

Steuer, Dunja; Natchkova, Vessela; Grießbach, Gert:

## Möglichkeiten einer dynamischen Spektralanalyse auf der Basis adaptiv rekursiver Schätzungen

---

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <i>Zuerst erschienen in:</i>  | Biomedizinische Technik = Biomedical Engineering. - Berlin [u.a.] : de Gruyter. - 46 (2001), S1, S. 320-321.<br>Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik (DGBM) im VDE ; 35 (Bochum) : 2001.09.19-21 |
| <i>Erstveröffentlichung:</i>  | 2001  |
| <i>Datum Digitalisierung:</i> | 2009-08-06  |
| <i>ISSN (online):</i>         | 1862-278X   |
| <i>ISSN(print)</i>            | 0013-5585   |
| <i>DOI:</i>                   | <a href="https://doi.org/10.1515/bmte.2001.46.s1.320">10.1515/bmte.2001.46.s1.320</a>   |
| <i>[Zuletzt gesehen:</i>      | 2019-12-06]   |

„Im Rahmen der hochschulweiten Open-Access-Strategie für die Zweitveröffentlichung identifiziert durch die Universitätsbibliothek Ilmenau.“

“Within the academic Open Access Strategy identified for deposition by Ilmenau University Library.”

„Dieser Beitrag ist mit Zustimmung des Rechteinhabers aufgrund einer (DFG-geförderten) Allianz- bzw. Nationallizenz frei zugänglich.“

„This publication is with permission of the rights owner freely accessible due to an Alliance licence and a national licence (funded by the DFG, German Research Foundation) respectively.“



# MÖGLICHKEITEN EINER DYNAMISCHEN SPEKTRALANALYSE AUF DER BASIS ADAPTIV REKURSIVER SCHÄTZUNGEN

D. Steuer, V. Natchkova, G. Griebbach

Institut f. Biomedizinische Technik und Informatik, Technische Univ. Ilmenau, Deutschland

Dunja.Steuer@informatik.tu-ilmenau.de

## EINLEITUNG

Es gilt als gesichert, dass spektrale Kenngrößen von hohem diagnostischen Interesse in der Biosignalanalyse sind. Immer mehr steht dabei die Forderung im Vordergrund, ausgewählte spektrale Parameter in ihrem zeitlichen Verlauf zu beobachten, um Änderungen im Signalverhalten detektieren zu können. Rekursive Schätzmethoden können dabei zu einem effektiven Beschreibungsmittel werden. Die bereits vielfach zur Anwendung gekommenen Parameterschätzungen auf der Grundlage adaptiv rekursiver Schätzungen erscheinen auf Grund ihrer Struktur geeignet, auch spektrale Kenngrößen mit entsprechender zeitlicher und spektraler Auflösung erfassen zu können. Im Rahmen eines Verbundprojektes zur Entwicklung und Anwendung komplexer adaptiv rekursiver Schätzungen in der medizinischen und technischen Diagnose werden insbesondere Methoden zur dynamischen Spektralanalyse untersucht. Am Beispiel der EEG-Analyse werden Möglichkeiten der Gewinnung ausgewählter Parameter für das spektrale Monitoring dargestellt.

## MATERIALIEN UND METHODEN

In der EEG-Analyse spielt insbesondere die Beobachtung der Entwicklung spektraler Bandleistungen eine wesentliche Rolle. Bereits in [1] wurde gezeigt, dass sich auf der Basis einer adaptiven Korrelationsberechnung nach folgender Gleichung

$$K^c(X, Y) = [M^c(X \otimes L_0(Y)), \dots, M^c(X \otimes L_n(Y))] \quad (1)$$

und Anwendung der Wiener-Chintschin-Beziehung eine Möglichkeit der dynamischen Spektralanalyse ergibt. Somit kann über

$$P_{yy}(k) := F_{K^c(X, Y)}(k) = \frac{1}{N} \sum_{\tau=0}^{N-1-k} K^c(X, Y)(\tau) \cdot e^{-j2\pi k \tau / N} \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (2)$$

und  $X=Y$  die Entwicklung der spektralen Leistungsanteile eines Signals, z.B. eines EEG-Kanals über die Zeit beobachtet werden. Die Frequenzauflösung der Schätzung ist dabei abhängig von der

Korrelationstiefe. Ist man nur am Verlauf der spektralen Bandleistung interessiert, erreicht man durch Verringerung der Korrelationstiefe eine Verschlechterung der spektralen Auflösung. Da sich auf den einzelnen spektralen Anteilen additiv die Frequenzkomponenten des entsprechenden Bandes abbilden, kann eine solche Schätzung für qualitative Aussagen der spektralen Bandleistungen herangezogen werden. Es ergibt sich der Vorteil einer schnelleren Berechenbarkeit, was im Monitoring als sinnvoll anzusehen ist. Auf der anderen Seite darf die spektrale Auflösung nicht zu grob gewählt werden, da dann durch Auftreten des Picket-Fence-Effekts ein zu starkes Übersprechen auf benachbarte Bänder stattfindet.

Eine zweite Möglichkeit der Schätzung spektraler Bandleistungen wird in [2] untersucht. Falls ein bandbegrenztes (gefiltertes) EEG-Signal  $X$  vorliegt, kann zur Leistungsschätzung eine adaptive Schätzung des zweiten statistischen Moments  $E^c(X)$  eingesetzt werden. Voraussetzung dazu ist also das Herausfiltern interessierender Frequenzbänder aus einem EEG-Signal. Ein Ansatz, diese Filterung ebenfalls adaptiv rekursiv zu realisieren, liegt in der Anwendung des adaptiven Mittelwertes

$$M_0^c = m_0 \quad (\text{Startwert}) \quad (3)$$

$$M_{n+1}^c = M_n^c + c \cdot (x_{n+1}^c - M_n^c).$$

Dieser stellt einen rekursiven Tiefpass dar. Wird nun vom Signal das gefilterte Signal abgezogen, ist das entstehende Signal hochpassgefiltert. Vorstellbar ist dann eine Zerlegung des Signals in folgender Art und Weise:

$$T_1 = M^c(X) \rightarrow Y_1$$

$$T_2 = M^c(X - T_1) \rightarrow Y_2$$

$$T_3 = M^c(X - T_1 - T_2) \rightarrow Y_3 \quad (4)$$

$$R = X - T_1 - T_2 - T_3 \rightarrow Y_4$$

Über die Anwendung des 2. statistischen Moments können daraus entsprechende Leistungsanteile, d.h. Bandleistungen geschätzt werden.

## ERGEBNISSE

Im folgenden wird an einem EEG-Kanal aus einer 16-kanaligen Ableitung mit  $f_s = 128\text{Hz}$  der Einfluss der

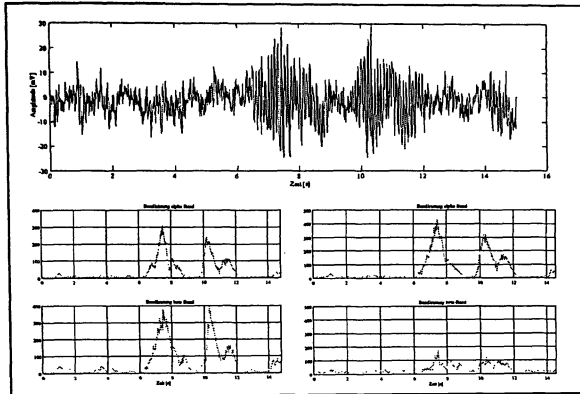


Abbildung 1:

Korrelationstiefe auf die Bandleistungsschätzung demonstriert. Gezeigt wird in Abb.1 der Kanal O2 bei Wechsel von offenen zu geschlossenen Augen bei einem gesunden Probanden (10-20-System). Überwacht werden die Bandleistungen im  $\alpha$ - (8-12 Hz) und  $\beta$ -Band (13-20 Hz). Im linken Teil der Abbildung wird der dynamische Verlauf der Bandleistungen für eine Korrelationstiefe von 32, d.h. für eine Frequenzauflösung von 4 Hz abgebildet. Es ist deutlich das Übergreifen der alpha-Leistung in die beta-Leistung zu beobachten, die in dieser Form nicht korrekt ist. Erhöht man die Korrelationstiefe auf 64, d.h. beträgt die Frequenzauflösung 2 Hz, ist wesentlich besser das Verhältnis von alpha- und beta-Anteilen repräsentiert. Die dominanten alpha-Anteile werden durch das Auftreten des Picket-Fence-Effektes bei zu niedriger Korrelationstiefe quantitativ zu niedrig bewertet. Dieser Effekt lässt sich nur durch Erhöhung der Analysedauer reduzieren, was aber zu einer Erhöhung der Rechenzeit führt. Hier muss entsprechend eine Kompromisslösung gefunden werden.

Ähnliches Verhalten kann man bei Anwendung der Berechnung der Spektralbandleistungen auf der Basis bandpassgefilterter Signale beobachten. Der Einsatz eines adaptiven Mittelwertes bzw. zur Erhöhung der Flankensteilheit des Filters eine adaptive Trend-schätzung können nur für niederfrequente Anteile eine gute Trennung der EEG-Bänder realisieren. Bei Beobachtung der Entwicklung der alpha-Leistung im Beispiel nach Abb.1 kann eine dominante Leistungsverschiebung nur für das beta1-Band festgestellt werden. Die Ursachen liegen hier in der nicht optimalen Filtercharakteristik des adaptiven Mittelwertes (bzw. Trends) in Bezug auf die Flankensteilheit. Das bandpassgefilterte Restsignal nach GL4 überdeckt sowohl theta-, alpha- und beta-band, so dass die gewünschte Trennung der Bänder durch diese Filterung nicht umgesetzt werden kann.

#### DISKUSSION:

Die Anwendung der Korrelationsmethode zur Schätzung der spektralen Bandleistungen bzw. daraus abgeleiteter Parameter ist ein effektiver Weg zur dynamischen Spektralanalyse. Unter Berücksichtigung möglicher Bandverschmierungen durch Fehler, wie z.B. Picket-Fence, ergeben sich Grenzen in der Reduktion des Rechenaufwandes. Die erreichte Stufe scheint aber geeignet, qualitative Aussagen zur Leistungs-entwicklung bzw. -verschiebung zu treffen, wie es z.B. bei der Untersuchung von Schlafstadien, der Beurteilung der Narkosetiefe [3] oder auch der Untersuchung kognitiver Prozesse [1] von Interesse ist. Die Abschätzung der Bandleistungen über adaptive Mittelwertfilter stößt durch die Charakteristik des Filters an Grenzen. Das Filterverhalten ist nicht optimal für die verhältnismäßig engen Bandgrenzen, so dass sich hier andere rekursive Filter höherer Ordnung als effektiver erweisen könnten. Grundsätzlich scheint aber auch diese Methodik für bestimmte Aufgabenstellungen durchaus geeignet.

Gefördert durch das Thüringer Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst "Projekt ATISA". B609-00011.

#### LITERATURHINWEISE

- [1] D. Steuer, G. Griebach, "Möglichkeiten der Anwendung einer adaptiv rekursiven Korrelationsschätzung in der Biosignalanalyse" *Biomed. Technik* 45, Ergänzungsband 1: 196-197, 2000.
- [2] V. Natchkova, D. Steuer, G. Griebach, "Zur adaptiven Berechnung der Leistung in den 4 grundlegenden EEG-Spektralbändern." Forschungsbericht MI-2102/2001, TU Ilmenau, 2001.
- [3] M. Stöhr, W. Wagner, K. Pfadenhauer, K. Scheglmann, *Neuromonitoring*. Steinkopff, Darmstadt, 1999.