

1. EINLEITUNG

Die Berechnung einer Matrix von kreuzspektralen Funktionen ist eine verbreitete Methode für die Analyse eines EEG-Datenvektors. Falls wir die Annahme machen, dass die zugehörigen stochastischen Prozesse gemeinsam Gauss'sche Prozesse sind, schätzen diese Funktionen die gesamte probabilistische Struktur des Vektor-Prozesses. Diese Annahme ist für viele EEG-Muster nicht erfüllt (1), und die Klassifikation mittels Kreuzspektra ist nicht erschöpfend. Assoziiert mit diesem Problem ist die Frage, ob nur lineare Generations- und Uebertragungsmechanismen tätig sind (2).

2. UEBERSICHT UEBER DIE METHODEN

Die gewöhnliche Spektralanalyse ist eine orthogonale Zerlegung der uni- und bivariaten 2. Kumulanten (passend normierte Momente). Abweichungen von Gaussprozessen schlagen sich in Kumulanten höherer Ordnung nieder; ihre orthogonalen Zerlegungen führen zu Polyspektren, wobei das Bi- und Trispektrum (Zerlegung der 3. und 4. Kumulante) von praktischem Interesse sind. Physikalisch ist z.B. das Bispektrum - eine Funktion von zwei Frequenzen - ein Mass für die Phasenkopplung zwischen diesen beiden Frequenzen und ihrer Summe. Bi- und Trispektra liefern eine sehr vollständige Information über die Existenz und die Art einer Abweichung von einem Gauss-Prozess; andererseits sind die Probleme und der Rechenaufwand beträchtlich. Auf der Suche nach einfacheren statistischen Grössen wurden von uns untersucht:

1. Test auf Normalität der Amplitudenverteilung mittels Schiefe und Excess (3)
2. Kreuzspektra zwischen X_1^2 und X_j, X_1^3

und X_j ($i, j = 1, 2$); X_i, X_j = EEG-Zeitreihen
 3. Auswertung von Bi- und Trispektra nur auf der Diagonale

4. Komplexe Demodulation

Die Methode (1) ist für Zeitreihen ein relativ grober Indikator; amplituden- asymmetrische Rhythmen, wie z.B. der "slow posterior rhythm" konnten aber mittels der Schiefe identifiziert werden. Der zweite Vorschlag ist einfach zu implementieren und war in den bisherigen Anwendungen erfolgreich (Intensität harmonischer Komponente im Beta-Band). Für den Nachweis von Subharmonischen der Ordnung $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ oder Supraharmonischen der Ordnung 2 oder 3 erspart die dritte Methode, Rechenzeit und graphischen Aufwand. Die komplexe Demodulation kann als ein heuristischer Test auf Phasenkopplung verwendet werden, ihr Hauptanwendungsgebiet bleibt die Entdeckung bandspezifischer Transienz (4).

3. BEISPIEL: DISKUSSION EINES EXPERIMENTES

Analysiert wird das EEG eines weiblichen erwachsenen Probanden, dessen visuelles System mit Lichtblitzstimuli (Flicker) von 5-40 Hz angeregt wurde. Die parieto-occipitale Spontanaktivität wies einen Alpha-Gipfel von 8,5 Hz auf. Das herausgegriffene 40 sec Stück entspricht einer Flicker-Frequenz von 16.88 Hz auf, ca. das Doppelte der spontanen Alpha-Aktivität. Bei linearer Uebertragung würden die spektralen Gipfel des EEG qualitativ mit denen des Flickers übereinstimmen. Abb. 2 zeigt, dass im EEG zusätzliche starke Gipfel bei $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{2}$ der Anregungsfrequenz, schwache Gipfel bei $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ der Anregungsfrequenz generiert wurden (man beachte ihre Breite). Der Gipfel bei ca. 8,5 Hz könnte