

## 7 Resümee

Das zentrale Ziel dieser Arbeit war es, die S-Transformation als ein sehr flexibles und effizientes Zeit-Frequenz-Analyseverfahren zur Auswertung von EEG-Daten aus kognitionspsychologischen Untersuchungen vorzustellen und in der Anwendung auf empirische Daten zu testen.

Im theoretischen Teil wurden ausführlich Prinzipien und Konzepte der Kurzzeit-Fourier-Transformation (STFT), der Wavelet-Transformation (WT) und der S-Transformation (ST) vorgestellt sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieser Verfahren diskutiert. Die wichtigsten Punkte lassen sich dabei wie folgt zusammenfassen:

- Die ST kann sowohl die STFT als auch jede WT, die auf gefensterten harmonischen Funktionen basiert, nachbilden.
- Die ST unterliegt nicht den Einschränkungen, die sich aus der Zulässigkeitsbedingung für die WT ergeben. Sie ist somit ohne Einschränkungen in Bezug auf die Wahl der Fensterfaktoren im gesamten Frequenzbereich einsetzbar.
- Die ST liefert eine auf den Beginn des Datensegments referenzierte Phaseninformation.

Für die Anwendung der S-Transformation auf EEG-Daten wurden Softwaretools programmiert, mit deren Hilfe die vielseitige Verwendbarkeit des Verfahrens zur Nachbildung der STFT wie auch der WT unter Verwendung des komplexen Morlet-Wavelets anhand empirischer Daten aus zwei EEG-Untersuchungen gezeigt werden konnte. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Analysen unter Verwendung der ST direkt mit entsprechenden Analysen unter Verwendung der STFT bzw. der WT mit komplexem Morlet-Wavelet verglichen werden können. Zusammenfassend ist somit festzustellen, dass mit der ST ein Verfahren zur Verfügung steht, das die Vorteile von STFT und WT vereint und zeitaufgelöste Frequenzanalysen unter Verwendung frequenzangepasster Analysefenster und über den gesamten Frequenzbereich hinweg mit einem einzigen Verfahren ermöglicht. Die Vorteile, z. B. für die Vergleichbarkeit von Studien, sind offensichtlich. Der Einsatz dieses universellen Verfahrens scheint daher überaus sinnvoll und ist in der Regel den anderen beiden Verfahren vorzuziehen.

In Bezug auf Fragen der praktischen Anwendung der ST hat sich gezeigt, dass die Wahl des Analysefensters (Hann, Hamming, Gauß/Morlet) im langsamen Frequenzbereich nur eine untergeordnete Rolle spielt. Im schnellen Frequenzbereich ist das Gauß-Fenster aufgrund der besseren Seitenbanddämpfung vorzuziehen, so dass in Hinblick auf Analysen über den gesamten Frequenzbereich generell ein Gauß-Fenster verwendet werden sollte. In Bezug auf die Wahl des Fensterfaktors bzw. der Fensterlänge hat sich gezeigt, dass diese Wahl einen entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse der ST hat. Da aus mathematischer Sicht alle aufgrund unterschiedlicher Parameter berechneten Zeit-Frequenz-Darstellungen äquivalente Möglichkeiten der Signalbeschreibung darstellen, ist die Wahl geeigneter Analyseparameter nicht aufgrund mathematischer Kriterien, sondern in erster Linie vor dem Hintergrund neurophysiologischer Erkenntnisse zu treffen. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass insbesondere die Befunde aus explorativen Analysen auf jeden Fall durch die Variation der Analyseparameter auf ihre Stabilität geprüft werden sollten.

Aufgrund der Eigenschaften der ST und der daraus resultierenden Flexibilität ist eine Anwendung des Verfahrens in vielen weiteren Bereiche vorstellbar. So bietet die ST aufgrund der absoluten Referenzierung der Phaseninformation auf den Beginn eines Datensegments die Möglichkeit, zusätzlich zu den Amplitudeninformationen auch Phasenverläufe direkt zu beobachten und auszuwerten. Solche Analysen könnten wertvolle zusätzliche Informationen bei der Untersuchung funktioneller Interaktionen zwischen Frequenzbändern liefern (Fell et al., 2003; Gruber, 2004; Klimesch et al., 2004). Im Vorfeld müsste allerdings zunächst geklärt werden, inwiefern sich die in dieser Arbeit beobachteten Variationen bei Änderung der Fensterparameter in den Ergebnissen entsprechender Phasenanalysen niederschlagen.

Weiterhin bietet sich die ST zur Untersuchung von Fragestellungen an, in denen länger andauernde kognitive Prozesse zu analysieren sind. Im Gegensatz zur EKP-Methode, deren Anwendung nur in einem kurzen Zeitfenster von etwa 1 s Dauer mit Bezug auf einen Reiz oder eine Reaktion sinnvoll ist, liefern Frequenzanalysen auch über diesen Zeitraum hinaus aussagekräftige Ergebnisse. Aufgrund der Möglichkeit, gezielt Frequenzen bzw. Frequenzbänder für die Berechnungen auswählen zu können, sind mit Hilfe der ST auch Untersuchungen längerer Zeitabschnitte mit vergleichsweise geringem Rechenaufwand und Speicherbedarf durchführbar. Eine solche Analyse wurde bereits im Rahmen einer explorativen EEG-Untersuchung zur mentalen Simulation von Handlungsabläufen erfolgreich durchgeführt (Möller, 2004; Tamm et al., 2004).