



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 40 329 A1** 2004.03.11

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 40 329.5**  
(22) Anmeldetag: **31.08.2002**  
(43) Offenlegungstag: **11.03.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **G01R 31/36**  
**G01R 29/24**

(71) Anmelder:  
**VB Autobatterie GmbH, 30419 Hannover, DE**

(72) Erfinder:  
**Koch, Ingo, Dipl.-Ing., 31789 Hameln, DE**

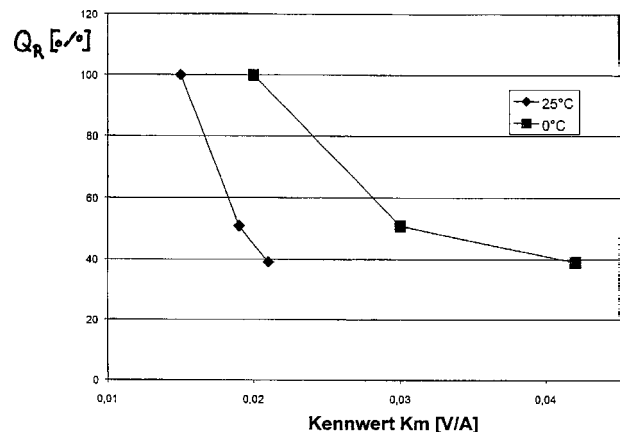
(74) Vertreter:  
**GRAMM, LINS & PARTNER GbR, 38122  
Braunschweig**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Ermittlung der entnehmbaren Ladungsmenge einer Speicherbatterie und Überwachungseinrichtung für eine Speicherbatterie**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Ermittlung der entnehmbaren Ladungsmenge ( $Q_R$ ) einer Speicherbatterie hat die Schritte:

- Bestimmen der Batteriespannung ( $U(t)$ ) und des Batteriestroms ( $I(t)$ ) über mindestens ein Zeitintervall ( $\Delta t$ ),
- Glätten der gemessenen Batteriespannungs- ( $U(t)$ ) und Batteriestromverläufe ( $I(t)$ ) mit mindestens zwei unterschiedlichen Glättungsmaßen,
- Bilden der Spannungs differenzen ( $\Delta U(t)$ ) der mit einem zweiten Glättungsmaß geglätteten Batteriespannungen ( $U(t)$ ) und der mit einem dritten Glättungsmaß geglätteten Batteriespannungen ( $U(t)$ ), wobei das dritte Glättungsmaß eine größere Glättung als das zweite Glättungsmaß bewirkt,
- Bilden der Stromdifferenzen ( $\Delta I_{23}(t)$ ) der mit einem zweiten Glättungsmaß geglätteten Batteriestrome ( $I(t)$ ) und der mit einem dritten Glättungsmaß geglätteten Batteriestrome ( $I(t)$ ), wobei das dritte Glättungsmaß eine größere Glättung als das zweite Glättungsmaß bewirkt,
- Berechnen von Kennwerten ( $K(t)$ ) aus den Quotienten der Spannungs differenzen ( $\Delta U_{23}(t)$ ) und den Stromdifferenzen ( $\Delta I_{23}(t)$ )
- Verrechnen jeweils der Kennwerte ( $K(t)$ ) eines Zeitintervalls ( $\Delta t$ ) zu einem Intervall-Kennwert ( $K_m$ ) und
- Bestimmen der entnehmbaren Ladungsmenge ( $Q_R$ ) aus mindestens einem Intervall-Kennwert ( $K_m$ ) für mindestens ein Zeitintervall ( $\Delta t$ ).



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der entnehmbaren Ladungsmenge einer Speicherbatterie sowie eine Überwachungseinrichtung für eine Speicherbatterie mit Messmitteln zur Messung von Batteriespannungen und Batterieströmen und mit Auswertemitteln.

### Stand der Technik

[0002] Es besteht ein Bedarf, die entnehmbare Ladungsmenge einer Speicherbatterie während des Betriebs abzuschätzen.

[0003] Hierzu ist in dem US-Patent 5,761,072 ein Verfahren zur Bestimmung der Kapazität einer Speicherbatterie beschrieben, bei dem durch einen Filter ein schneller Strom und durch Mittelwertbildung mittels Integration ein langsamer Strom ermittelt wird. Die Werte für den schnellen und langsamen Strom werden in eine sogenannte Peukertbeziehung eingesetzt, um eine Kapazität für einen schnellen Strom und für einen langsamen Strom zu ermitteln. Diese Kapazitäten werden gewichtet und hieraus eine Gesamtkapazität berechnet.

[0004] In der DE 694 23 918 T2 ist eine Vorrichtung zur Anzeige des Entleerungsgrades einer Batterie beschrieben, bei der periodisch Messwerte z. B. von Leerlaufspannung oder Innenimpedanz erfasst werden. Diese Messwerte werden über einen Tiefpass gefiltert und der Mittelwert davon bestimmt. Wenn der Mittelwert einen Schwellwert überschreitet wird eine Entleerungs-Warnanzeige erzeugt.

[0005] In der DE 691 31 276 T2 ist ein elektronischer Tester zum Bewerten der prozentualen Energiekapazität einer Batterie oder einer Batteriezelle offenbart. In diesem Verfahren wird der dynamische Leitwert bestimmt und zu einem Referenzleitwert ins Verhältnis gesetzt, der dem dynamischen Leitwert einer Batterie oder Batteriezelle mit 100 prozentiger Kapazität entspricht.

[0006] Mit diesen vorbekannten Verfahren oder Vorrichtungen kann zwar der Ladezustand einer neuwertigen Batterie ermittelt werden. Eine Aussage über die noch entnehmbare Ladungsmenge einer gebrauchten Batterie insbesondere bei kleinen Strömen kann jedoch nicht getroffen werden.

[0007] Das Problem bei Speicherbatterien ist nämlich, dass die bei vollgeladener Speicherbatterie entnehmbare Ladungsmenge durch verschiedene Ursachen abnehmen kann. Einer gebrauchten Speicherbatterie kann somit nicht mehr die gleiche Ladungsmenge entnommen werden wie im Neuzustand. Diese Ursachen können z. B. bei Bleiakkumulatoren der Verlust an aktiver Masse durch Abschlämmung, Sulfatation oder ähnliches sein.

[0008] Wird z. B. der Ladezustand einer Speicherbatterie durch Messung der Ruhespannung ermittelt, wie dies z. B. bei einem Bleiakkumulator möglich ist, so kann mit diesem Wert keine Aussage darüber getroffen werden, welche Ladungsmenge  $Q_R$  der vollgeladenen Speicherbatterie noch entnommen werden kann, wenn diese nicht mehr im Neuzustand ist. Der Grund hierfür ist, dass zwar in diesem Fall der Ladezustand ein Maß für die der Säure entnehmbare Ladungsmenge ist, die Ladungsmenge, die der aktiven Masse noch entnommen werden kann, korreliert jedoch nur im Neuzustand mit der Ladungsmenge in der Säure.

[0009] Bei einer Definition des Ladezustands (SOC) als Quotient der Differenz zwischen Nennladungsmenge und entnommener Ladungsmenge zur Nennladungsmenge

$$\text{SOC} = \frac{\text{Nennladungsmenge} - \text{entnommener Ladungsmenge}}{\text{Nennladungsmenge}}$$

gibt der Ladezustand (SOC) ebenfalls keine Aussage über die entnehmbare Ladungsmenge  $Q_R$ .

[0010] Der Ladezustand nach diesen Definitionen gibt somit keine Aussage über die einer gebrauchten Speicherbatterie tatsächlich entnehmbare Ladungsmenge  $Q_R$ .

[0011] Aus den US-Patenten 5,721,688 und 5,572,136 sind Vorrichtungen und Verfahren bekannt, bei denen ein relativ kleiner zeitveränderlicher Strom einer Speicherbatterie aufgeprägt und die zeitabhängige Spannungsantwort der Speicherbatterie beobachtet und ausgewertet wird. Aus der Spannungsantwort kann die Leitfähigkeit der Speicherbatterie ermittelt werden. Im Betrieb ist es jedoch nicht immer möglich und erwünscht, einen separaten Messstrom aufzuprägen.

[0012] Aufgabe der Erfindung war es daher, ein verbessertes Verfahren zur Ermittlung der einer Speicherbatterie im vollgeladenen Zustand entnehmbaren Ladungsmenge  $Q_R$  sowie eine Überwachungseinrichtung für eine Speicherbatterie zu schaffen, mit dem die entnehmbare Ladungsmenge  $Q_R$  einer gebrauchten Speicherbatterie mit einfachen Mitteln möglichst genau ermittelbar ist.

[0013] Die Aufgabe wird mit dem gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß gelöst durch

- Bestimmen der Batteriespannung und des Batteriestroms über mindestens ein Zeitintervall,
- Glätten der gemessenen Batteriespannungs-  $U(t)$  und Batteriestromverläufe  $I(t)$  mit mindestens zwei unterschiedlichen Glättungsmaßen,
- Bilden der Spannungsdifferenzen  $\Delta U_{23}(t)$  der mit einem zweiten Glättungsmaß geglätteten Batteriespan-

nungen und der mit einem dritten Glättungsmaß geglätteten Batteriespannungen, wobei das dritte Glättungsmaß eine größere Glättung als das zweite Glättungsmaß bewirkt,

- Bilden der Stromdifferenzen  $\Delta I_{23}(t)$  der mit einem zweiten Glättungsmaß geglätteten Batterieströme und der mit einem dritten Glättungsmaß geglätteten Batterieströme, wobei das dritte Glättungsmaß eine größere Glättung als das zweite Glättungsmaß bewirkt,
- Berechnen von Kennwerten aus den Quotienten der Spannungsdifferenzen und den Stromdifferenzen,
- Verrechnen jeweils der Kennwerte eines Zeitintervalls zu einem Intervall-Kennwert und
- Bestimmen der entnehmbaren Ladungsmenge aus mindestens einen Intervall-Kennwert für mindestens ein Zeitintervall.

[0014] Es wurde erkannt, dass durch einfache rechnerische Auswertung der gemessenen Batteriespannungen und Batterieströme einer Speicherbatterie im Betrieb die entnehmbare Ladungsmenge ermittelt werden kann. Dies wird dadurch erreicht, dass durch geeignete Glättung der Batteriespannungen und Batterieströme eine Referenzspannung und ein Referenzstrom durch die Wahl einer großen Zeitkonstanten als Glättungsmaß erzeugt wird, von dem die Abweichung des mit einer kleineren Zeitkonstanten geglätteten Batteriestroms und Batteriespannung bewertet wird. Hierzu müssen lediglich die Batteriespannung und Batterieströme über mindestens ein Zeitintervall fortlaufend gemessen und rechnerisch ausgewertet werden.

[0015] Die Glättung erfolgt vorzugsweise durch Filterung mit Zeitkonstanten, durch Mittelwertbildung, insbesondere des gleitenden Mittelwerts, oder ähnlichem.

[0016] Aus den berechneten Kennwerten wird vorzugsweise ein Mittelwert als Intervall-Kennwert berechnet. Der Mittelwert kann auch ein gleitender Mittelwert oder Median etc. sein.

[0017] Vorteilhaft ist es, wenn die Kennwerte nur dann berechnet oder zur Bestimmung des Intervall-Kennwertes hinzugezogen werden, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind. Die Ermittlung der entnehmbaren Ladungsmenge erfolgt somit nur auf der Basis zulässiger Kennwerte.

[0018] Eine Bedingung kann sein, dass der Betrag der Stromdifferenz  $\Delta I_{23}(t)$  kleiner als ein festgelegter zweiter Grenzwert ist.

[0019] Alternativ oder zusätzlich hierzu kann eine weitere Bedingung sein, dass der Betrag der Stromdifferenz  $\Delta I_{12}(t)$  des mit dem zweiten Glättungsmaß geglätteten Batteriestroms und des mit einem ersten Glättungsmaß geglätteten Batteriestroms kleiner als ein festgelegter erster Grenzwert ist, wobei das erste Glättungsmaß eine größere Glättung als das zweite Glättungsmaß bewirkt.

[0020] Als weitere Bedingung kann vorgesehen sein, dass die mit dem zweiten Glättungsmaß geglätteten Batterieströme größer als ein dritter Grenzwert und kleiner als ein vierter Grenzwert sind.

[0021] Es kann weiterhin vorgeschrieben sein, dass der Betrag der Stromdifferenz  $\Delta I_{23}(t)$  größer als ein festgelegter fünfter Grenzwert und/oder der Betrag der Stromdifferenz  $\Delta I_{12}(t)$  des mit der zweiten Zeitkonstanten gefilterten Batteriestroms und des mit einer ersten Zeitkonstanten gefilterten Batteriestroms größer als ein festgelegter sechster Grenzwert ist.

[0022] Vorzugsweise liegt der erste und der zweite Grenzwert in einem Bereich des 30-stündigen bis 80-stündigen Stroms und entspricht vorzugsweise etwa dem 50-stündigen Strom. Der dritte Grenzwert entspricht vorzugsweise etwa dem 10-stündigen Strom und der vierte Grenzwert etwa dem 30-stündigen Strom, wobei eine Toleranz von etwa 50% noch zu vergleichbaren Ergebnissen führt.

[0023] Für Bleiakkumulatoren mit ca. 70 Ah hat sich ein erster Grenzwert im Bereich von etwa 1 A, ein zweiter Grenzwert im Bereich von etwa 1 A, ein dritter Grenzwert von etwa -5 A und ein vierter Grenzwert im Bereich von etwa -2 A als vorteilhaft herausgestellt. Die Grenzwerte sind nur als ungefähre Richtgrößen zu verstehen, da das Verfahren von der Batterie-Bauart und -Größe abhängt.

[0024] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die zulässigen Kennwerte, die die oben genannten Bedingungen erfüllen, in einem Zeitintervall integriert werden. Die Zeiten, in denen zulässige Kennwerte vorliegen, werden ebenfalls integriert, um eine Zeitdauer des Zeitintervalls zu berechnen. Der Intervall-Kennwert wird dann als Quotient aus dem durch Integration der zulässigen Kennwerte berechneten integrierten Kennwertes des Zeitintervalls und der Zeitdauer des Zeitintervalls berechnet.

[0025] Die Intervall-Kennwerte werden vorzugsweise in Abhängigkeit von dem Betriebszustand der Speicherbatterie gewichtet. Beispielsweise können für den Entladebetrieb der Speicherbatterie andere Wichtungsfaktoren als für den Ladebetrieb vorgesehen sein.

[0026] Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die entnehmbare Ladungsmenge aus dem mindestens einen Intervall-Kennwert in Abhängigkeit von dem Ladezustand der Speicherbatterie und der Batterietemperatur beispielsweise mit Hilfe empirisch oder rechnerisch ermittelter Kennfelder oder mit geeigneten Formeln bestimmt wird.

[0027] Für die praxisnahe Anwendung ist es vorteilhaft, ein Kennfeld für Neuzustand-Intervall-Kennwerte einer Speicherbatterie im Neuzustand in Abhängigkeit von Ladezuständen und Batterietemperaturen anzulernen.

[0028] Zur Ermittlung der entnehmbaren Ladungsmenge einer Speicherbatterie im Betrieb wird dann eine

Maßzahl J aus einem Intervall-Kennwert bei einem ermittelten Ladezustand und einer gemessenen Batterietemperatur und aus dem angelernten Neuzustand-Intervall-Kennwert für den ermittelten Ladezustand und der gemessenen Batterietemperatur berechnet. Die entnehmbare Ladungsmenge wird dann in Abhängigkeit von der Maßzahl J und dem Ladezustand und der Batterietemperatur ermittelt. Die Intervall-Kennwerte werden somit in Bezug auf Neuzustand-Intervall-Kennwerte ausgewertet.

[0029] Die Maßzahl J kann beispielsweise die Differenz oder das Verhältnis von dem Intervall-Kennwert und dem Neuzustand-Intervall-Kennwert sein.

[0030] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0031] **Fig. 1** – Diagramm von mit verschiedenen Zeitkonstanten gefilterten Batteriestromverläufen sowie mit festgelegten Grenzwerten;

[0032] **Fig. 2** – Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung der entnehmbaren Ladungsmenge;

[0033] **Fig. 3** – Diagramm der entnehmbaren Ladungsmenge über den Intervall-Kennwert bei zwei unterschiedlichen Temperaturen.

[0034] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es nunmehr möglich durch Auswertung der im Betrieb der Speicherbatterie messbaren Strom- und Spannungsprofile die entnehmbare Ladungsmenge  $Q_R$  zu ermitteln.

[0035] Hierzu wird die Batteriespannung  $U(t)$  und der Batteriestrom  $I(t)$  mit einer geeigneten zeitlichen Auflösung von vorzugsweise weniger als 1 s gemessen und die Batteriespannungswerte  $U(t)$  und die Batteriestromwerte  $I(t)$  beispielsweise mit mindestens zwei Tiefpassfiltern mit unterschiedlichen Zeitkonstanten  $\tau$  geglättet. Eine zweite Zeitkonstante  $\tau_2$  sollte hierbei kleiner als eine dritte Zeitkonstante  $\tau_3$  sein. Die Glättung kann auch durch Mittelwertbildung, beispielsweise gleitende Mittelwertbildung über verschiedene Zeitfenster, oder ähnlichen erfolgen. Die **Fig. 1** lässt entsprechende, mit unterschiedlichen Zeitkonstanten  $\tau$  geglättete Batteriestromverläufe erkennen.

[0036] Anschließend werden für jeweils ein Zeitintervall Spannungsdifferenzen  $\Delta U_{23}(t)$  aus der Differenz der mit der zweiten Zeitkonstanten  $\tau_2$  gefilterten Batteriespannungen  $U(t)$  und der mit der dritten Zeitkonstanten  $\tau_3$  gefilterten Batteriespannungen  $U(t)$  berechnet. Ebenso werden die Stromdifferenzen  $\Delta I_{23}(t)$  aus der Differenz der mit der zweiten Zeitkonstanten  $\tau_2$  gefilterten Batterieströme  $I(t)$  und der mit der dritten Zeitkonstanten  $\tau_3$  gefilterten Batterieströme  $I(t)$  berechnet.

[0037] Aus den Quotienten der Spannungsdifferenzen  $\Delta U_{23}(t)$  und der Stromdifferenzen  $\Delta I_{23}(t)$  wird dann ein Kennwert  $K(t)$  als Funktion der Zeit jeweils begrenzt auf die Zeitintervalle  $\Delta t$  berechnet. Aus den Kennwerten  $K(t)$  jeweils eines Zeitintervalls  $\Delta t$  wird dann ein Intervall-Kennwert  $K_m$  vorzugsweise durch Mittelwertbildung berechnet und die entnehmbare Ladungsmenge  $Q_R$  als Funktion des Intervall-Kennwertes  $K_m$  bestimmt. Dies wird durch die folgenden Gleichungen deutlicher:

$$Q_R(\Delta t) = f(K_m(\Delta t)) = f\left(\frac{1}{T} \int \frac{(U_{\tau_3}(t) - U_{\tau_2}(t))}{(I_{\tau_3}(t) - I_{\tau_2}(t))} dt\right)$$

[0038] Die Bestimmung der entnehmbaren Ladungsmenge  $Q_R$  beruht hierbei nur auf zulässigen Kennwerten  $K(t)$ , die mindestens eine der nachfolgenden Bedingungen erfüllen:

- a) Der Betrag der Stromdifferenz  $\Delta I_{12}(t)$  des mit der zweiten Zeitkonstanten  $\tau_2$  gefilterten Batteriestroms  $I(t)$  und des mit einer ersten Zeitkonstanten  $\tau_1$  gefilterten Batteriestroms  $I(t)$  ist kleiner als ein festgelegter erster Grenzwert  $I_{\text{grenz1}}$ .
- b) Der Betrag der Stromdifferenz  $\Delta I_{23}(t)$  ist kleiner als ein festgelegter zweiter Grenzwert  $I_{\text{grenz2}}$ .
- c) Die mit der zweiten Zeitkonstanten  $\tau_2$  gefilterten Batterieströme  $I(t)$  sind größer als ein festgelegter dritter Grenzwert  $I_{\text{grenz3}}$  und kleiner als ein festgelegter vierter Grenzwert  $I_{\text{grenz4}}$ .

[0039] Optional kann auch noch festgelegt sein, dass der Betrag der Stromdifferenz  $\Delta I_{23}(t)$  größer als ein festgelegter fünfter Grenzwert  $I_{\text{grenz5}}$  und der Betrag der Stromdifferenz  $\Delta I_{12}(t)$  größer als ein festgelegter sechster Grenzwert  $I_{\text{grenz6}}$  ist.

[0040] Die Bedingungen können durch folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$I_{\text{grenz5}} < |I_{\tau3}(t) - I_{\tau2}(t)| < I_{\text{grenz2}}$$

$$I_{\text{grenz6}} < |I_{\tau2}(t) - I_{\tau1}(t)| < I_{\text{grenz1}}$$

$$I_{\text{grenz3}} < I_{\tau2}(t) < I_{\text{grenz4}}.$$

[0041] Für Starter-Bleiakkumulatoren der Größe von 70 Ah haben sich Größenordnungen für den ersten Grenzwert von  $I_{\text{grenz1}} = 1$  A, für den zweiten Grenzwert von  $I_{\text{grenz2}} = 1$  A, für den dritten Grenzwert von  $I_{\text{grenz3}} = -5$  A und für den vierten Grenzwert von  $I_{\text{grenz4}} = -2$  A als vorteilhaft herausgestellt. Die Strom-Grenzwerte selbst sind neben der Batteriegroße auch bauartabhängig.

[0042] Die **Fig. 1** lässt ein Diagramm von mit einer ersten Zeitkonstanten  $\tau_1$ , einer zweiten Zeitkonstante  $\tau_2$  und einer dritten Zeitkonstanten  $\tau_3$  geglätteten Batteriestromwerten  $I(t)$  über die Zeit mit festgelegten Grenzwerten  $I_{\text{grenz1}}$ ,  $I_{\text{grenz2}}$ ,  $I_{\text{grenz3}}$  und  $I_{\text{grenz4}}$  erkennen. Es wird deutlich, dass durch die Festlegung der Grenzwerte die Kennzahl  $K$  im wesentlichen nur im mittleren und hinteren Bereich der ersten abklingenden Flanke des Strompulses vorgenommen wird, da nur dort die Grenzwertbedingungen erfüllt sind.

[0043] Die **Fig. 2** lässt ein mögliches Flussdiagramm für das erfindungsgemäße Verfahren zur Ermittlung der entnehmbaren Ladungsmenge  $Q_R$  erkennen. Hierbei wird die Auswertung beschränkt auf die Zeiten, in denen die Batterie entladen wird.

[0044] Es wird deutlich, dass die Batterieströme  $I(t)$  mit drei Tiefpassfiltern unterschiedlicher Zeitkonstanten  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  gefiltert werden. Es wird überprüft, ob die gefilterten Stromwert  $I_{\tau1}(t)$ ,  $I_{\tau2}(t)$ ,  $I_{\tau3}(t)$  die oben beschriebenen Bedingungen erfüllt, d. h. dass

$$|I_{\tau1} - I_{\tau2}| < I_{\text{grenz1}},$$

$$|I_{\tau2} - I_{\tau3}| < I_{\text{grenz2}},$$

$$I_{\text{grenz3}} < I_{\tau2} < I_{\text{grenz4}},$$

$$I_{\tau2} < 0$$

ist. Wenn dies der Fall ist, wird aus den gedämpften Stromwerten  $I(t)$  und den mit einem Tiefpassfilter mit einer zweiten Zeitkonstante  $\tau_2$  und einem Tiefpassfilter mit einer dritten Zeitkonstante  $\tau_3$  gedämpften Spannungswerten  $U_{\tau2}(t)$  und  $U_{\tau3}(t)$  ein Kennwert  $K(t)$  nach der Formel

$$K(t) = \frac{(U_{\tau3}(t) - U_{\tau2}(t))}{(I_{\tau3}(t) - I_{\tau2}(t))}$$

berechnet. Aus den Kennwerten  $K(t)$  eines Zeitintervalls  $\Delta t$  wird beispielsweise durch Integralbildung ein integrierter Kennwert  $K_i$

$$K_i = \int K \cdot dt$$

und durch Integration der Zeiten, in denen die Bedingungen erfüllt sind, die Zeitdauer  $T$  des Zeitintervalls

$$T = \int dt$$

bestimmt.

[0045] Dann wird der Intervall-Kennwert

$$K_m = \frac{K_i}{T}$$

als Mittelwert der zulässigen Kennwerte  $K(t)$  berechnet.

[0046] Am Ende eines Zeitintervalls  $\Delta t$  wird der Intervall-Kennwert  $K_m$  vorzugsweise in Abhängigkeit von dem Ladezustand SOC und der Batterietemperatur  $T_{Bat}$  bewertet und die entnehmbare Ladungsmenge  $Q_R$  bestimmt.

[0047] Die Bestimmung der entnehmbaren Ladungsmenge  $Q_R$  kann mit Hilfe von vorgegebenen empirisch oder rechnerisch ermittelten Kennfeldern in Abhängigkeit des Ladezustands SOC und der Batterietemperatur  $T_{Bat}$  vorgenommen werden.

[0048] Bei bekannter Abhängigkeit von dem Ladezustand und der Batterietemperatur  $T_{Bat}$  ist es auch möglich, den Kennwert  $K(t)$  entsprechend zu korrigieren. Auch ist es sinnvoll, den Kennwert  $K(t)$  in Abhängigkeit von der Betriebssituation der Speicherbatterie zu gewichten. Beispielsweise können Zeitintervalle  $\Delta t$ , in denen die Speicherbatterie geladen wird, anders gewichtet werden als Zeitintervalle  $\Delta t$ , in denen die Batterie entladen wird.

[0049] Um aus dem Intervall-Kennwert  $K_m$  auf die entnehmbare Ladungsmenge  $Q_R$  schließen zu können, wird vorzugsweise ein Neuwert-Intervall-Kennwert  $K_{m_{neu}}$  in Abhängigkeit von Ladezuständen SOC und Batterietemperaturen  $T_{Bat}$  ermittelt und als Kennwert festgehalten. Die Ermittlung kann durch Anlernen eines Kennfeldes erfolgen.

[0050] Im Betrieb wird dann eine Maßzahl  $J$  aus der Differenz oder dem Verhältnis des Intervall-Kennwertes  $K_m$  und des Neuwert-Intervall-Kennwertes  $K_{m_{neu}}$  für die jeweils vorliegenden Ladezustände SOC und Batterietemperaturen  $T_{Bat}$  bestimmt. Die Neuwert-Intervall-Kennwerte  $K_{m_{neu}}$  werden somit mit den ermittelten Intervall-Kennwerten  $K_m$  bei gleichem Ladezustand SOC und Batterietemperatur  $T_{Bat}$  verglichen. Die entnehmbare Ladungsmenge  $Q_R$  wird dann als Funktion des Ladezustands SOC, der Batterietemperatur  $T_{Bat}$  und der Maßzahl  $J$  beispielsweise mit Hilfe von Kennfeldern bestimmt.

[0051] Die **Fig. 3** lässt ein Diagramm einer Starterbatterie mit 70 Ah der über den Kennwert  $K_m$  aufgetragenen entnehmbaren Ladungsmenge  $Q_R$  in Abhängigkeit von der Batterietemperatur  $T_{Bat}$  von  $0^\circ$  und  $25^\circ$  erkennen. Der Ladezustand SOC beträgt 70%.

[0052] Es wird deutlich, dass ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der entnehmbaren Ladungsmenge  $Q_R$  und dem Kennwert  $K_m$  besteht, sofern die Batterietemperatur  $T_{Bat}$  und der Ladezustand SOC bekannt ist. Entsprechende Kennfelder können für weitere Ladezustände SOC und Batterietemperaturen  $T_{Bat}$  ermittelt und abgespeichert werden. Aufgrund dieser Daten kann dann aus den Intervall-Kennwerten  $K_m$ , die nach dem oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren berechnet wurden, die entnehmbare Ladungsmenge  $Q_R$  bestimmt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung der entnehmbaren Ladungsmenge ( $Q_R$ ) einer Speicherbatterie, gekennzeichnet durch

- Bestimmen der Batteriespannung ( $U(t)$ ) und des Batteriestroms ( $I(t)$ ) über mindestens ein Zeitintervall ( $\Delta t$ ),
- Glätten der gemessenen Batteriespannungs- ( $U(t)$ ) und Batteriestromverläufe ( $I(t)$ ) mit mindestens zwei unterschiedlichen Glättungsmaßen,
- Bilden der Spannungsdifferenzen ( $\Delta U_{23}(t)$ ) der mit einem zweiten Glättungsmaß geglätteten Batteriespannungen ( $U(t)$ ) und der mit einem dritten Glättungsmaß geglätteten Batteriespannungen ( $U(t)$ ), wobei das dritte Glättungsmaß eine größere Glättung als das zweite Glättungsmaß bewirkt, Bilden der Stromdifferenzen ( $\Delta I_{23}(t)$ ) der mit einem zweiten Glättungsmaß geglätteten Batterieströme ( $I(t)$ ) und der mit einem dritten Glättungsmaß geglätteten Batterieströme ( $I(t)$ ), wobei das dritte Glättungsmaß eine größere Glättung als das zweite Glättungsmaß bewirkt,
- Berechnen von Kennwerten ( $K(t)$ ) aus den Quotienten der Spannungsdifferenzen ( $\Delta U_{23}(t)$ ) und den Stromdifferenzen ( $\Delta I_{23}(t)$ ),
- Verrechnen jeweils der Kennwerte ( $K(t)$ ) eines Zeitintervalls ( $\Delta(t)$ ) zu einem Intervall-Kennwert ( $K_m$ ) und
- Bestimmen der entnehmbaren Ladungsmenge ( $Q_R$ ) aus mindestens einem Intervall-Kennwert ( $K_m$ ) für mindestens ein Zeitintervall ( $\Delta t$ ).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Glätten durch Filtern mit unterschiedlichen Zeitkonstanten ( $\tau$ ), erfolgt, wobei eine zweite Zeitkonstante ( $\tau_2$ ) als zweites Glättungsmaß größer als eine dritte Zeitkonstante ( $\tau_3$ ) als drittes Glättungsmaß ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Glätten mindestens teilweise durch Mittelwertbildung erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet als Glättungsmaß durch Bilden des Mittelwertes der Kennwerte ( $K(t)$ ) eines Zeitintervalls ( $\Delta t$ ) zur Berechnung eines Intervall-Kennwertes ( $K_m$ ) für das

Zeitintervall ( $\Delta t$ ).

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kennwerte ( $K(t)$ ) nur dann berechnet oder zur Bestimmung des Intervall-Kennwertes ( $K_m$ ) hinzugezogen werden, wenn der Betrag der Stromdifferenz ( $\Delta I_{23}(t)$ ) kleiner als ein festgelegter zweiter Grenzwert ( $I_{\text{grenz2}}$ ) ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Grenzwert ( $I_{\text{grenz2}}$ ) im Bereich des 30-stündigen bis 80-stündigen Stroms liegt, und vorzugsweise etwa dem 50-stündigen Strom der Speicherbatterie entspricht.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kennwerte ( $K(t)$ ) nur dann berechnet oder zur Bestimmung des Intervall-Kennwertes ( $K_m$ ) hinzugezogen werden, wenn der Betrag der Stromdifferenz ( $\Delta I_{12}(t)$ ) des mit dem zweiten Glättungsmaß geglätteten Batteriestroms ( $I(t)$ ) und des mit einem ersten Glättungsmaß geglätteten Batteriestroms ( $I(t)$ ) kleiner als ein festgelegter erster Grenzwert ( $I_{\text{grenz1}}$ ) ist, wobei das erste Glättungsmaß eine größere Glättung als das zweite Glättungsmaß bewirkt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Grenzwert ( $I_{\text{grenz1}}$ ) im Bereich des 30-stündigen bis 80-stündigen Stroms liegt, und vorzugsweise etwa dem 50-stündigen Strom der Speicherbatterie entspricht.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kennwerte ( $K(t)$ ) nur dann berechnet oder zur Bestimmung des Intervall-Kennwertes ( $K_m$ ) hinzugezogen werden, wenn die mit dem zweiten Glättungsmaß geglätteten Batteriestrome ( $I(t)$ ) größer als ein dritter Grenzwert ( $I_{\text{grenz3}}$ ) und kleiner als ein vierter Grenzwert ( $I_{\text{grenz4}}$ ) sind.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Grenzwert ( $I_{\text{grenz3}}$ ) etwa der 10-stündige Strom und der vierte Grenzwert ( $I_{\text{grenz4}}$ ) etwa der 30-stündige Strom ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Integration der zulässigen Kennwerte ( $K(t)$ ) in einem Zeitintervall ( $\Delta t$ ) zur Berechnung eines integrierten Kennwertes ( $K_i$ ) für das Zeitintervall ( $\Delta t$ ) und Integration der Zeiten, in denen zulässige Kennwerte ( $K(t)$ ) vorliegen, zur Bestimmung einer Zeitdauer ( $t$ ) des Zeitintervalls ( $\Delta t$ ) und Berechnung des Intervall-Kennwertes ( $K_m$ ) als Quotient aus dem integrierten Kennwert ( $K_i$ ) des Zeitintervalls ( $\Delta t$ ) und der Zeitdauer ( $t$ ).

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Wichtung der Intervall-Kennwerte ( $K_m$ ) in Abhängigkeit von dem Betriebszustand der Speicherbatterie.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Bestimmen der entnehmbaren Ladungsmenge ( $Q_R$ ) aus mindestens einem Intervall-Kennwert ( $K_m$ ) in Abhängigkeit von dem Betriebszustand der Speicherbatterie.

14. Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch Bestimmen der entnehmbaren Ladungsmenge ( $Q_R$ ) aus mindestens einem Intervallkennwert ( $K_m$ ) in Abhängigkeit von dem Ladezustand (SOC) der Speicherbatterie und/oder der Batterietemperatur ( $T_{\text{Bat}}$ ).

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusammenhang zwischen der entnehmbaren Ladungsmenge ( $Q_R$ ) und den Intervall-Kennwerten ( $K_m$ ), dem Ladezustand (SOC) und der Batterietemperatur ( $T_{\text{Bat}}$ ) mit empirisch oder rechnerisch ermittelten Kennfeldern beschrieben ist.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch

- Anlernen eines Kennfeldes für Neuzustand-Intervall-Kennwerte ( $K_{m_{\text{neu}}}$ ) einer Speicherbatterie im Neuzustand in Abhängigkeit von Ladezuständen (SOC) und Batterietemperaturen ( $T_{\text{Bat}}$ ),
- Berechnen einer Maßzahl ( $J$ ) aus einem Intervall-Kennwert ( $K_m$ ) bei einem ermittelten Ladezustand (SOC) und einer ermittelten Batterietemperatur ( $T_{\text{Bat}}$ ) und aus dem Neuzustand-Intervall-Kennwert ( $K_{m_{\text{neu}}}$ ) für den Ladezustand (SOC) und die Batterietemperatur ( $T_{\text{Bat}}$ ),
- Ermitteln der entnehmbaren Ladungsmenge ( $Q_R$ ) in Abhängigkeit von der Maßzahl ( $J$ ) und dem Ladezustand (SOC) sowie der Batterietemperatur ( $T_{\text{Bat}}$ ).

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Maßzahl ( $J$ ) die Differenz von dem Intervall-Kennwert ( $K_m$ ) und dem Neuzustand-Intervall-Kennwert ( $K_{m_{\text{neu}}}$ ) ist.

18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Maßzahl (J) das Verhältnis von dem Intervall-Kennwert ( $K_m$ ) und dem Neuzustand-Intervall-Kennwert ( $K_{m_{neu}}$ ) ist.

19. Überwachungseinrichtung für eine Speicherbatterie mit Messmitteln zur Messung von Batteriespannungen ( $U(t)$ ) und Batterieströmen ( $I(t)$ ), und mit Auswertemitteln, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertemittel zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet sind.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



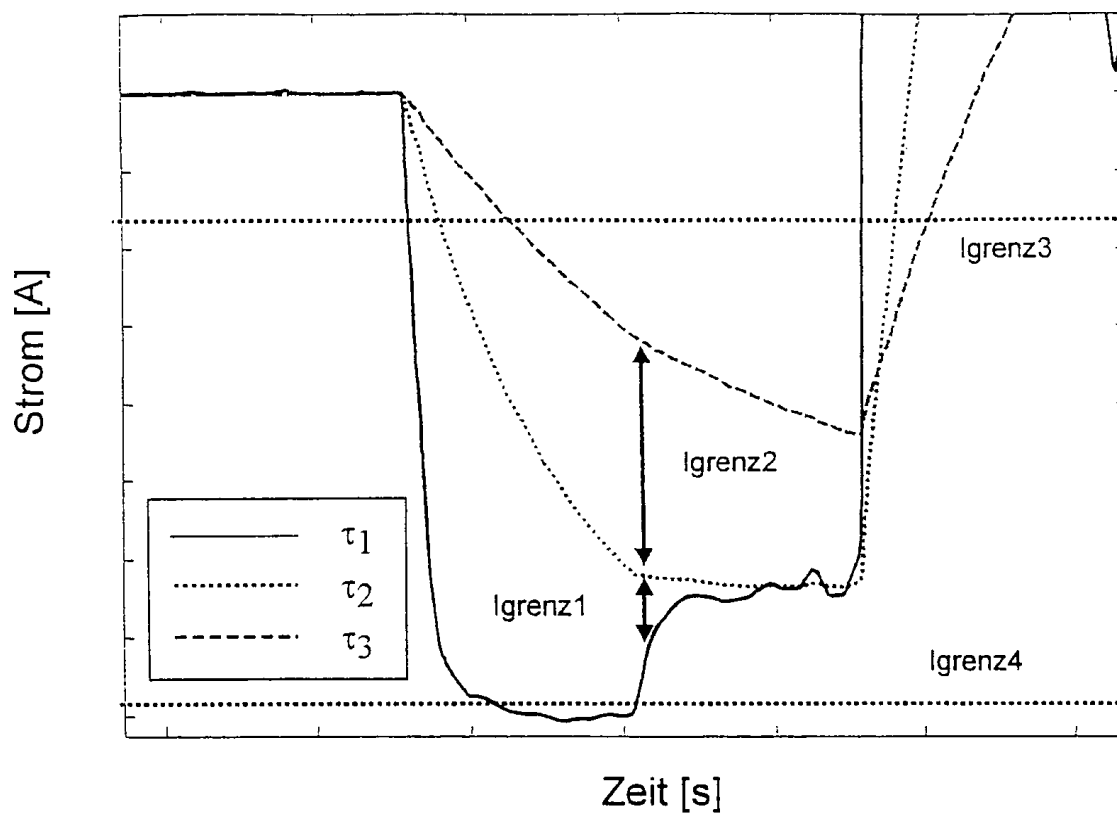


Fig. 1

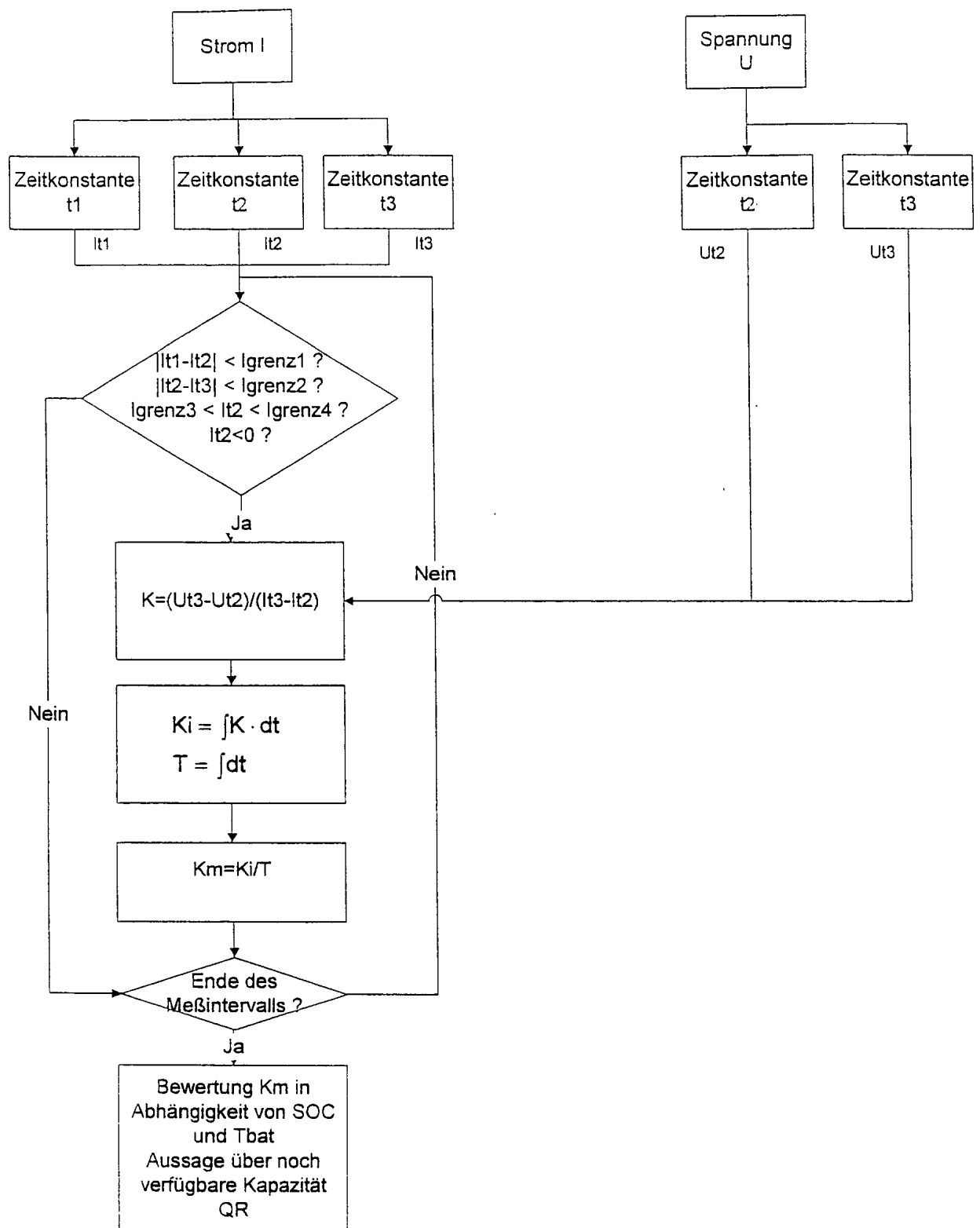


Fig. 2

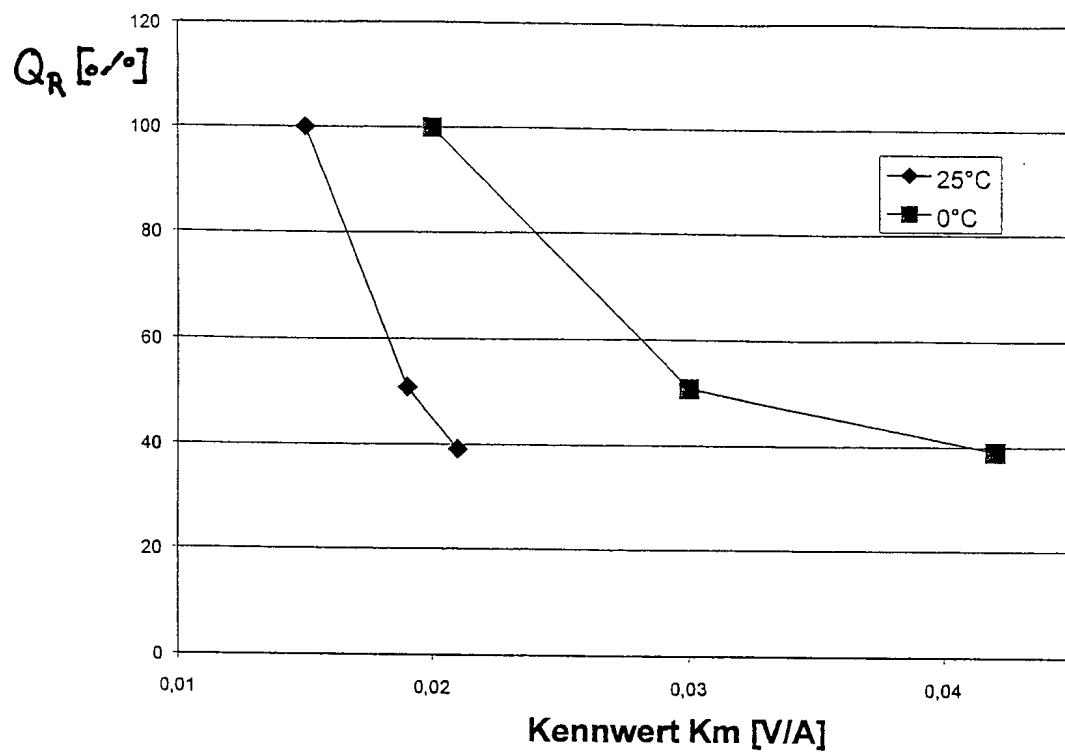


Fig. 3