

# Zusammenfassung der Dissertation „Speed in early visual processing“

Dipl.Psych. Ingo Fründ

## Zusammenfassung

Das visuelle System des Menschen zeichnet sich durch eine Kombination von Eigenschaften aus, die in dieser Form bisher von keinem technischen System erreicht werden: Geschwindigkeit und Genauigkeit. Klassische Theorien zur Funktionsweise des visuellen Systems versuchen diese Leistungen vor allem durch die Anzahl der Aktionspotentiale pro Zeit, die sogenannte Spikerate, zu erklären. In jüngerer Zeit wurde allerdings vermehrt vorgeschlagen, neben der Spikerate auch die zeitlichen Relationen von Aktionspotentialen als Träger von Information in Betracht zu ziehen. Insbesondere die Geschwindigkeit der Verarbeitung könnte dadurch möglicherweise besser erklärt werden. Um jedoch zeitliche Relationen von Aktionspotentialen sinnvoll beurteilen zu können, ist ein zeitlich regelmäßig variierendes Referenzsignal notwendig. Es wurde vermutet, dass verteilte Oszillationen, wie sie mit dem Elektroenzephalogramm gemessen werden können, eine solche Funktion haben könnten. Die vorliegende Arbeit untersucht, wie plausibel diese Vermutung für hochfrequente Anteile des elektroenzephalographischen Signals ist.

Dazu wurde zunächst untersucht, wie stabil derartige Oszillationen über die Zeit sind. Nur wenn oszillatorische Reizantworten auch über längere Zeit ähnliche Charakteristiken zeigen, können diese Oszillationen eine zuverlässige Referenz für solche neuronalen Kodierungen bieten, die auf zeitlichen Relationen von Aktionspotentialen basieren. Die Ergebnisse des ersten Experimentes dieser Arbeit zeigen, dass insbesondere zeitliche Aspekte der Oszillationen (Frequenz, Phasenstarre bezogen auf den Reizbeginn) über ein Zeitintervall von 14 Tagen fast unverändert bleiben. Damit ist zumindest eine notwendige Bedingung für eine Rolle hochfrequenter Signalanteile des Elektroenzephalogramms als Referenzsignal zeitlicher Kodierung erfüllt.

In einem zweiten Experiment, sollte geprüft werden, inwiefern Charakteristiken solcher hochfrequenten Oszillationen tatsächlich einen Einfluß auf das Verhalten, insbesondere die Reaktionsgeschwindigkeit der Versuchspersonen haben.

Tatsächlich gehen schnelle motorische Reaktionen der Probanden mit phasenstarreren oszillatorischen Antworten einher. Diese Ergebnisse zeigen, dass zumindest bei schnellen Reaktionen die Voraussetzungen für eine zeitliche Kodierung erfüllt sind. Das zweite Experiment legt damit oszillatorische Reizantworten des Elektroenzephalogramms als Ursprung für scheinbar zufällige Schwankungen der Reaktionszeit nah.

In einem dritten Experiment konnte nachgewiesen werden, dass darüberhinaus die zeitlichen Anforderungen einer Aufgabe die zeitliche Charakteristik hochfrequenter Reizantworten des Elektroenzephalogramms beeinflussen. Die Versuchspersonen in diesem Experiment zeigten deutliche Unterschiede in der Phasenstarre früher Reizantworten wenn sie eine Aufgabe schnellstmöglich bearbeiten mussten. Mussten sie die Aufgabe dagegen erst nach einer kurzen Pause erledigen, war dies nicht der Fall. Spätere oszillatorische Antworten dagegen variierten unabhängig von den zeitlichen Anforderungen der Aufgabe mit physikalischen Eigenschaften der Reize. Diese Ergebnisse legen nah, dass frühe oszillatorische Antworten des Elektroenzephalogramms möglicherweise mit einem speziellen schnellen Verarbeitungsmodus assoziiert sind.

Zusammenfassend scheinen insbesondere zeitliche Eigenschaften hochfrequenter Anteile des Elektroenzephalogramms für schnelle Verhaltensantworten relevant zu sein. Solche hochfrequenten Signalanteile des Elektroenzephalogramms könnten damit einen möglichen Mechanismus zur Stabilisierung zeitlicher Kodierung darstellen.

## Abstract

The performance of the visual system of humans is not matched by any technical system with respect to the combination of speed and accuracy. Classical theories of visual system function try to explain these accomplishments mainly by the number of action potentials per time, the so called spike rate. Recently, more and more authors proposed to additionally consider temporal relations of action potentials as carriers of information. Such codes might be particularly useful to understand the mechanisms underlying the speed of processing. In order to judge temporal relations efficiently, a temporally regular control signal would be required. It has been proposed that distributed oscillations could provide such a function. Such distributed oscillations can easily be measured by means of the electroencephalogram. The current report evaluates the plausibility of this idea for high frequency components of the electroencephalographic signal.

In a first step, we determined the stability of such large scale oscillations over time. Only oscillatory responses with similar characteristics over time can form a reliable reference for neural coding schemes based on temporal relations. The results of this first experiment show that especially temporal aspects of stimulus related oscillations, such as frequency or phase locking, are virtually unchanged over a time range of 14 days. Thus, a necessary condition for a role of high frequency signal components as reference signal for temporal codes is fulfilled.

In a second experiment, we investigated whether characteristics of such high frequency oscillations have any impact on behavior, in particular reaction times. We could show that fast motor reactions of the participants indeed were accompanied by phase-locked oscillatory responses. These results indicate that – at least for fast reactions – the preconditions for temporal codes are matched. This second experiment implies oscillatory responses of the electroencephalogram as a possible origin for seemingly random variations of reaction time.

In a third experiment, we demonstrate that in addition to these spontaneous variations also the temporal requirements of a task determine the temporal characteristics of high frequency responses of the electroencephalogram. Participants in this experiment evinced significant differences in phase locking of early responses if they were to perform the task as quickly as possible. This was not the case, if they were to react after a short delay. In contrast, later oscillatory responses varied with physical properties of the stimuli but were independent of temporal requirements. These results suggest, that early oscillatory responses might be associated with a special fast mode of processing.

To summarize, it seems as if especially temporal properties of high frequency oscillations of the electroencephalogram are relevant for rapid behavioral responses. Such high frequency components of the electroencephalographic signal might reflect a mechanism to stabilize temporal codes.