

Verteilung ordinaler Muster in EEG-Daten

Keller K, Sinn M

Institut für Mathematik, Universität zu Lübeck, Deutschland
keller@math.uni-luebeck.de

Einleitung und Fragestellung Die ordinale Zeitreihenanalyse [1,2,4,5] ist ein neuer viel versprechender Zugang zur qualitativen Untersuchung langer und komplexer Zeitreihen. Die Idee dahinter besteht darin, anstelle der Werte einer Zeitreihe die Ordnungsrelation zwischen den Werten zu betrachten. Grob gesprochen wird also nur noch das Auf und Ab in einer Zeitreihe betrachtet und die ursprüngliche Amplitudeninformation vernachlässigt. Dieses Verfahren ist robust gegenüber Rauschen und kann mittels schneller Algorithmen realisiert werden. Hier soll untersucht werden, inwieweit die Idee der ordinalen Zeitreihenanalyse für die automatische Detektion, Analyse und Klassifikation epileptischer Aktivität genutzt werden kann.

Methoden und Daten Der Ansatz der ordinalen Zeitreihenanalyse geht zurück auf Bandt und Pompe [2]. In einer gegebenen Zeitreihe werden *ordinale Muster* betrachtet, die zu jedem Zeitpunkt die Ordnungsrelationen zwischen dem aktuellen Wert und einer festen Anzahl äquidistanter Werte in der Vergangenheit beschreiben. Die Anzahl der jeweils in der Vergangenheit betrachteten Werte wird als *Ordnung* bezeichnet, die Distanz zwischen ihnen als *Delay*. Diese Parameter sind "verstellbar" und liefern ordinale Information unterschiedlicher Tiefe und auf unterschiedlichen Skalen (siehe [4]). Eine Möglichkeit der Nutzung dieser ordinalen Information sind die Analyse und der Vergleich von *Verteilungen ordinaler Muster* in Zeitreihen bzw. in Teilen von Zeitreihen. Auf der Basis ordinaler Musterverteilungen führen Bandt und Pompe [2] die *Permutationsentropie* als ein Maß für die Komplexität von Zeitreihen ein. Neben diesem auch theoretisch fundamentierten Ansatz (siehe [3]) werden in [5] einfache *ordinale Maßzahlen* betrachtet, die ein interessantes weiter zu diskutierendes Potenzial für die "ordinale" Modellierung von Zeitreihen haben.

Hier wird der Schwerpunkt auf die Visualisierung und die Clusterung von ordinalen Musterverteilungen gelegt. Hintergrund der Visualisierung ist eine geeignete Kodierung ordinaler Muster. Bei der Clusterung geht es insbesondere darum, Abschnitte von EEG's nach der Ähnlichkeit ihrer ordinalen Musterverteilung zu klassifizieren. Die Methoden werden zur explorativen Analyse und Klassifikation verschiedener EEG-Daten mit Fokus auf epileptische Aktivität angewendet. Im Zentrum der Diskussion stehen verschiedene Clustermethoden und Abstandsbegriffe für ordinale Musterverteilungen unter Berücksichtigung von Ordnung und Delay.

Ergebnisse und Diskussion Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass die Betrachtung von ordinalen Musterverteilungen sehr gute Möglichkeiten liefert, Einsichten in insbesondere hochdimensionale und umfangreiche EEG-Daten zu gewinnen. Besonders die betrachteten Clustermethoden erlauben eine übersichtliche gleichzeitige Visualisierung markanter Strukturen in den verschiedenen parallelen Komponenten eines oder mehrerer EEG's. Teilweise zeigt sich, dass sich mit bestimmten epileptischen Anfällen assoziierte Cluster in sehr differenzierter Weise auch über andere EEG-Teile ausdehnen. Das könnte interessante Indikatoren für epileptische Aktivität liefern. Die betrachteten Methoden scheinen für eine Top-Down-Analyse umfangreicher EEG-Daten gut geeignet zu sein. Um ihr Potenzial voll auszuschöpfen zu können, müssen sie selbstverständlich mit anderen Analysemethoden kombiniert werden.

Literatur

- [1] Bandt C, Ordinal time series analysis, Ecological modelling 182 (2005), 229-238.
- [2] Bandt C, Pompe B, Permutation entropy: A natural complexity measure for time series, Phys. Rev. Lett. 88 (2002), 174102.
- [3] Bandt C, Keller G, Pompe B, Entropy of interval maps via permutations, Nonlinearity 15 (2002), 1595-1602.
- [4] Keller K, Lauffer H, Symbolic analysis of high-dimensional time series, Int. J. Bifurcation Chaos 13 (2003), 2657-2668.
- [5] Keller K, Lauffer H, Sinn M, Ordinal analysis of EEG time series, Lübeck 2005, erscheint in Chaos and Complexity Letters.