert, bis der
20 Schaltungsausgang der Integrator-Schaltung den ersten und den zweiten Komparator-Schwellwert erreicht hat. Die Zeit zwischen der Ausgabe des ersten und zweiten Schaltwertes wird wiederum durch die Mess- und Auswerteeinheit gemessen und bildet die zweite Zeitspanne. Die beiden Messungen werden zueinander in das Verhältnis gesetzt, wodurch die zu bestimmende Spannung der Batteriezelle berechnet werden kann.
25

Dadurch, dass die beiden Messungen in einem kurzen Zeitabstand erfolgen und zueinander in das Verhältnis gesetzt werden, werden Temperatur- und

Alterungseinflüsse in der Messvorrichtung nahezu vollständig eliminiert. Es ist keine externe Rekalibrierung der Messvorrichtung aufgrund von Temperatur- und Alterungseinflüssen notwendig. Außerdem können systematische Messfehler, wie beispielsweise Messfehler aufgrund des Einflusses der Gleichtaktspannung, mathematisch eliminiert werden, wodurch eine hochpräzise Messung ermöglicht wird. Zusätzlich sind mit Ausnahme der Referenz-Spannungsquelle keine Präzisionsbauteile, wie beispielsweise ein Präzisions-A/D-Wandler, nötig, was eine kostengünstige Realisierung der Messvorrichtung erlaubt. Weiterhin ist die Integrator-Schaltung robust gegenüber elektromagnetischen Störungen.

Eine Weiterbildung nach Anspruch 2 ermöglicht eine hochpräzise und kostengünstige Realisierung der Integrator-Schaltung und der Komparator-Schaltungen. Insbesondere ist der Einsatz von hochauflösenden A/D-Wandlern und einer hochauflösenden Mess- und Auswerteeinheit nicht erforderlich.

Eine Ausgestaltung nach Anspruch 3 bzw. 4 erlaubt eine analoge Realisierung der Integrator-Schaltung mit einem Kondensator und einem Operationsverstärker derart, dass die Integrator-Schaltung sowohl für negative als auch für positive Gleichtaktspannungen bei Integration einer Spannung einer Zelle einsetzbar ist. Dadurch, dass der Schaltungsausgang der Integrator-Schaltung die über dem Kondensator abfallende Spannung und gleichzeitig die Gleichtaktaussteuerung des Operationsverstärkers ist, durchläuft die Integrator-Schaltung bei jedem Integrationsvorgang denselben Ausgangsspannungsbereich und der Operationsverstärker somit auch denselben Gleichtakteingangsspannungsbereich, unabhängig von der Gleichtaktspannung, die bei dem Integrationsvorgang der zu bestimmenden Spannung der Batteriezelle gerade vorliegt.

Eine Ausführungsform nach Anspruch 5 führt zu einer hohen Genauigkeit der Messung der ersten und zweiten Zeitspanne. Je weiter die Komparator-Schwellwerte auseinander liegen, desto länger dauert der Integrationsvorgang bis zum Erreichen des zweiten Schaltwertes, wodurch die Auflösung der digitalen Mess- und Auswerteeinheit relativ zu den gemessenen Zeitspannen einen geringeren Messfehler verursacht.

Eine Weiterbildung nach Anspruch 6 führt zu einem definierten Bezugspotential der Messvorrichtung relativ zu der Batterie.

Eine Ausgestaltung nach Anspruch 7 erlaubt eine symmetrische Anordnung des Masse-Potentials relativ zu den Batteriezellen, wodurch der erforderliche Gleichtakteingangsspannungsbereich der Integrator-Schaltung reduziert werden kann.

Eine Weiterbildung nach Anspruch 8 erlaubt den Einsatz der Messvorrichtung zur Bestimmung der Spannungen mehrerer in Reihe geschalteter Batteriezellen.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Messverfahren zur Bestimmung einer Spannung von mindestens einer Batteriezelle einer Batterie mit einer erfindungsgemäßen Messvorrichtung anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Messverfahren mit den im Anspruch 9 angegebenen Merkmalen. Die Vorteile des erfindungsgemäßen Messverfahrens entsprechen denen, die oben im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Messvorrichtung ausgeführt wurden.

Eine Weiterbildung nach Anspruch 10 erlaubt eine präzise Messung der ersten und zweiten Zeitspanne, da integrationsrichtungsabhängige Messfehler nicht in die Bestimmung der Spannung der Batteriezelle eingehen.

- 5 Die Ausgestaltung nach Anspruch 11 führt zu der Elimination von Temperatur- und Alterungseinflüssen, da aufgrund des kurzen zeitlichen Abstandes von unveränderten Temperatur- und Alterungsbedingungen ausgegangen werden kann.
- 10 Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung entnehmbar, in der ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert wird. Diese zeigen:
- 15 Fig. 1 einen schematischen Schaltungsaufbau einer Messvorrichtung, und
- Fig. 2 eine analoge Integrator-Schaltung nach Fig. 1.

- Eine als Ganzes mit 1 bezeichnete Messvorrichtung umfasst eine Integrator-Schaltung 2, eine Referenz-Spannungsquelle 3, eine erste Komparator-Schaltung 4, eine zweite Komparator-Schaltung 5 und eine Mess- und Auswerteeinheit 6. Die Integrator-Schaltung 2 ist analog ausgeführt und weist einen ersten Schaltungseingang 7 und einen zweiten Schaltungseingang 8 zum Anlegen einer Spannung auf. Zum Ausgeben eines integrierten
- 20 Wertes ist ein Schaltungsausgang 9 der Integrator-Schaltung 2 vorgesehen. Der integrierte Wert stellt eine Spannung dar, die das Integral über die an den Schaltungseingängen 7, 8 angelegten Spannung charakterisiert.
- 25

Der Schaltungsausgang 9 der Integrator-Schaltung 2 ist mit einem ersten Komparator-Eingang 10 der ersten Komparator-Schaltung 4 verbunden. Der Schaltungsausgang 9 ist weiterhin mit einem zweiten Komparator-Eingang 11 der zweiten Komparator-Schaltung 5 verbunden. Die Komparator-Schaltungen 4, 5 sind ebenfalls analog ausgebildet. Zum Vergleich des integrierten Wertes an dem Schaltungsausgang 9 mit dem ersten Komparator-Schwellwert weist die erste Komparator-Schaltung 4 einen ersten Komparator-Ausgang 12 auf, an dem beim Erreichen des ersten Komparator-Schwellwertes ein erster Schaltwert ausgegeben wird. Entsprechend der ersten Komparator-Schaltung 4 weist die zweite Komparator-Schaltung 5 einen zweiten Komparator-Ausgang 13 auf, an dem beim Erreichen des zweiten Komparator-Schwellwertes ein zweiter Schaltwert ausgegeben wird. Die beiden Komparator-Schaltungen 4, 5 weisen voneinander abweichende Komparator-Schwellwerte auf, sodass die Ausgabe des ersten und zweiten Schaltwertes zeitlich beabstandet voneinander erfolgt.

Zur Messung der Zeitspanne zwischen der Ausgabe des ersten Schaltwertes und der Ausgabe des zweiten Schaltwertes ist die Mess- und Auswerteeinheit 6 vorgesehen. Der erste und zweite Komparator-Ausgang 12, 13 ist mit der Mess- und Auswerteeinheit 6 verbunden. Die Mess- und Auswerteeinheit 6 ist digital ausgebildet und enthält eine Einrichtung, die es erlaubt, die Zeitspanne zwischen dem Schalten der Komparator-Ausgänge 12 und 13 zu messen.

Die Messvorrichtung 1 ist zur Messung der Spannung von acht Batteriezellen 14 einer Batterie 15 vorgesehen. Prinzipiell kann die Anzahl der Batteriezellen 14 je Messvorrichtung 1 beliebig gewählt werden. In der Praxis hat sich jedoch bewährt, die Messvorrichtung 1 für acht Batteriezellen 14 vorzusehen, da ein modularer Aufbau der Messung kostengünstig ist und

eine Ermittlung der Spannung aller Batteriezellen 14 innerhalb von 50 ms ermöglicht.

Die Batteriezellen 14 werden nachfolgend einzeln mit Z_1 bis Z_8 bezeichnet.

- 5 Jede Batteriezelle Z_1 bis Z_8 weist eine zugehörige und zu bestimmende Spannung U_1 bis U_8 auf. Die Spannungen U_1 bis U_8 können jeweils an zwei Knoten abgegriffen werden und an die Schaltungseingänge 7, 8 der Integrator-Schaltung 2 angelegt werden. Die zwischen den Batteriezellen Z_1 bis Z_8 liegenden Knoten werden im Einzelnen mit K_0 bis K_8 bezeichnet.
- 10 Die Spannung einer Batteriezelle 14 beträgt 5 V. Zum Erreichen eines guten Wirkungsgrades der Batterie 15 ist eine Messung der Zellspannung mit einer Genauigkeit von 0,2 % erforderlich, was bei 5 V Spannung einer Batteriezelle 14 einer Messgenauigkeit von ± 10 mV entspricht.
- 15 Zum Anlegen der Spannungen der Batteriezellen 14 an die Schaltungseingänge 7, 8 der Integrator-Schaltung 2 sind acht Batteriezellen-Schalter 16 vorgesehen. Die Batteriezellen-Schalter 16 werden im Einzelnen mit S_1 bis S_8 bezeichnet. Mittels des Schalters S_1 ist der Knoten K_0 , mittels des Schalters S_3 der Knoten K_2 , mittels des Schalters S_5 der Knoten K_5 und mittels
- 20 des Schalters S_7 der Knoten K_7 mit dem ersten Schaltungseingang 7 der Integrator-Schaltung 2 verbindbar. Im Gegensatz dazu ist mittels des Schalters S_2 der Knoten K_1 , mittels des Schalters S_4 der Knoten K_3 , mittels des Schalters S_6 der Knoten K_6 und mittels des Schalters S_8 der Knoten K_8 mit dem zweiten Schaltungseingang 8 der Integrator-Schaltung 2 verbind-
- 25 bar. Die Batteriezellen-Schalter S_1 bis S_8 können die Stellungen „offen“ und „geschlossen“ einnehmen, wobei sie in der Position „geschlossen“ die Verbindung zu dem ersten oder zweiten Schaltungseingang 7, 8 herstellen.

Die Messvorrichtung 1 weist ein Masse-Potential 17 auf, das als Bezugspotential dient. Das Masse-Potential 17 ist mit dem Knoten K_4 verbunden, sodass das Potential des Knotens K_4 mit dem Masse-Potential 17 identisch ist.

5

Die Referenz-Spannungsquelle 3 weist einen ersten Spannungsquellenanschluss 18 und einen zweiten Spannungsquellenanschluss 19 auf. Der erste Spannungsquellenanschluss 18 ist über drei Spannungsquellen-Schalter 20 entweder mit dem Knoten K_3 , dem Knoten K_4 oder dem Knoten K_5 verbindbar. Die Spannungsquellen-Schalter 20 werden im Einzelnen mit S_9 bis S_{11} beschrieben. Mittels des Spannungsquellen-Schalters S_9 ist der erste Spannungsquellenanschluss 18 mit dem Knoten K_5 , mittels des Spannungsquellen-Schalters S_{10} mit dem Knoten K_4 und mittels des Spannungsquellen-Schalters S_{11} mit dem Knoten K_3 verbindbar. Die Schalter S_9 bis S_{11} können die Position „offen“ und „geschlossen“ einnehmen.

Die Batteriezellen-Schalter S_1 und S_2 sind in ihrer Position „offen“ jeweils mit einem Auswahl-Schalter 21 verbunden. Die Auswahl-Schalter 21 werden im Einzelnen als S_{12} und S_{13} bezeichnet. Der Auswahl-Schalter S_{12} ist mit dem Batteriezellen-Schalter S_2 und der Auswahl-Schalter S_{13} mit dem Batteriezellen-Schalter S_1 verbunden. Die Auswahl-Schalter 21 können jeweils drei Positionen einnehmen. Die erste Position ist „offen“, die zweite Position ist „Masse“ und die dritte Position ist „Referenz-Spannung“. In der zweiten Position „Masse“ sind die Auswahl-Schalter 21 mit dem Masse-Potential 17 verbunden. Im Gegensatz dazu sind die Auswahl-Schalter 21 in der dritten Position „Referenz-Spannung“ mit dem zweiten Spannungsquellenanschluss 19 der Referenz-Spannungsquelle 3 verbunden. Die Referenz-Spannungsquelle 3 weist zwischen dem ersten und zweiten Spannungsquellenanschluss 18, 19 eine Referenz-Spannung auf, die im

Folgenden als U_{Ref} bezeichnet wird. Die Referenz-Spannung U_{Ref} ist mit einer Genauigkeit von 0,1 % bekannt.

Zwischen dem ersten Schaltungseingang 7 und dem zweiten Schaltungseingang 8 der Integrator-Schaltung 2 ist eine Spannung U_Z definiert, die die zu bestimmende Spannung darstellt. Die Spannung U_Z kann bei entsprechender Wahl der Position der Batteriezellen-Schalter 16 gleich den einzelnen Spannungen der Batteriezellen 14 gewählt werden. Weiterhin ist eine Gleichtaktspannung U_{GL} definiert, die die Potentialdifferenz zwischen dem zweiten Schaltungseingang 8 und dem Masse-Potential 17 charakterisiert.

Die Komparator-Schaltungen 4, 5 sind analog ausgebildet und weisen jeweils einen Komparator-Operationsverstärker 22 mit einem P-Eingang und einem N-Eingang auf. Die P-Eingänge der Komparator-Operationsverstärker 22 stellen den ersten Komparator-Eingang 10 bzw. den zweiten Komparator-Eingang 11 dar. Die N-Eingänge der Komparator-Operationsverstärker 22 sind jeweils mit dem Masse-Potential 17 verbunden, wobei zwischen den N-Eingängen und dem Masse-Potential 17 der erste Komparator-Schwellwert und der zweite Komparator-Schwellwert in Form einer Spannung abfällt. Der erste Komparator-Schwellwert wird im Folgenden als W_1 und der zweite Komparator-Schwellwert als W_2 bezeichnet.

Die zu bestimmenden Spannungen der Batteriezellen 14 betragen ungefähr 5 V. Zur Messung der Zeitspanne zwischen dem Erreichen des ersten Komparator-Schwellwertes W_1 und des zweiten Komparator-Schwellwertes W_2 wird von der ersten Komparator-Schaltung 4 ein erster Schaltwert und von der zweiten Komparator-Schaltung 5 ein zweiter Schaltwert ausgegeben. Die Zeitspanne wird von der digitalen Mess- und Auswerteeinheit

- 6 gemessen, welche einen Quantisierungsfehler erzeugt. Der Messfehler der Mess- und Auswerteeinheit 6 ist prozentual betrachtet umso geringer, je größer die Zeitspanne zwischen der Ausgabe des ersten und zweiten Schwellwertes ist. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, die Komparator-
- 5 Schwellwerte W_1 und W_2 möglichst weit voneinander beabstandet zu wählen. Der erste Komparator-Schwellwert W_1 ist deswegen gleich 0,5 V und der zweite Komparator-Schwellwert W_2 gleich 4,5 V. Bei entsprechender Auslegung der Integrator-Schaltung 2 kann somit eine Zeitspanne gemessen werden, die größer als 1 ms ist, wodurch der relative Messfehler der
- 10 Zeitspanne maximal 0,05 % beträgt. Der Messfehler ist von der digitalen Auflösung der Mess- und Auswerteeinheit 6 abhängig und kann durch eine entsprechende Auslegung der Schaltungen 2, 4, 5 über die Größe der zu messenden Zeitspanne auf einen Maximalwert eingestellt werden.
- 15 In Figur 2 ist der genaue Aufbau der Integrator-Schaltung 2 gezeigt. Die Integrator-Schaltung 2 weist einen Integrator-Operationsverstärker 23 auf, dessen N-Eingang über einen ohmschen Widerstand R_1 mit dem ersten Schaltungseingang 7 und dessen P-Eingang über einen ohmschen Widerstand R_4 mit dem zweiten Schaltungseingang 8 verbunden ist. Der Ausgang
- 20 des Integrator-Operationsverstärkers 23 ist über einen ohmschen Widerstand R_2 auf den N-Eingang zurückgekoppelt. Der Ausgang des Integrator-Operationsverstärkers 23 ist weiterhin über einen ohmschen Widerstand R_3 und den Kondensator 24 mit der Kapazität C mit dem Masse-Potential 17 verbunden. Über dem Kondensator 24 fällt die Spannung U_C ab, die als
- 25 Schaltungsausgang 9 abgegriffen wird. Die Integrator-Schaltung 2 weist bei Annahme eines idealen Integrator-Operationsverstärkers 23 die folgende Differenzialgleichung auf:

$$\frac{dU_C}{dt} = \frac{-R_2}{R_1 \cdot R_3 \cdot C} \cdot U_Z + \frac{1}{C} \cdot \left(\frac{R_2}{R_1 \cdot R_3} - \frac{1}{R_4} \right) \cdot U_C + \frac{1}{C} \cdot \left(\frac{1}{R_4} - \frac{R_2}{R_1 \cdot R_3} \right) \cdot U_{GL}$$

Die zeitliche Änderung der Kondensatorspannung U_C ist somit abhängig von der angelegten und zu bestimmenden Spannung U_Z , von der momentanen Kondensatorspannung U_C , von der Gleichtaktspannung U_{GL} sowie von
 5 den Werten der ohmschen Widerstände R_1 bis R_4 und der Kapazität C des Kondensators 24. Die Werte der Widerstände R_1 bis R_4 und die Kapazität C des Kondensators 24 sind temperatur- und alterungsabhängig. Für eine Integration mit der Zeitdauer Δt kann jedoch angenommen werden, dass
 10 die Werte der ohmschen Widerstände R_1 bis R_4 und die Kapazität C des Kondensators 24 konstant sind. Ebenso kann die angelegte Spannung U_Z und die Gleichtaktspannung U_{GL} für die Zeit Δt der Integration als konstant angenommen werden. Die Integration der obigen Gleichung ergibt somit:

$$15 \quad \Delta U_C = C_1 \cdot U_Z \cdot \Delta t + C_2 \cdot \Delta t + C_3 \cdot U_{GL} \cdot \Delta t$$

Die Konstanten C_1 , C_2 und C_3 enthalten die Werte der ohmschen Widerstände R_1 bis R_4 , die Kapazität C des Kondensators 24 und die Anfangsspannung U_{C0} des Kondensators 24 zu Beginn der Integration. Im Folgenden bezeichnet Δt die Zeitspanne zwischen der Ausgabe des ersten Schaltwertes und des zweiten Schaltwertes. ΔU_C bezeichnet in diesem Fall die
 20 Spannungsdifferenz zwischen dem zweiten Komparator-Schwellwert und dem ersten Komparator-Schwellwert $W_2 - W_1$.

25 Die Werte der ohmschen Widerstände R_1 bis R_4 werden derart gewählt, dass der Einfluss der Gleichtaktspannung U_{GL} idealerweise zu Null wird. Das bedeutet, dass $R_1 = R_4$ und $R_2 = R_3$ gewählt wird. Der absolute Wert der Widerstände R_1 und R_4 wird weiterhin derart gewählt, dass der Einfluss

des Spannungsabfalls über den Batteriezellen-Schaltern 16 vernachlässigt werden kann. R_1 und R_4 weisen einen Wert von 56,2 kOhm auf. Die Werte der Widerstände R_2 und R_3 sowie die Kapazität C des Kondensators 24 werden derart gewählt, dass die Spannung der Batteriezellen 14 von 5 V in
5 mehr als 1 ms auf eine Differenzspannung von $W_2 - W_1 = 4$ V integriert wird und die Aussteuergrenzen der Integrator-Schaltung 2 sowie die maximale Strombelastung nicht überschritten werden. Die Werte der ohmschen Widerstände R_2 und R_3 betragen 1 kOhm und die Kapazität C des Kondensators 24 ist gleich 22 nF.

10

Im Folgenden wird das Prinzip zur Bestimmung der Spannungen der Batteriezellen 14 und die Funktionsweise der Messvorrichtung 1 erläutert. Die Komparator-Schwellwerte W_1 und W_2 der Komparator-Schaltungen 4, 5 sind nur mit einer Genauigkeit von einigen Prozent bekannt. Aufgrund der
15 Tatsache, dass die Messgenauigkeit der Messvorrichtung 1 minimal 0,2 % betragen muss, ist es zwingend erforderlich, dass die Spannungsdifferenz ΔU_C eliminiert wird. Aus diesem Grund werden zwei Integrationsvorgänge durchgeführt, bei denen ΔU_C als unbekannt, aber konstant angenommen wird. Die gemessenen Zeitspannen des ersten und zweiten Integrationsvor-
20 gangs werden als Δt_1 und Δt_2 bezeichnet. In die Messung der ersten und zweiten Zeitspanne gehen keine Temperatur- und Alterungseinflüsse der Messvorrichtung 1 ein, wenn die beiden Integrationsvorgänge in ausreichend kurzer Zeit nacheinander durchgeführt werden. Idealerweise liegt zwischen dem Ende des ersten Integrationsvorgangs und dem Beginn des
25 zweiten Integrationsvorgangs ein zeitlicher Abstand von maximal 2 ms. In der Praxis hat sich ein zeitlicher Abstand von 1,25 ms als realisierbar und vorteilhaft bewährt. Die Integrator-Schaltung 2 wird vor jedem Integrationsvorgang zurückgesetzt, das heißt bei einer Aufintegration auf eine

Spannung, die kleiner als die beiden Komparator-Schwellwerte W_1 und W_2 und bei einer Abintegration auf eine Spannung, die größer als die beiden Komparator-Schwellwerte W_1 und W_2 ist. Werden die beiden Messungen zueinander in das Verhältnis gesetzt, ergibt sich die folgende Gleichung:

5

$$1 = \frac{C_1 \cdot U_{Z1} \cdot \Delta t_1 + C_2 \cdot \Delta t_1 + C_3 \cdot U_{GL1} \cdot \Delta t_1}{C_1 \cdot U_{Z2} \cdot \Delta t_2 + C_2 \cdot \Delta t_2 + C_3 \cdot U_{GL2} \cdot \Delta t_2}$$

Wird die obige Gleichung durch C_1 geteilt und $\Delta t_v = \Delta t_1 / \Delta t_2$ eingeführt, ergibt sich:

10

$$U_{Z2} = U_{Z1} \cdot \Delta t_v - C_{21} \cdot (1 - \Delta t_v) - C_{31} \cdot (U_{GL2} - \Delta t_v \cdot U_{GL1})$$

wobei für $C_{21} = C_2 / C_1$ und $C_{31} = C_3 / C_1$ gilt. Diese Gleichung wird im Folgenden als Grundgleichung bezeichnet. Die Grundgleichung dient zur Bestimmung der Spannung U_{Z2} , die die zu bestimmende Spannung der Batteriezellen 14 darstellt. Das Verhältnis der Zeitspannen Δt_v ist aus den Messungen bekannt. Ebenso ist die Gleichtaktspannung U_{GL1} der ersten Messung und die Gleichtaktspannung U_{GL2} der zweiten Messung bekannt, wie sich noch zeigen wird. Die Konstanten C_{21} und C_{31} sind vorab durch Messungen bestimmbar und somit ebenfalls bekannt. Die Konstanten C_{21} und C_{31} sind jedoch von der Integrationsrichtung abhängig, sodass zur Erzielung einer hohen Genauigkeit die Integrationsrichtung des ersten und zweiten Integrationsvorgangs identisch sein muss. Die Spannung U_{Z1} der ersten Messung ist bekannt, da sie entweder die Referenzspannung U_{Ref} oder eine Spannung darstellt, die die Referenzspannung U_{Ref} und bereits bestimmte Spannungen von Batteriezellen 14 enthält. Durch die Bildung des Quotienten der Gleichungen zweier Integrationsvorgänge gehen Temperatur- und

Alterungseinflüsse der Messvorrichtung 1 sowie sonstige Ungenauigkeiten der Messvorrichtung 1 nicht in die Bestimmung der Spannungen der Batteriezellen 14 ein. Somit ist eine Genauigkeit von minimal 0,2 % bei der Bestimmung der Spannungen der Batteriezellen 14 erreichbar.

5

Im Folgenden wird die Bestimmung der Spannungen U_1 bis U_8 der Batteriezellen 14 beschrieben. Hierzu werden alle Spannungen in Pfeilrichtung positiv gezählt. Zur Unterscheidung werden die Konstanten C_{21} und C_{31} bei einer Abintegration ($U_Z > 0$) mit C_{21D} und C_{31D} und bei einer Aufintegration ($U_Z < 0$) mit C_{21U} und C_{31U} bezeichnet.

10

Zunächst müssen die Konstanten C_{21D} und C_{31D} sowie die Spannung U_4 bestimmt werden. Für jeden unbekannten Parameter müssen zwei Integrationsvorgänge durchgeführt werden und die zugehörigen Zeitspannen gemessen werden. Da C_{21D} und C_{31D} zunächst unbekannt sind, müssen somit zunächst zwei Referenz-Integrationspaare mit jeweils einem ersten und zweiten Integrationsvorgang gemessen werden.

15

Die Integrationsvorgänge des ersten Integrationspaares werden nachfolgend als 1a und 1b bezeichnet. Für den Integrationsvorgang 1a werden folgende Schalterstellungen eingestellt: $S_1 = \text{„offen“}$, $S_2 = \text{„offen“}$, $S_{10} = \text{„geschlossen“}$, $S_{12} = \text{„Masse“}$, $S_{13} = \text{„}U_{\text{Ref}}\text{“}$. Somit gilt für den Integrationsvorgang 1a: $U_{Z1} = U_{\text{Ref}}$ und $U_{GL1} = 0_V$. Alle anderen Schalter sind „offen“. Für den zweiten Integrationsvorgang b1 werden folgende Schalterstellungen eingestellt: $S_1 = \text{„offen“}$, $S_4 = \text{„geschlossen“}$, $S_{10} = \text{„geschlossen“}$, $S_{13} = \text{„}U_{\text{Ref}}\text{“}$. Alle anderen Schalter sind „offen“. Für den zweiten Integrationsvorgang 1b gilt somit: $U_{Z2} = U_4 + U_{\text{Ref}}$ und $U_{GL2} = -U_4$. Bei der Durchfüh-

20

25

rung der beiden Integrationsvorgänge werden zwei Zeitspannen gemessen, die ein erstes Zeitverhältnis Δt_{V1} bilden.

Anschließend wird ein zweites Integrationspaar mit einem ersten und zweiten Integrationsvorgang gemessen. Die beiden Integrationsvorgänge werden mit 2a und 2b bezeichnet. Der erste Integrationsvorgang 2a entspricht dem Integrationsvorgang 1a. Für den zweiten Integrationsvorgang 2b werden folgende Schalterstellungen eingestellt: $S_1 = \text{„offen“}$, $S_4 = \text{„geschlossen“}$, $S_{11} = \text{„geschlossen“}$ und $S_{13} = \text{„U}_{Ref}\text{“}$. Alle anderen Schalter sind „offen“. Es gilt somit: $U_{Z2} = U_{Ref}$ und $U_{GL2} = -U_4$. Die beiden gemessenen Zeitspannen können wiederum zueinander in das Verhältnis gesetzt werden und bilden das Zeitverhältnis Δt_{V2} .

Anschließend wird ein drittes Integrationspaar mit einem ersten und zweiten Integrationsvorgang gemessen. Die beiden Integrationsvorgänge werden nachfolgend als 3a und 3b bezeichnet. Diese beiden Integrationsvorgänge würden bei bekannten Konstanten C_{21D} und C_{31D} den eigentlichen Messungen für die Bestimmung der Spannung U_4 entsprechen. Der Integrationsvorgang 3a entspricht wiederum dem Integrationsvorgang 1a. Für den Integrationsvorgang 3b werden folgende Schalterstellungen eingestellt: $S_1 = \text{„offen“}$, $S_4 = \text{„geschlossen“}$ und $S_{13} = \text{„Masse“}$. Alle anderen Schalter sind „offen“. Es gilt somit: $U_{Z2} = U_4$ und $U_{GL2} = -U_4$. Aus den gemessenen Zeitspannen kann wiederum ein Zeitverhältnis gebildet werden, das als Δt_{V3} bezeichnet wird. Werden für jedes Integrationspaar die Werte von U_{GL1} , U_{GL2} , U_{Z1} und U_{Z2} sowie das gemessene Zeitverhältnis Δt_V formal in die Grundgleichung eingesetzt, so ergibt sich ein Gleichungssystem, bestehend aus drei Gleichungen mit drei Unbekannten. Aufgrund der Tatsache, dass $U_{GL1} = 0_V$, $U_{GL2} = -U_4$ und $U_{Z1} = U_{Ref}$ sind, enthält das Gleichungssys-

tem als Unbekannte nur die Konstanten C_{21D} und C_{31D} sowie die zu bestimmende Spannung U_4 der Batteriezelle Z_4 . Das Gleichungssystem kann mathematisch eindeutig gelöst werden und die Unbekannten, insbesondere U_4 , somit bestimmt werden.

5

Im nächsten Schritt wird die Spannung U_5 der Batteriezelle Z_5 durch Abintegration bestimmt. Die Konstanten C_{21D} und C_{31D} sind bereits bekannt. Zur Bestimmung wird ein viertes Integrationspaar mit einem ersten und zweiten Integrationsvorgang gemessen. Die Integrationsvorgänge werden als 4a und 4b bezeichnet. Der Integrationsvorgang 4a entspricht dem Integrationsvorgang 1a. Für den zweiten Integrationsvorgang 4b werden folgende Schalterstellungen eingestellt: $S_4 = \text{„geschlossen“}$ und $S_5 = \text{„geschlossen“}$. Es gilt somit: $U_{Z2} = U_4 + U_5$ und $U_{GL2} = -U_4$. Aus den gemessenen Zeitspannen der Integrationsvorgänge 4a und 4b kann ein Zeitverhältnis Δt_{V4} gebildet werden. Durch formales Einsetzen in die Grundgleichung entsteht eine Gleichung mit der Unbekannten U_5 . Diese Gleichung ist mit den bereits bestimmten und gemessenen Größen eindeutig lösbar. Die Spannung U_5 der Batteriezelle Z_5 ist somit bestimmt.

10
15

Als nächster Schritt werden die Konstanten C_{21U} und C_{31U} für eine Aufintegration bestimmt. Zu diesem Zweck müssen zwei Referenz-Integrationspaare mit jeweils einem ersten und zweiten Integrationsvorgang gemessen werden. Der erste und zweite Integrationsvorgang des ersten Referenz-Integrationspaares wird als 5a und 5b bezeichnet. Für den ersten Integrationsvorgang 5a werden folgende Schalterstellungen eingestellt: $S_1 = \text{„offen“}$, $S_2 = \text{„offen“}$, $S_{10} = \text{„geschlossen“}$, $S_{12} = \text{„}U_{\text{Ref}}\text{“}$ und $S_{13} = \text{„Masse“}$. Alle anderen Schalter sind „offen“. Es gilt somit: $U_{Z1} = -U_{\text{Ref}}$ und $U_{GL1} = U_{\text{Ref}}$. Für den zweiten Integrationsvorgang 5b werden folgende Schalter-

20
25

stellungen eingestellt: $S_2 = \text{„offen“}$, $S_5 = \text{„geschlossen“}$, $S_9 = \text{„geschlossen“}$ und $S_{12} = \text{„U}_{\text{Ref}}\text{“}$. Alle anderen Schalter sind „offen“. Somit ergibt sich: $U_{Z2} = -U_{\text{Ref}}$ und $U_{\text{GL2}} = U_5 + U_{\text{Ref}}$. Aus den gemessenen Zeitspannen der beiden Integrationsvorgänge kann wiederum ein Zeitverhältnis gebildet werden, das mit Δt_{V5} bezeichnet wird. Das zweite Referenz-Integrationspaar umfasst ebenfalls einen ersten und zweiten Integrationsvorgang. Der erste und zweite Integrationsvorgang wird als 6a und 6b bezeichnet. Der erste Integrationsvorgang 6a entspricht dem Integrationsvorgang 5a. Für den zweiten Integrationsvorgang 6b werden folgende Schalterstellungen

eingestellt: $S_1 = \text{„offen“}$, $S_2 = \text{„offen“}$, $S_9 = \text{„geschlossen“}$, $S_{12} = \text{„U}_{\text{Ref}}\text{“}$ und $S_{13} = \text{„Masse“}$. Alle anderen Schalter sind „offen“. Somit ergibt sich: $U_{Z2} = -U_{\text{Ref}} - U_5$ und $U_{\text{GL2}} = U_{\text{Ref}} + U_5$. Aus den beiden gemessenen Zeitspannen kann das Zeitverhältnis Δt_{V6} gebildet werden. Durch formales Einsetzen der Spannungen und des gemessenen Zeitverhältnisses in die Grundgleichung entsteht aufgrund der zwei Referenz-Integrationspaare ein Gleichungssystem, bestehend aus zwei Gleichungen mit zwei Unbekannten. Das Gleichungssystem zweiter Ordnung enthält als einzige unbekannte Größen die Konstanten C_{21U} und C_{31U} . Diese können aus dem Gleichungssystem eindeutig bestimmt werden.

20

Im folgenden Schritt wird die Spannung U_3 der Batteriezelle Z_3 durch Aufintegration bestimmt. Hierzu wird ein erster und zweiter Integrationsvorgang durchgeführt, die nachfolgend als 7a und 7b bezeichnet werden. Der Integrationsvorgang 7a entspricht dem Integrationsvorgang 5a. Für den Integrationsvorgang 7b werden folgende Schalterstellungen eingestellt:

$S_3 = \text{„geschlossen“}$ und $S_4 = \text{„geschlossen“}$. Alle anderen Schalter sind „offen“. Somit gilt für $U_{Z2} = -U_3$ und $U_{\text{GL2}} = -U_4$. Das aus den gemessenen Zeitspannen gebildete Zeitverhältnis wird als Δt_{V7} bezeichnet. Durch for-

25

males Einsetzen der Spannungen und des Zeitverhältnisses in die Grundgleichung ergibt sich eine Gleichung mit U_3 als unbekannter Spannung. Die Spannung U_3 kann somit eindeutig bestimmt werden.

- 5 Im nächsten Schritt wird die Spannung U_2 durch Abintegration bestimmt. Hierzu wird ein erster und zweiter Integrationsvorgang durchgeführt, die nachfolgend als 8a und 8b bezeichnet werden. Der erste Integrationsvorgang 8a entspricht dem Integrationsvorgang 1a. Für den zweiten Integrationsvorgang 8b werden folgende Schalterstellungen eingestellt: $S_2 =$ „geschlossen“ und $S_3 =$ „geschlossen“. Alle anderen Schalterstellungen sind „offen“. Es ergibt sich somit für $U_{Z2} = U_2$ und $U_{GL2} = -U_2 - U_3 - U_4$. Aus den beiden gemessenen Zeitspannen kann wiederum ein Zeitverhältnis gebildet werden, das als Δt_{v8} bezeichnet wird. Durch Einsetzen der Spannungen und des Zeitverhältnisses in die Grundgleichung kann die Spannung U_2 eindeutig bestimmt werden.

- Als nächstes wird die Spannung U_1 durch Aufintegration bestimmt. Hierzu ist wiederum ein erster und zweiter Integrationsvorgang erforderlich, die nachfolgend als 9a und 9b bezeichnet werden. Der erste Integrationsvorgang 9a entspricht dem Integrationsvorgang 5a. Für den zweiten Integrationsvorgang werden folgende Schalterstellungen eingestellt: $S_1 =$ „geschlossen“ und $S_2 =$ „geschlossen“. Alle anderen Schalter sind „offen“. Somit gilt für $U_{Z2} = -U_1$ und $U_{GL2} = -U_2 - U_3 - U_4$. Aus den gemessenen Zeitspannen kann das Zeitverhältnis Δt_{v9} gewonnen werden. Durch Einsetzen der Spannungen und des Zeitverhältnisses in die Grundgleichung kann U_1 eindeutig berechnet werden.

Im nächsten Schritt wird die Spannung U_6 durch Aufintegration bestimmt. Hierzu sind wiederum ein erster und zweiter Integrationsvorgang erforderlich, die nachfolgend als 10a und 10b bezeichnet werden. Der Integrationsvorgang 10a entspricht dem Integrationsvorgang 5a. Für den zweiten Integrationsvorgang 10b werden folgende Schalterstellungen eingestellt: $S_5 =$ „geschlossen“ und $S_6 =$ „geschlossen“. Alle anderen Schalter sind „offen“. Somit gilt für $U_{Z2} = -U_6$ und $U_{GL2} = U_5 + U_6$. Aus den gemessenen Zeitspannen kann das Zeitverhältnis Δt_{V10} gebildet werden. Durch Einsetzen der Spannungen und des Zeitverhältnisses in die Grundgleichung kann U_6 eindeutig berechnet werden.

Als nächster Schritt wird die Spannung U_7 durch Abintegration bestimmt. Der hierzu erforderliche erste und zweite Integrationsvorgang wird als 11a und 11b bezeichnet. Der Integrationsvorgang 11a entspricht dem Integrationsvorgang 1a. Für den zweiten Integrationsvorgang 11b werden folgende Schalterstellungen eingestellt: $S_6 =$ „geschlossen“ und $S_7 =$ „geschlossen“. Alle anderen Schalter sind „offen“. Somit ergibt sich für $U_{Z2} = U_7$ und $U_{GL2} = U_5 + U_6$. Aus den gemessenen Zeitspannen kann das Zeitverhältnis Δt_{V11} gebildet werden. Durch Einsetzen der Spannungen und des Zeitverhältnisses in die Grundgleichung kann die Spannung U_7 eindeutig berechnet werden.

Zum Schluss wird die Spannung U_8 durch Aufintegration bestimmt. Die hierzu erforderlichen Integrationsvorgänge werden nachfolgend als 12a und 12b bezeichnet. Der erste Integrationsvorgang 12a entspricht dem Integrationsvorgang 5a. Für den zweiten Integrationsvorgang werden folgende Schalterstellungen eingestellt: $S_7 =$ „geschlossen“ und $S_8 =$ „geschlossen“. Alle anderen Schalter sind „offen“. Es ergibt sich somit für $U_{Z2} = -U_8$

und $U_{GL2} = U_5 + U_6 + U_7 + U_8$. Aus den gemessenen Zeitspannen kann das Zeitverhältnis Δt_{V12} gebildet werden. Durch Einsetzen der Spannungen und des Zeitverhältnisses in die Grundgleichung kann die Spannung U_8 eindeutig aus bereits bestimmten, bekannten oder gemessenen Größen berechnet werden.

Somit sind alle Spannungen U_1 bis U_8 der Batteriezellen 14 bestimmt. Die gesamte Messung dauert maximal 50 ms. Dadurch, dass das Masse-Potential 17 gleich dem Potential des Knoten K_4 gewählt wurde, beträgt die maximale Gleichtaktspannung bei dem Integrationsvorgang 12b $U_{GLmax} = U_5 + U_6 + U_7 + U_8$. Der Gleichtakteingangsspannungsbereich der Integrations-Schaltung 2 kann somit auf diese maximale Gleichtaktspannung begrenzt werden.

Bei geringeren Genauigkeitsanforderungen kann auf eine Unterscheidung zwischen Ab- und Aufintegration verzichtet werden. In diesem Fall gilt $C_{21U} = C_{21D} = C_{21}$ und $C_{31U} + C_{31D} = C_{31}$.

Patentansprüche

1. Messvorrichtung (1) zur Bestimmung einer Spannung von mindestens einer Batteriezelle (14) einer Batterie (15), umfassend
 - 5 a. eine Integrator-Schaltung (2) mit
 - i. einem ersten Schaltungseingang (7) und einem zweiten Schaltungseingang (8) zum Anlegen einer Spannung, und
 - ii. einem Schaltungsausgang (9) zum Ausgeben eines integrierten Wertes,
 - 10 b. eine Referenz-Spannungsquelle (3) zur Vorgabe einer Referenz-Spannung an den Schaltungseingängen (7, 8) der Integrator-Schaltung (2),
 - c. eine erste Komparator-Schaltung (4) mit
 - 15 i. einem ersten mit dem Schaltungsausgang (9) verbundenen Komparator-Eingang (10) zum Vergleich des integrierten Wertes mit einem ersten Komparator-Schwellwert, und
 - ii. einem ersten Komparator-Ausgang (12) zum Ausgeben eines ersten Schaltwertes beim Erreichen des ersten Komparator-Schwellwertes,
 - 20 d. eine zweite Komparator-Schaltung (5) mit,
 - i. einem zweiten mit dem Schaltungsausgang (9) verbundenen Komparator-Eingang (11) zum Vergleich des integrierten Wertes mit einem zweiten Komparator-Schwellwert, und
 - 25 ii. einem zweiten Komparator-Ausgang (13) zum Ausgeben eines zweiten Schaltwertes beim Erreichen des zweiten Komparator-Schwellwertes, und
 - e. eine Mess- und Auswerteeinheit (6) zur Messung einer Zeit-spanne zwischen der Ausgabe des ersten Schaltwertes und der

Ausgabe des zweiten Schaltwertes und zur Berechnung der Spannung der mindestens einen Batteriezelle (14) aus der gemessenen Zeitspanne.

- 5 2. Messvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Integrator-Schaltung (2) und/oder die Komparator-Schaltungen (4, 5) analoge Schaltungen sind.
- 10 3. Messvorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Integrator-Schaltung (2) einen Kondensator (24) aufweist, der mit einem Masse-Potential (17) der Messvorrichtung (1) verbunden ist.
- 15 4. Messvorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schaltungsausgang (9) der Integrator-Schaltung (2) die über dem Kondensator (24) abfallende Spannung ist.
- 20 5. Messvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Komparator-Schwellwerte um mindestens 80 % der zu bestimmenden Spannung voneinander abweichen.
- 25 6. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Masse-Potential (17) mit einem Potential der mindestens einen Batteriezelle (14) identisch ist.
- 25 7. Messvorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Masse-Potential (17) mit einem symmetrisch zu den Batteriezellen (14) liegenden Potential identisch ist.

8. Messvorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Anlegen der Spannungen mehrerer in Reihe geschalteter Batteriezellen (14) an die Integrator-Schaltung (2) je Batteriezelle (14) mindestens ein Batteriezellen-Schalter (20) vorgesehen ist.

5

9. Verfahren zur Bestimmung einer Spannung von mindestens einer Batteriezelle (14) einer Batterie (15) mit einer Messvorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, umfassend die folgenden Schritte:

- 10 a. Bereitstellen der an die Batterie (15) angeschlossenen Messvorrichtung (1),
- b. Anlegen einer die Referenz-Spannung umfassenden Spannung an die Schaltungseingänge (7, 8) der Integrator-Schaltung (2),
- c. Durchführen eines ersten Integrationsvorgangs bis der Schaltungs-
15 tungsaustritt (9) den ersten und den zweiten Komparator-Schwellwert erreicht,
- d. Messen einer ersten Zeitspanne zwischen der Ausgabe des ersten und zweiten Schaltwertes,
- e. Anlegen einer die zu bestimmende Spannung einer Batteriezelle
20 (14) umfassenden Spannung an die Schaltungseingänge (7, 8) der Integrator-Schaltung (2),
- f. Durchführen eines zweiten Integrationsvorgangs bis der Schaltungs-
 austritt (9) den ersten und den zweiten Komparator-Schwellwert erreicht,
- 25 g. Messen einer zweiten Zeitspanne zwischen der Ausgabe des ersten und zweiten Schaltwertes, und
- h. Bestimmen der Spannung der Batteriezelle (14) zumindest mittels der gemessenen ersten und zweiten Zeitspanne und der Referenz-Spannung.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste und zweite Integrationsvorgang eine identische Integrationsrichtung aufweisen.

5

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ende des ersten Integrationsvorgangs und der Beginn des zweiten Integrationsvorgangs einen zeitlichen Abstand von maximal 2 ms aufweisen.

10

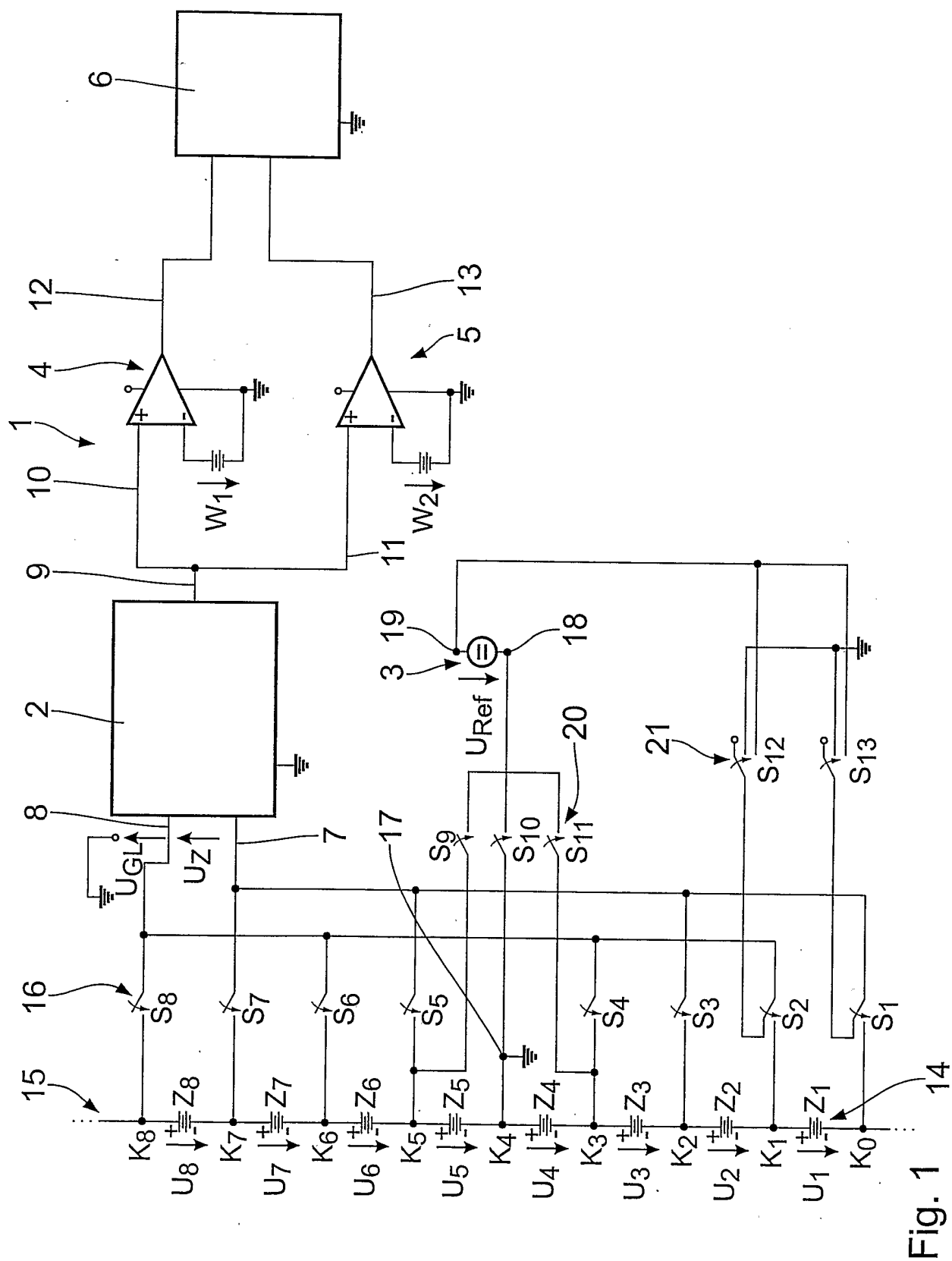


Fig. 1

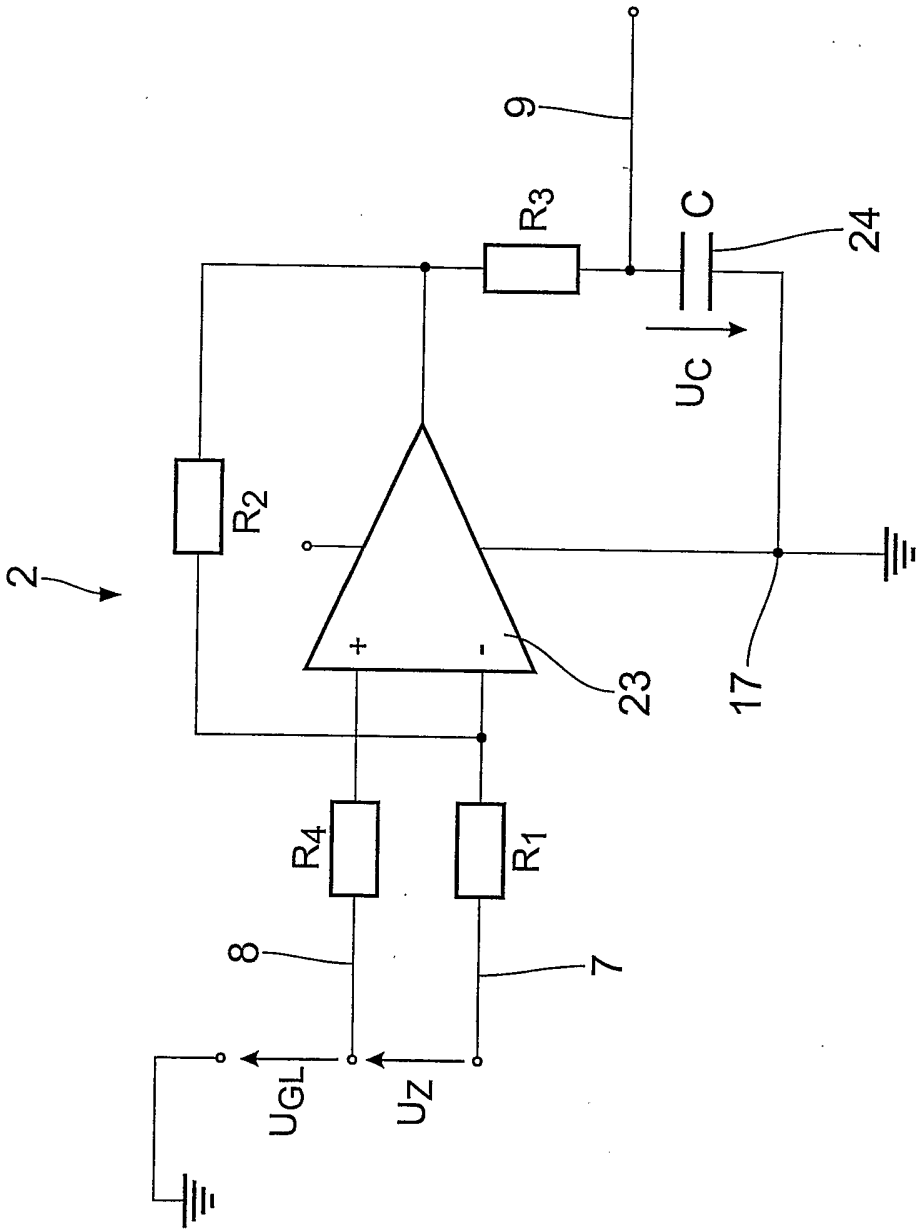


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2005/000545

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01R31/36

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)

IPC 7 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 practical, 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.
X	US 5 099 209 A (SEKI ET AL) 24 March 1992 (1992-03-24)	1-6,9-11
Y	abstract; figure 1 column 2, line 27 - column 3, line 62	7,8
X	US 6 191 590 B1 (KL&UUM ET AL) 20 February 2001 (2001-02-20) abstract; figures 2A,3 column 2, line 64 - line 67 column 4, line 17 - line 43	1,2,5, 9-11
X	US 5 998 971 A (CORBRIDGE ET AL) 7 December 1999 (1999-12-07) abstract; figures 1,2	1,2,5
A		9
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in 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 document 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

12 July 2005

Date of mailing of the international search report

27/07/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ernst, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2005/000545

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 12, 5 December 2003 (2003-12-05) & JP 2003 240806 A (YAZAKI CORP), 27 August 2003 (2003-08-27) abstract; figure -----	7,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2005/000545

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5099209	A	24-03-1992	JP 2667993 B2 JP 3131771 A DE 4032842 A1 GB 2237115 A ,B	27-10-1997 05-06-1991 25-04-1991 24-04-1991
US 6191590	B1	20-02-2001	DE 19725204 C1 BR 9802377 A DE 59809131 D1 EP 0884600 A2	08-04-1999 29-06-1999 04-09-2003 16-12-1998
US 5998971	A	07-12-1999	GB 2332283 A AU 759637 B2 AU 9699998 A JP 11248806 A	16-06-1999 17-04-2003 01-07-1999 17-09-1999
JP 2003240806	A	27-08-2003	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01R31/36

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 099 209 A (SEKI ET AL) 24. März 1992 (1992-03-24)	1-6, 9-11
Y	Zusammenfassung; Abbildung 1 Spalte 2, Zeile 27 - Spalte 3, Zeile 62 -----	7, 8
X	US 6 191 590 B1 (KL&UUM L ET AL) 20. Februar 2001 (2001-02-20) Zusammenfassung; Abbildungen 2A, 3 Spalte 2, Zeile 64 - Zeile 67 Spalte 4, Zeile 17 - Zeile 43 -----	1, 2, 5, 9-11
X	US 5 998 971 A (CORBRIDGE ET AL) 7. Dezember 1999 (1999-12-07) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2 -----	1, 2, 5
A	----- -/-	9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

"E" älteres Dokument, 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 anderen 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

12. Juli 2005

Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts

27/07/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ernst, M

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 12, 5. Dezember 2003 (2003-12-05) & JP 2003 240806 A (YAZAKI CORP), 27. August 2003 (2003-08-27) Zusammenfassung; Abbildung -----	7,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/000545

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5099209	A	24-03-1992	JP	2667993 B2	27-10-1997
			JP	3131771 A	05-06-1991
			DE	4032842 A1	25-04-1991
			GB	2237115 A ,B	24-04-1991
US 6191590	B1	20-02-2001	DE	19725204 C1	08-04-1999
			BR	9802377 A	29-06-1999
			DE	59809131 D1	04-09-2003
			EP	0884600 A2	16-12-1998
US 5998971	A	07-12-1999	GB	2332283 A	16-06-1999
			AU	759637 B2	17-04-2003
			AU	9699998 A	01-07-1999
			JP	11248806 A	17-09-1999
JP 2003240806	A	27-08-2003	KEINE		