

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 2027/2007**

(22) Anmeldetag: **13.12.2007**

(43) Veröffentlicht am: **15.06.2009**

(51) Int. Cl.⁸: **A61B 5/0476** (2006.01),
G06K 9/00 (2006.01),
G06T 11/20 (2006.01)

(73) Patentinhaber:

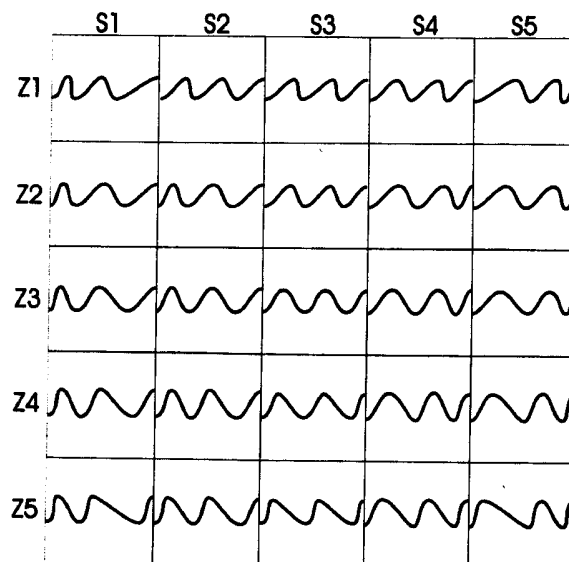
HOFFMANN KARL DR.
A-1100 WIEN (AT)

(72) Erfinder:

HOFFMANN KARL DR.
WIEN (AT)
KLAMMER HELMUT
WEYER (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR UMWANDLUNG VON DURCH EIN EEG GEMESSENEN ELEKTRISCHEN HIRNSTRÖMEN IN EINE QUADRATISCHE ABBILDUNG**

(57) Die gegenständliche Erfindung betrifft ein Verfahren, bei dem die durch Elektroenzephalographie (EEG) gemessenen Hirnströme so umgewandelt werden, dass sie nach Kurvensymmetrie und Frequenzwechsel geordnet in eine quadratische Abbildung eingetragen werden und die Häufigkeiten der gemessenen Ereignisse durch Färb- bzw. Grauschattierungen und unterschiedliche Größe von Quadraten zur Darstellung kommen, wobei zeilenweise Kurven mit gleicher Symmetrie aufscheinen, die in der mittleren Zeile gleiche Anstiegs- und Abstiegsteilheiten aufweisen, die sich nach oben, entsprechend steiler werdender Abstiegsteilheit und nach unten, entsprechend steiler werdender Anstiegsteilheit verändern und spaltenweise die Kurven nach Frequenzwechsel geordnet werden, wobei in der mittleren Spalte gleichbleibende Frequenzen aufscheinen, die sich nach links, entsprechend langsamer werdender Frequenzwechsel und nach rechts, entsprechend schneller werdender Frequenzwechsel verändern.



Zusammenfassung

Die gegenständliche Erfindung betrifft ein Verfahren, bei dem die durch Elektroenzephalographie (EEG) gemessenen Hirnströme so umgewandelt werden, dass sie nach Kurvensymmetrie und Frequenzwechsel geordnet in eine quadratische Abbildung eingetragen werden und die Häufigkeiten der gemessenen Ereignisse durch Farb- bzw. Grauschattierungen und unterschiedliche Größe von Quadraten zur Darstellung kommen, wobei zeilenweise Kurven mit gleicher Symmetrie aufscheinen, die in der mittleren Zeile gleiche Anstiegs- und Abstiegsteilheiten aufweisen, die sich nach oben, entsprechend steiler werdender Abstiegsteilheit und nach unten, entsprechend steiler werdender Anstiegsteilheit verändern und spaltenweise die Kurven nach Frequenzwechsel geordnet werden, wobei in der mittleren Spalte gleichbleibende Frequenzen aufscheinen, die sich nach links, entsprechend langsamer werdender Frequenzwechsel und nach rechts, entsprechend schneller werdender Frequenzwechsel verändern („Fig.1“).



Verfahren zur Umwandlung von durch ein EEG gemessenen elektrischen Hirnströme in eine quadratische Abbildung

Technisches Gebiet

Medizintechnik. Messung elektrischer Hirnströme mit einem EEG-Gerät (EEG = Elektroencephalografie) und die Transformation dieser Messungen mit einem eigenen Verfahren in eine quadratische Abbildung.

Bisheriger Stand der Technik

„Konventionelles“ EEG:

Erfassung von Potentialschwankungen im Bereich der Hirnrinde mit Elektroden von der Kopfhaut in Wellenform in definierten Frequenzbandbereichen.

Erfassung ereigniskorrelierter evozierter Potentiale:

Unter laufender Aufzeichnung mit einem konventionellem EEG wird ein Stimulus (Klickton oder Lichtreiz) meist mehrere hundert Male präsentiert. In einer Computeranalyse werden die dem sensorischen Reiz folgenden EEG-Abschnitte übereinandergelegt und gemittelt (averaging). Dadurch heben sich die reizunabhängigen Spontanausschläge auf, während das stets gleiche ereigniskorrelierte Potential bei zunehmender Zahl der Mittelungsprozesse immer deutlicher sichtbar wird. Das ereigniskorrelierte Potential hat eine charakteristische Form: Dauer: höchstens 0,5 Sekunden, Amplitude höchstens 10 mV, kurze Positivierung. Diese wird „P1“ genannt und ist im EEG durch eine Abweichung nach unten gekennzeichnet; darauf folgt eine Negativierung. Sie stellt sich durch eine Abweichung nach oben dar und wird N1 bzw. N100 genannt, da sie nach ungefähr 100 Millisekunden auftritt. Nach weiteren Ausschlägen erfolgt eine deutliche Positivierung. Sie wird als P3 oder P300-Welle bezeichnet, weil sie nach etwa 300 Millisekunden auftritt.

Technische Aufgabe, die gelöst werden soll

Sämtliche kognitiven Hirnleistungen wie Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Denken, Gedächtnis und den Affekten liegen elektrische Hirnaktivitäten zugrunde. Die kleinste Einheit dieser elektrischen Aktivitäten ist die Nervenzelle (das Neuron). Die Neuronen sind zu einem neuronalen Netzwerk verbunden. Das neuronale Netzwerk besteht aus Teilnetzwerken.

Die technische Aufgabe, die sich daraus ergibt, ist, diese elektrischen Hirnaktivitäten möglichst detailliert zu erfassen, um elektrophysiologische Repräsentationen für die Hirnforschung und Diagnose, Therapie und Therapieverlaufskontrolle bei psychischen und neurologischen Krankheiten zu erhalten

Bildgebende Verfahren, wie die Magnetenzephalografie (MRI) und die Positronen-Emissions-Tomografie (PET) erfassen Hirnaktivitäten auf einer makroskopisch-anatomischen Ebene. Das heisst mit ihnen kann durch Messung des Sauerstoffverbrauchs oder markierter Biomoleküle festgestellt werden wie hoch die Aktivität in verschiedenen Hirnregionen ist. Die mikroskopisch-funktionelle Ebene kann damit nicht erfasst werden. Bei dieser Ebene geht es um die Art und Weise, wie Nervenzellen bzw. neuronale Netzwerke miteinander kommunizieren. Durch das gegenständliche Verfahren können bei hirnelektrischen Aktivitäten Beschleunigungen und Verlangsamungen in Richtung Aktionspotential oder in Richtung Ruhemembranpotential identifiziert und quantifiziert werden.

Diese Aktivitäten können mit der herkömmlichen Erfassung der elektrischen Hirnströme nicht dargestellt werden.

Bei bekannten Analyseverfahren (RU 2 029 492 C1 27.2.1995 und WO 1990/11718 A1 18.10.1990) handelt es sich um Analysen von herkömmlichen EEG-Wellen, die in den üblichen Bandbreiten aufgezeichnet werden. Beim russischen Patent werden die Bänder einzeln nach ihren Frequenz/Amplituden-Charakteristika und nach ihren Frequenz/Phasenverhältnissen analysiert. Beim internationalen Patent werden herkömmliche EEG-Wellen zu Datensätzen verarbeitet und mit Datensätzen aus klinischen Studien verglichen. Aus diesen Vergleichen werden Diagnosen abgeleitet. Bei beiden Patenten werden die Analyseergebnisse, denen unveränderte EEG-Wellen zugrunde liegen, grafisch abgebildet.

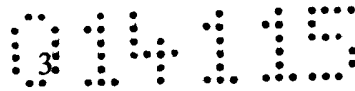
Beim Patent AT 502 014 B1 2007-01-15 werden die von einem EEG gemessenen Spannungen (Potentialdifferenzen) nicht auf einem fortlaufenden Messstreifen als Kurvenverlauf dargestellt, sondern auf einem einzigen Bild, das auf der x-Achse die Spannungen und auf der y-Achse die Anstiegsteilheiten zweier aufeinanderfolgender Messungen zeigt.

Das erfindungsgemäße Verfahren verwendet zur Darstellung nicht die direkt von einem EEG gemessenen Spannungswerte, sondern errechnet aus Kurvenwendepunkte Frequenzen und Kurvensymmetrien. Durch die rechnerische Frequenzermittlung werden Kurvenanalysen im Kiloherzbereich möglich. Zur Darstellung gelangt ein Quadrat mit fünf mal fünf Quadraten, wobei jedes Quadrat Auskunft gibt über die Häufigkeit bestimmter Kurvenformen und die Geschwindigkeit von Frequenzveränderungen. Es unterscheidet sich somit vom Patent AT 502 014 B1 2007-01-15 sowohl in der Art der Daten, die zur Darstellung verwendet werden, als auch in der Darstellung selbst.

Technische Beschreibung

Das 25squares-Methode ist eine Möglichkeit die von einem EEG gelieferte Datenmenge bildliche darzustellen. Anstelle eines endlos langen Messstreifens mit einer Kurve, hat man ein quadratisches Raster mit 25 färbigen Feldern vor sich und kann damit Messergebnisse leichter auswerten und Veränderungen schnell diagnostizieren.

Das EEG-Gerät der Firma EMS-Biomedical liefert maximal 400.000 Messwerte pro Sekunde mit einer Auflösung von 16 Bit. Diese Zahlenfolge stellt mehrere übereinander liegende Wellen mit unterschiedlichen Frequenzen dar.



Würde man nach der herkömmlichen Methode diese Kurve ausdrucken, käme man zu folgendem Ergebnis: Alle Datenpunkt müssten auf einem Papierstreifen dargestellt und durch Linien verbunden werden. Nehmen wir eine sehr dichte Darstellungsmethode mit einem Messwert pro Millimeter an. Das gäbe dann bei einer Messung von einer Sekunde bereits einen Streifen mit einer Länge von 400 Metern. Wenn die Messung nur eine Minute dauert, wären 24 Kilometer Papierstreifen abzuschreiten und zu besichtigen. Man stelle sich eine 5 Minuten dauernde Messung vor und denke an eine zu analysierende Kurve mit einer Länge von 120km.

Mit dem hier beschriebenen Verfahren werden die einzelnen Frequenzen ermittelt und nach Kurvenform, Frequenzwechsel und Häufigkeit des Auftretens sortiert.

Die 25 Quadrate

Es handelt sich also um ein statistisches Verfahren bei dem gleichartige Ereignisse denselben Feldern zugeordnet werden. Man stelle sich ein Quadrat mit 25 Feldern vor. Es enthält also 5 Zeilen und 5 Spalten. Dem entsprechend könnte man sich ein Koordinatensystem vorstellen mit den Achsen x und y welche jeweils von -2 bis +2 laufen.

Zeilen

In der mittlere Zeile ($y=0$) werden alle symmetrischen Kurven eingetragen. Wie im Folgenden beschrieben gibt es zwei Arten der Symmetrie. Asymmetrische Kurven wandern im Koordinatensystem je nach Art der Asymmetrie nach oben oder nach unten.

Spalten

In EEGs treten auch Frequenzwechsel auf. Eine gleich bleibende Frequenz findet ihren Niederschlag nun in der mittleren Spalte ($x=0$). Findet ein Frequenzwechsel statt, dann werden die restlichen Spalten belegt. Bei einer Erhöhung der Frequenz wird das Ereignis rechts der Mitte eingetragen, bei einer Frequenzverminderung werden die linken Spalten befüllt.

Mitte

Das mittlere Feld mit den Koordinaten (0/0) zählt alle Ereignisse bei denen symmetrische Kurven bei gleich bleibender Frequenz auftraten. Eine reine Sinuskurve würde nur in diesem Feld zu Eintragungen führen. Alle anderen 24 Felder blieben unbelegt.

Diagonalen

In 16 Feldern ($x \neq 0$ und $y \neq 0$) werden Ereignisse eingetragen, bei denen sich sowohl die Frequenz änderte, als auch eine Asymmetrie der Kurven vorliegt.

Intensität

Es stehen jeweils zwei Stufen der Intensität zur Verfügung. Nennen wir die Ereignisse „stark“ und „schwach“. Liegt etwa eine Frequenzerhöhung vor, dann wird das Ereignis in der Spalte 4 oder 5 eingetragen, je nach Stärke des Frequenzwechsels. Eine starke Frequenzerhöhung um z.B. mehr als 50% der Ausgangsfrequenz wird also in die Spalte 5 am Rand eingetragen. Dasselbe gilt für starke und schwache Asymmetrien.

Farben

Um die Auswertung der 3DPEEG-Bilder zu erleichtern werden die Felder nach einem vorgegebenen Farbspektrum von rot bis violett eingefärbt und zusätzlich durch unterschiedlich große Quadrate markiert.

Um Ereignisse im EEG den einzelnen Feldern zuordnen zu können, bedarf es einer Frequenzanalyse der Kurven sowie der genauen Analyse der Symmetriewerte.

Frequenzbestimmung

Zunächst soll hier beschrieben werden, wie aus den Messwerten die Frequenz ermittelt wird.

Nicht überlagerte Kurven

Die Frequenz einer klassischen Sinus-Kurve kann aus der Zeitdifferenz zweier aufeinander folgender Höchstwerte ermittelt werden. Wenn die Zeitpunkte (t_1 , t_2) des Auftretens zweier benachbarter Höchstwerte bekannt sind ergibt sich die Frequenz (f) der Kurve so:

$$f=1/(t_2-t_1).$$

Zwischen zwei Extremwerten der Kurve (Hochpunkt, Tiefpunkt) liegt immer auch ein Wendepunkt in dem die Krümmung der Kurve 0 beträgt oder sich die Krümmung in ihrem Vorzeichen ändert (z.B. von + nach -). Auch der zeitliche Abstand zwischen zwei Wendepunkten kann zur Frequenzbestimmung herangezogen werden. Da zwischen zwei Höchstwerten jedoch immer zwei Wendepunkte liegen, würde hier die Formel allerdings

$$f=2/(t_2-t_1)$$

lauten, wobei t_1 und t_2 die Zeiten des Auftretens der Wendepunkte sind.

Überlagerte Kurven

In dem hier beschriebenen Verfahren wird davon ausgegangen, dass sich diese Erkenntnis auch auf EEG-Kurven übertragen lassen.

Es hat sich erwiesen, dass die exakte Lage der Wendepunkte leichter identifizierbar ist, als die Lage der Extremwerte. Bei einer EEG-Kurve darf davon ausgegangen werden, dass es sich um die Überlagerung mehrerer Kurven unterschiedlicher Frequenz handelt. Bei einer einzelnen klassischen Sinus-Kurven kann ein Höchstwert immer leicht identifiziert werden, da es links und rechts immer von tiefer liegenden Werten umgeben ist. Bei EEG-Kurven stimmt das in besonders steilen Abschnitten jedoch nicht mehr. In der 25squares-Methode wird daher die Lage der Wendepunkte zur Frequenzermittlung herangezogen.

Die dabei verwendete Methode wird nun beschrieben:

Seien t_1 , t_2 und t_3 die Zeitpunkte dreier aufeinander folgender Messungen mit den Messwerten w_1 , w_2 und w_3 jeweils z.B. in Millivolt. Nach der folgenden Formel kann dann ein Wert k ermittelt werden, der direkt proportional zur Krümmung der Kurve zum Zeitpunkt t_2 ist.

$$k = w_3 - ((t_3 - t_1) / (t_2 - t_1) * (w_2 - w_1) + w_1)$$

Der Wert von k kann positiv oder negativ sein. Wechselt nun k von positiv nach negativ oder umgekehrt, dann liegt ein Wendepunkt vor. Im Wendepunkt selbst ist eine Krümmung von 0 anzunehmen.

Weiters wird Folgendes berücksichtigt:

Tritt mehrmals hintereinander der Wert 0 für k auf, dann handelt es sich um einen geraden Abschnitt des Kurvenverlaufes. Der Wendepunkt $t(w)$ wird genau in der Mitte dieser Folge angenommen.

$$t(w) = (t_1 + t(n)) / 2$$

Sowie:

Wird in einer Folge von Messwerten $w_1..4$ zu den Zeitpunkten $t_1..t_4$ für die Zeiten t_2 eine positive und für die Zeit t_3 eine negative Krümmung ermittelt, dann liegt der Wendepunkt genau zwischen t_2 und t_3 .

Symmetrie der Kurven

Bei klassischen Sinuskurven ist der Aufbau dahingehend symmetrisch, dass ein Extremwert (Hoch- oder Tiefpunkt) immer exakt in der Mitte zwischen zwei Wendepunkten liegt. Die Extremwerte sind gleichzeitig die Kurventeile mit der jeweils stärksten Krümmung zwischen je zwei Wendepunkten mit Krümmung 0.

Asymmetrie

Bei EEG-Kurven ist davon auszugehen, dass sowohl symmetrische als auch asymmetrische Kurven auftreten können. Nennen wir eine Kurve asymmetrisch, wenn ein Extremwert nicht genau in der Mitte zwischen zwei Wendepunkten liegt. Die Asymmetrie kann z.B. dadurch zustande kommen, dass der Anstieg einer Kurve bis zum Extremwert (Hochpunkt) steiler ist als der darauf folgende Abstieg bis zum nächsten Wendepunkt.

Extremwerte

Es ist also zur Symmetriestimmung unbedingt auch die Berechnung der Lage der Extremwerte notwendig.

Auch hier wird davon ausgegangen, dass sich Extremwerte im EEG durch eine stärkere Krümmung im Kurvenverlauf verraten.

Zwischen jeweils zwei Wendepunkten muss also genau ein Extremwert gefunden werden.

Sei $t_1..t_n$ eine Folge von Zeitpunkten mit den Kurven- Krümmungswerten $k_1..k_n$, dann kann von folgenden Tatsachen ausgegangen werden:

- Die Werte von k_1 und k_n sind 0.
- Alle dazwischen liegende Werte sind zwingend von 0 verschieden, da sonst ein zusätzlicher Wendepunkt vorliegen würde.
- Es gibt einen oder mehrere Werte k_x , die am weitesten von 0 verschieden sind.

Daraus kann nun Folgende Erkenntnis gewonnen werden:

Wird ein Wert k_x gefunden, dessen Absolutbetrag am größten ist (der am weitesten von 0 entfernt ist), dann liegt dort auch die stärkste Krümmung und somit ein Extremwert vor.

Tritt dieser größte Wert mehrmals auf, dann wird die Lage des Extremwertes in deren Mitte angenommen.

Zwei Arten Asymmetrie

Ein Höchstwert kann also nun genau in der Mitte zwischen zwei Wendepunkte liegen und gilt dann vereinbarungsgemäß als symmetrischer Kurvenabschnitt.

Liegt jedoch ein Höchstwert näher wie einem der zwei Wendepunkte, dann gilt die Kurve als asymmetrisch, da z.B. vor und nach dem Höchstwert unterschiedlich starke Steigungen oder Gefälle vorliegen.

Da aber je nach Lage des Höchstwertes der steilere Abschnitt vor oder nach diesem auftreten kann, sprechen wir von zwei Arten der Asymmetrie.

Die Asymmetrie in Zahlen

Um eine statistische Auswertung zu ermöglichen, ist es notwendig die Art und Stärke der Asymmetrie in Zahlen auszudrücken. Mit der folgenden Formel geht das ganz gut.

Seien w_1 und w_2 die Zeitpunkte des Austretens zweier Wendepunkte und e der Zeitpunkt des Auftretens des zwischen w_1 und w_2 liegenden Extremwertes. Dann kann nach folgender Formel eine Zahl a ermittelt werden:

$$a = \{e - [(w_2 + w_1) / 2]\} * 100 / (w_2 - w_1)$$

Für a gilt nun:

- Ist $a=0$ dann liegt eine Symmetrische Kurve vor
- A liegt immer zwischen -100 und +100
- Ist a nicht gleich 0, dann liegt eine asymmetrische Kurve vor
- Für alle positiven a gilt, dass sie eine gleichartige Asymmetrie beschreiben.

Die oben angeführte Formel gilt für Tiefpunkte zwischen zwei Wendepunkten. Sie liefert für a ein positives Ergebnis, wenn der Kurvenverlauf im Anstieg nach dem Wendepunkt steiler ist als der Abstieg vor dem Tiefpunkt.

Für Hochpunkte muss eine leicht modifizierte Formel verwendet werden:

$$a = \{[(w_2 + w_1) / 2] - e\} * 100 / (w_2 - w_1)$$

Trennung der übereinander liegenden Kurven

Ein EEG besteht aus mehreren übereinander liegenden Kurven unterschiedlicher Frequenz und Amplitude. Bei der Ermittlung der Frequenzen nach der oben beschriebenen Methode erhält man die oberste Ebene, welche den höchsten ermittelbaren Frequenzen entspricht. Die nächste, darunter liegende Kurve ist langwelliger und enthält niedrigere Frequenzen. Man stelle sich zwei unterschiedliche Frequenzen vor, die durch Addition zu einer Mischkurve verbunden werden. Legt man genau durch die Wendepunkte – welche durch unser Verfahren ermittelt werden – eine neue Kurve, dann entspricht diese neue Kurve exakt dem Verlauf der niedrigeren der beiden Frequenzen.

Wird nun für diese neue Kurve wieder die Lage der Wendepunkte errechnet, kann auch deren Frequenz exakt bestimmt werden.

Dieser Vorgang könnte nun bis ins Unendliche fortgesetzt und wiederholt werden. Es ist anzunehmen, dass durch dieses Verfahren nahezu alle durch Addition entstandenen Kurventeile voneinander getrennt werden können. Verloren gehen nur Kurven die sich durch Gegenläufigkeit der Schwingungen gegenseitig auslöschen oder Kurven die exakt die gleiche Amplitude bei geringfügig unterschiedlicher Frequenz haben.

Frequenzwechsel

Wenn einer hohen eine niedrigere Frequenz folgt, liegt ein Frequenzwechsel vor. Dasselbe gilt natürlich auch im umgekehrten Fall. Bei der 25squares-Methode werden alle Ereignisse mit der Eigenschaft „Frequenz bleibt gleich“ in die mittlere Spalte eingetragen ($y=0$). Alle Ereignisse, bei denen die Frequenz zunimmt kommen in die rechten Spalten 4 und 5, je nach Intensität des Ereignisses. Bei einer Intensität $>50\%$ wird die 5. Spalte befüllt. Genauso kommen Ereignisse, bei denen die Frequenz abnimmt in die linken Spalten 1 und 2, wobei wieder die Intensität entscheidend ist.

Vergleichbarkeit von Messungen

Mit den hier beschriebenen Verfahren ist es nun möglich jedes im EEG auftretende Ereignis in eines der 25 Felder einzutragen. Unterschiedlich lange Messungen bedingen aber unterschiedlich starke Befüllungen der 25 Felder. Um auch 2 unterschiedlich lange Messungen miteinander vergleichbar zu machen ist eine Anpassung der in den Feldern liegenden Zahlenwerte notwendig.

Skalierung

Dies wird in der 25squares-Methode durch eine Skalierung auf 100 erreicht. Es wird zunächst das Feld mit den meisten Einträgen gesucht. Erfahrungsgemäß liegt dieses in der mittleren Zeile z.B. in Spalte 2 oder 3.

Sei der Wert m die größte Zahl im 25-Felder-Raster. Mit der nachfolgenden Formel wird ein Wert f ermittelt. Dieser dient als Multiplikationsfaktor um alle Felder auf eine Skala von 0 bis 100 zu skalieren.

$$f = 100 / m$$

Multipliziert man nun alle 25 Felder mit dem Faktor f , dann findet man nur noch Werte zwischen 0 und 100, wobei das Feld mit den meisten Einträgen immer auf 100 reduziert wird eine rote Farbe zugeteilt bekommt und durch das größte Quadrat repräsentiert wird.

Patentanspruch:

Verfahren zur Umwandlung der durch ein EEG gemessenen Hirnströme in eine quadratische Abbildung, bestehend aus fünf mal fünf Quadraten, in die die Kurven nach Kurvensymmetrie und Frequenzwechsel nach Häufigkeit sortiert eingetragen werden und die Häufigkeiten der Messpunkte nach einem vorher bestimmten Raster von Farb- bzw. Grauschattierungen und unterschiedlicher Größe der Quadrate gekennzeichnet sind,

dadurch gekennzeichnet, dass zeilenweise Kurven mit gleicher Symmetrie aufscheinen, wobei in der mittleren Zeile Kurven mit gleicher Anstiegs- und Abstiegsteilheit aufscheinen, die Abstiegsteilheiten in den Zeilen nach oben und die Anstiegsteilheiten in den Zeilen nach unten zunehmen und spaltenweise die Frequenzwechsel aufscheinen, wobei in der mittleren Spalte gleichbleibende Frequenzen aufscheinen und sich die Frequenzwechsel in den Spalten nach links verlangsamen und in den Spalten nach rechts beschleunigen;

weilers umfassend folgende Verfahrensschritte zur Ermittlung der Kurvensymmetrien: Seien w_1 und w_2 die Zeitpunkte des Austretens zweier Wendepunkte und e der Zeitpunkt des Auftretens des zwischen w_1 und w_2 liegenden Extremwertes, dann kann nach folgender Formel eine Zahl a ermittelt werden:

$$a = \{e - [(w_2 + w_1) / 2]\} * 100 / (w_2 - w_1)$$

Für a gilt nun: Ist $a=0$ dann liegt eine symmetrische Kurve vor, A liegt immer zwischen -100 und +100, ist a nicht gleich 0, dann liegt eine asymmetrische Kurve vor, für alle positiven a gilt, dass sie eine gleichartige Asymmetrie beschreiben.

Die oben angeführte Formel gilt für Tiefpunkte zwischen zwei Wendepunkten. Sie liefert für a ein positives Ergebnis, wenn der Kurvenverlauf im Anstieg nach dem Wendepunkt steiler ist als der Abstieg vor dem Tiefpunkt.

Für Hochpunkte muss eine leicht modifizierte Formel verwendet werden;

$$a = \{[(w_2 + w_1) / 2] - e\} * 100 / (w_2 - w_1);$$

und folgende Verfahrensschritte zur Ermittlung der Frequenz:

In der 25squares-Methode wird die Lage der Wendepunkte zur Frequenzermittlung herangezogen.

Seien t_1 , t_2 und t_3 die Zeitpunkte dreier aufeinander folgender Messungen mit den Messwerten w_1 , w_2 und w_3 jeweils z.B. in Millivolt. Nach der folgenden Formel kann dann ein Wert k ermittelt werden, der direkt proportional zur Krümmung der Kurve zum Zeitpunkt t_2 ist.

$$k = w_3 - ((t_3 - t_1) / (t_2 - t_1)) * (w_2 - w_1) + w_1$$

Der Wert von k kann positiv oder negativ sein. Wechselt nun k von positiv nach negativ oder umgekehrt, dann liegt ein Wendepunkt vor. Im Wendepunkt selbst ist eine Krümmung von 0 anzunehmen.:

Tritt mehrmals hintereinander der Wert 0 für k auf, dann handelt es sich um einen geraden Abschnitt des Kurvenverlaufes. Der Wendepunkt $t(w)$ wird genau in der Mitte dieser Folge angenommen.

$$t(w) = (t_1 + t(n)) / 2$$

Wird in einer Folge von Messwerten $w_1..4$ zu den Zeitpunkten $t_1..t_4$ für die Zeiten t_2 eine positive und für die Zeit t_3 eine negative Krümmung ermittelt, dann liegt der Wendepunkt genau zwischen t_2 und t_3 .

Wenn einer hohen eine niedrigere Frequenz folgt, liegt ein Frequenzwechsel vor. Dasselbe gilt natürlich auch im umgekehrten Fall. Bei der 25squares-Methode werden alle Ereignisse mit der Eigenschaft „Frequenz bleibt gleich“ in die mittlere Spalte eingetragen ($y=0$). Alle Ereignisse, bei denen die Frequenz zunimmt kommen in die rechten Spalten 4 und 5, je nach Intensität des Ereignisses. Bei einer Intensität $>50\%$ wird die 5. Spalte befüllt.

0 1 4 1 5

Genauso kommen Ereignisse, bei denen die Frequenz abnimmt in die linken Spalten 1 und 2, wobei wieder die Intensität entscheidend ist;

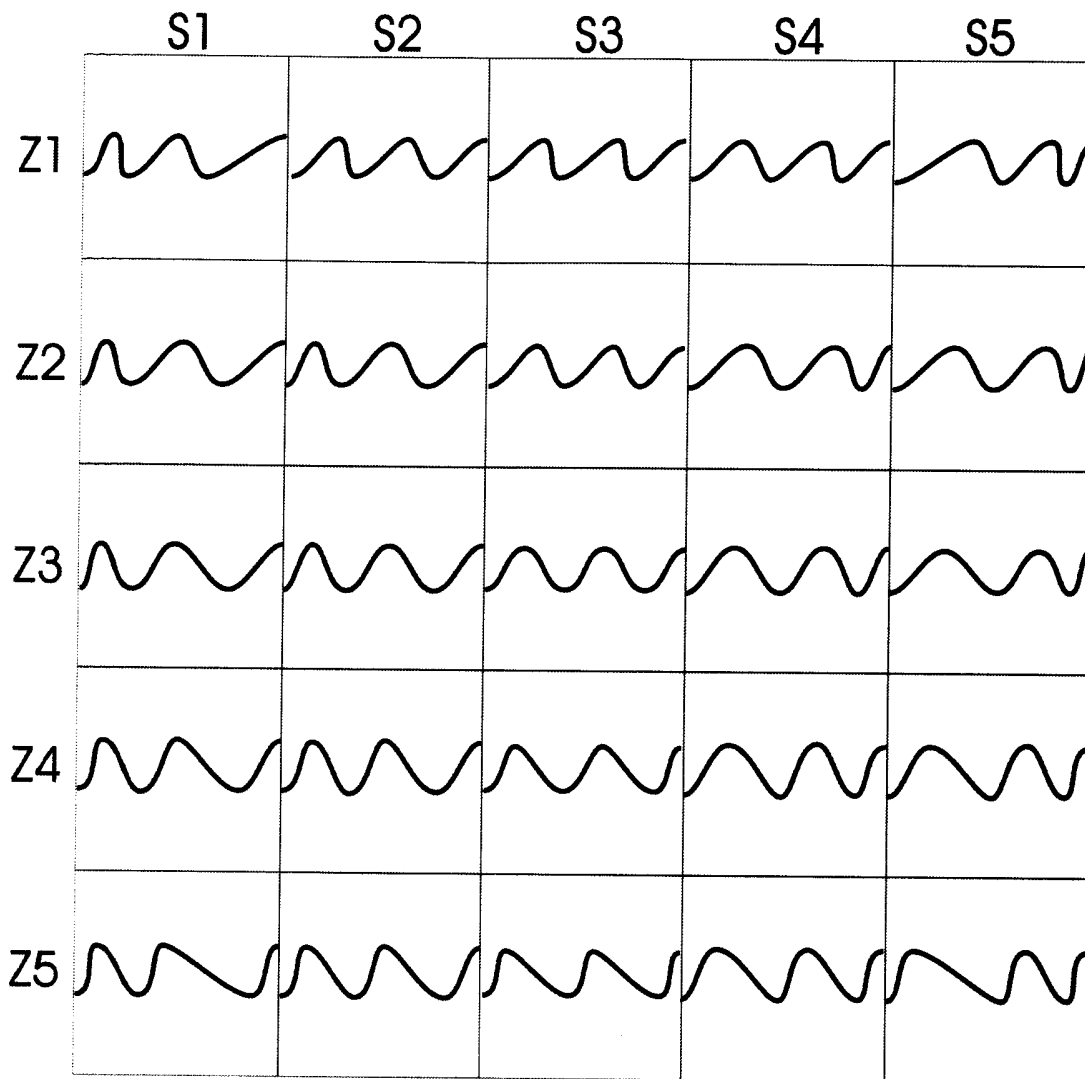
und folgende Verfahrensschritte zur Rasterermittlung:

Sei der Wert m die größte Zahl im 25-Felder-Raster. Mit der nachfolgenden Formel wird ein Wert f ermittelt. Dieser dient als Multiplikationsfaktor um alle Felder auf eine Skala von 0 bis 100 zu skalieren.

$$f = 100 / m$$

Multipliziert man nun alle 25 Felder mit dem Faktor f , dann findet man nur noch Werte zwischen 0 und 100, wobei das Feld mit den meisten Einträgen immer auf 100 reduziert wird, eine rote Farbe bzw. die dunkelste Schattierung aus dem Raster zugeteilt bekommt und durch das größte Quadrat repräsentiert wird. Alle nachfolgenden, kleineren Werte bekommen ein verhältnismäßig kleinere Quadrat und hellere Schattierungen bzw. eine bestimmte Farbe aus dem vorher bestimmten Raster von Farb- bzw. Grauschattierungen zugeteilt.

Fig.1



Zeile 1 (Z1) enthält stark unsymmetrische Kurven. Die Höchstwerte sind relativ zu den Wendepunkten stark nach rechts verschoben. Tiefstwerte liegen dementsprechend weit links.

Zeile 2 (Z2) enthält leicht unsymmetrische Kurven. Die Höchstwerte sind leicht nach rechts verschoben. Das entspricht einem etwas flacherem Anstieg und leicht steilerem Abstieg der Kurven.

Zeile 3 (Z3) enthält symmetrische Kurven. Die Abstände der Extremwerte zu den Wendepunkten ist in etwa gleich.

Zeile 4 (Z4) enthält leicht unsymmetrische Kurven. Die Höchstwerte sind leicht nach links verschoben. Das entspricht einem etwas steilerem Anstieg und flacherem Abstieg der Kurven.

Zeile 5 (Z5) enthält stark unsymmetrische Kurven. Die Höchstwerte sind relativ zu den Wendepunkten stark nach links verschoben. Tiefstwerte liegen dementsprechend weit rechts.

Spalte 1 (S1) hier nimmt die Frequenz stark ab.

Spalte 2 (S2) die Frequenz nimmt leicht ab.

Spalte 3 (S3) die Frequenz bleibt gleich.

Spalte 4 (S4) die Frequenz erhöht sich leicht.

Spalte 5 (S5) starker Wechsel auf höhere Frequenz.

014115

Fig.2

00007240910 karl

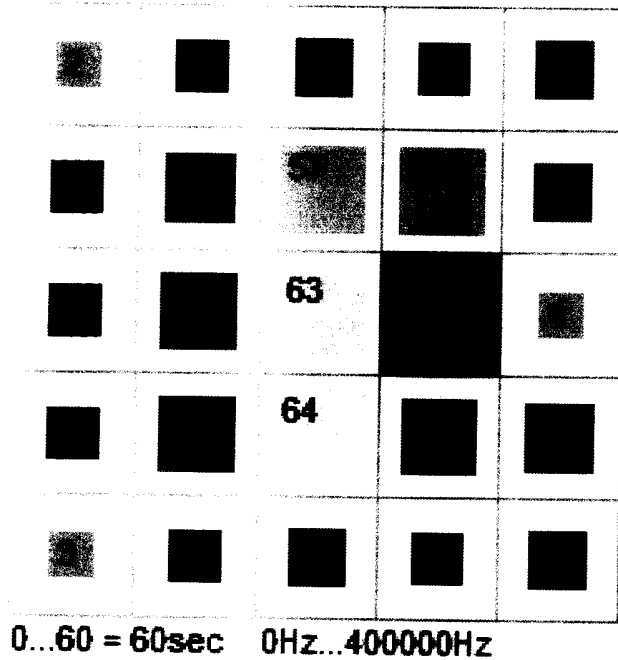
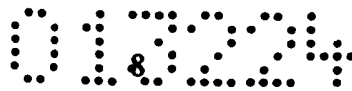


Abbildung der in Fig.1 beschriebenen Ereignisse nach Häufigkeit.
 Je häufiger ein Ereignis stattfindet, desto größer ist das Quadrat und die Zahl im jeweiligen Feld.
 Zusätzlich sind die Felder nach einem Farbspektrum eingefärbt, wobei gleiche Häufungen durch gleiche Farben repräsentiert werden. Als zusätzliche Information findet man den Dateinamen, das beobachtete Zeitintervall und das berücksichtigte Frequenzband.



Patentansprüche

1. Verfahren zur Umwandlung der durch ein EEG gemessenen Hirnströme in eine quadratische Abbildung zur Identifizierung von erregenden und hemmenden elektrischen Potentialen gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- . rechnerische Ermittlung von Zahlenwerten/bereichen für die Analyse von Kurven aus den Messdaten eines EEG's;
- . sortieren der Messwerte nach Kurvenformen;
- . sortieren der Messwerte nach den Geschwindigkeitveränderungen (Frequenzveränderungen) zwischen den aufeinanderfolgenden Kurven;
- . erstellen einer quadratischen Matrix mit mehreren Zeilen und ebenso vielen Spalten, vorzugsweise mit je fünf Zeilen und Spalten;
- . eintragen der Zahlenwerte in die Matrix.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Zahlenwerte/bereiche zur Symmetrie und Asymmetrie von Kurven ermittelt werden, wobei eine Kurve dann als symmetrisch gilt, wenn ein Extremwert genau in der Mitte zwischen zwei Wendepunkten liegt und als asymmetrisch bewertet wird, wenn der Extremwert nicht genau in der Mitte zwischen zwei Wendepunkten liegt, wobei die Anstiegssteilheit der Kurve größer als die Abtiefssteilheit ist, wenn der linke Wendepunkt näher beim Extremwert liegt und die Abtiefssteilheit der Kurve größer ist, wenn der rechte Wendepunkt näher beim Extremwert liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Zahlenwerte/bereiche zur Ermittlung von Geschwindigkeitsveränderungen (Frequenzwechsel) zwischen den aufeinanderfolgenden Kurven ermittelt werden, wobei eine Geschwindigkeitsveränderung (ein Frequenzwechsel) dann vorliegt, wenn sich der Abstand zwischen den Kurven verändert.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in die Zeilen Kurven mit gleicher Symmetrie lt. Anspruch 2 eingetragen werden und in die Spalten, Kurven zwischen denen gleiche Geschwindigkeitsveränderungen (Frequenzwechsel) lt. Anspruch 3 auftreten, eingetragen werden.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 4, dadurch gekennzeichnet, dass in der mittleren Zeile Kurven eingetragen werden, die lt. Anspruch 2. symmetrisch sind, in den darüber liegenden Zeilen Kurven mit zunehmender Abtiefssteilheit und in den darunter liegenden Zeilen Kurven mit zunehmender Anstiegssteilheit eingetragen werden.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass in der mittleren Spalte Kurven, zwischen denen lt. Anspruch 3 keine Geschwindigkeitsveränderung (Frequenzwechsel) auftritt, in den Spalten nach links, Kurven mit größer werdendem Abstand zwischen den Kurven und in den Spalten nach rechts, Kurven mit kleiner werdendem Abstand zwischen den Kurven, eingetragen werden.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass den Zahlenwerten/bereichen Farb- bzw. Grauschattierungen, unterschiedliche Quadratgrößen und Zahlen von 1 bis 100 zur Kennzeichnung der unterschiedlichen Ereignismengen zugeordnet werden.

NACHGEREICHT



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : A61B 5/0476 (2006.01); G06K 9/00 (2006.01); G06T 11/20 (2006.01)
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: A61B 5/0476 , G06K 9/00M2P , G06T 11/20T
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): A61B , G06K , G06T
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC , WPI , X-FULL
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 3. Dezember 2008 eingereichten Ansprüchen 1-7 erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	AT 502014 B1 (HOFFMANN) 15. Jänner 2007 (15.01.2007) <i>Ganzes Dokument</i> --	1-7
A	RU 2029492 C1 (BRIKENSHTJEJN) 27. Februar 1995 (27.02.1995) <i>Zusammenfassung</i> --	1-7
A	WO 2002/064024 A2 (JORDAN NEUROSCIENCE) 22. August 2002 (22.08.2002) <i>Zusammenfassung, Ansprüche</i> --	1-7
A	US 5816247 A (MAYNARD) 6. Oktober 1998 (06.10.1998) <i>Spalte 1,2</i> ---	1-7

Datum der Beendigung der Recherche: 19. März 2009	☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt	Prüfer(in): Dipl.-Ing. KÖNIG
---	---	--

¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.		A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.
--	--	--