

1 Einleitung und Problemstellung

In der Kognitionspsychologie werden zur Untersuchung von Wahrnehmung, Denken und Handeln traditionell Selbstberichts- und Verhaltensdaten erhoben. Ergänzend hierzu werden Informationen genutzt, die durch den parallelen Einsatz nichtinvasiver biomedizinischer Messverfahren gewonnen werden. Eine vergleichsweise lange Tradition besitzen Untersuchungen unter Verwendung der Elektroenzephalographie (EEG). Dieses Verfahren gestattet es, Prozesse der biologischen Informationsverarbeitung im Gehirn mit einer sehr hohen zeitlichen Auflösung abzubilden.

In dem Maße, in dem sich im Verlauf der letzten Jahre in der Hirnforschung immer deutlicher die grundlegende Bedeutung zeitlich synchronisierter oszillatorischer neuronaler Aktivität für die neurobiologische Informationsverarbeitung abzeichnete, ist auch in der Kognitionspsychologie ein stark zunehmendes Interesse an der Untersuchung oszillatorischer EEG-Aktivität festzustellen.

Für die Analyse periodischer Signalstrukturen ist es oft von Vorteil, die Signale statt im Zeitbereich im Frequenzbereich zu betrachten. Handelt es sich um Signale, deren Frequenzstruktur zeitlichen Änderungen unterliegt, wie dies beim EEG der Fall ist, werden mathematische Methoden benötigt, die das Zeitsignal in eine so genannte Zeit-Frequenz-Darstellung überführen. Gegenwärtig kommen hierfür im Wesentlichen zwei Verfahren zum Einsatz, die Kurzzeit-Fourier-Transformation (STFT) bei Untersuchungen langsamer Frequenzen bis etwa 20 Hz und die Wavelet-Transformation (WT) bei Analysen schneller Beta- und Gamma-Oszillationen, wobei diese Zweiteilung aus den mathematischen Unterschieden der Verfahren resultiert. Beide Verfahren unterscheiden sich in Hinblick auf die praktische Anwendung hauptsächlich darin, dass bei der WT automatisch eine Anpassung des Verhältnisses von zeitlicher zu spektraler Auflösung an die jeweils betrachtete Frequenz erfolgt, während bei der STFT alle Frequenzen mit einem konstanten Auflösungsverhältnis analysiert werden.

Die Notwendigkeit, zwei unterschiedliche Transformationsverfahren anwenden zu müssen, ist aus mehreren Gründen unbefriedigend. Zum einen werden hierdurch Analysen über verschiedene Frequenzbereiche hinweg erschwert, wie sie z. B. bei der Untersuchung von Interaktionen langsamer und schneller Frequenzen erforderlich sind. Zum anderen wäre gerade im langsamen Frequenzbereich die Möglichkeit einer frequenzangepassten Signalanalyse von Vorteil, da hier aufgrund der inversen Beziehung zwischen Frequenz und Periodendauer bereits kleine Änderungen eines Frequenzwertes mit großen Änderungen der Periodendauer einhergehen. So ist z. B. der Übergang von 4 zu 8 Hz mit einer Halbierung

der Periodendauer verbunden, während beispielsweise bei 20 Hz ein Übergang zu 40 Hz erforderlich wäre.

In dieser Arbeit wird die S-Transformation (ST) als ein sehr flexibles Verfahren zur Durchführung hochaufgelöster Zeit-Frequenz-Analysen von EEG-Signalen vorgestellt. Die ST vereint die Vorteile der STFT und der WT und ermöglicht es somit, Frequenzanalysen unter Verwendung frequenzangepasster Analysefenster über den gesamten Frequenzbereich mit einem einzigen Verfahren durchzuführen.

Im Kapitel 2 werden zunächst die elektrophysiologischen Grundlagen der EEG-Signalentstehung sowie die in dieser Arbeit verwendeten EEG-Indikatoren aus funktioneller wie methodischer Sicht beschrieben.

Daran anschließend folgt eine ausführliche Darstellung von STFT, WT und ST. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Beschreibung der Eigenschaften der ST und dem Aufzeigen von Gemeinsamkeiten und Unterschieden dieser drei Verfahren.

Für die Auswertung von EEG-Daten mittels ST wurden Softwaretools entwickelt, die es auch Anwendern ohne tiefer gehende Erfahrungen bei der Analyse von EEG-Signalen ermöglichen, sehr einfach und effizient vielfältige Zeit-Frequenz-Analysen durchzuführen. Die Entwicklung der Tools erfolgte u. a. vor dem Hintergrund, dass bei Beginn dieser Arbeit kaum Softwarelösungen existierten, die auf die speziellen Anforderungen bei der Auswertung von EEG-Daten mittels Zeit-Frequenz-Analyseverfahren zugeschnitten waren. Im Kapitel 4 werden diese Softwaretools kurz vorgestellt.

Die Anwendung der ST und der Softwaretools auf EEG-Daten aus kognitionspsychologischen Untersuchungen wird in den beiden anschließenden Kapiteln demonstriert. In Empirie I wird die Verwendung der ST als STFT mit konstanten Analysefenstern anhand der Daten aus einem Wahlreaktionsexperiment beschrieben. In Empirie II werden insbesondere Aspekte bei Verwendung der ST als „WT“ mit frequenzangepassten Fenstern anhand der Daten aus einem visuellen Novelty-Oddball-Experiment beleuchtet.

Ein abschließendes Resümee wird in Kapitel 7 gezogen.