

# Zusammenfassung der Dissertation

„Basic components of cortical processing are shared  
in visual and auditory modality “

Dipl.-Psych. Jeanette Schadow

## Zusammenfassung

Die vorliegende Dissertation befasst sich mit der Untersuchung der visuellen und auditorischen Informationsverarbeitung. Dabei wird die Informationsverarbeitung in beiden Wahrnehmungssystemen auf niedrigen und höheren Verarbeitungsstufen miteinander verglichen. Die klassische Theorie der Informationsverarbeitung im menschlichen Kortex basiert auf einer hierarchischen Organisation. Dabei wird angenommen, dass die eingehenden Informationen in einem streng seriellen Verlauf auf unterschiedlichen Ebenen verarbeitet werden: Merkmale werden über das Wahrnehmungssystem aufgenommen, intern repräsentiert und dann einem festen Ablauf von Stufen folgend bis hin zu höheren kognitiven Einheiten verarbeitet (bottom-up Verarbeitung). Neuere Betrachtungen gehen davon aus, dass bottom-up Prozesse durch individuelle Erfahrungen und Erwartungen beeinflusst und verbessert werden (top-down Verarbeitung). Unsere Wahrnehmung ist ein aktiver Prozess, an dem bottom-up Prozesse aber auch Rückkopplungen aus höheren kortikalen Arealen miteinander interagieren. Als Mechanismen dieser Informationsverarbeitung werden schnelle Gamma-Oszillationen im Frequenzbereich von 30 bis 80 Hz diskutiert, da diese sowohl im Zusammenhang mit sensorischen Kodierungsprozessen als auch mit höheren kognitiven Hirnfunktionen stehen.

In der vorliegenden Dissertation werden drei Experimente präsentiert, die auditorische und visuelle Wahrnehmungsprozesse auf niedriger und höherer kognitiver Ebene unter Verwendung des Elektroenzephalogramms (EEG) untersuchen. Das EEG ist eine gut etablierte Methode zur Messung elektrischer Hirnaktivität und weist eine exzellente zeitliche Auflösung im Bereich von Millisekunden auf. Dies ist bedeutsam, um die nachfolgenden Fragestellungen untersuchen zu können.

Die ersten beiden Experimente befassen sich mit bottom-up Verarbeitungsmechanismen in der visuellen und auditorischen Modalität. Dazu wurden den Probanden einerseits Grating-Stimuli mit unterschiedlichen Kontraststufen und andererseits Sinustöne in unterschiedlichen Lautstärken präsentiert, um den Einfluss dieser Stimulusmanipulation auf die Gamma-Band-Antwort (GBA) zu untersuchen. Beide Experimente ergaben vergleichbare Resultate: Die Veränderung des jeweiligen Stimulusparameters modulierte die frühe evozierte GBA (visuell:  $\sim 90$  ms, auditorisch:  $\sim 60$  ms). Visuelle Reize mit einem hohen Kontrast oder Töne in einer hoher Lautstärke evozierten die stärkste Antwort, wobei diese Zunahme der evozierten Aktivität hauptsächlich durch eine hohe Phasenbindung der Antworten zum Stimulusbeginn verursacht wurde. Dieses Ergebnis legt nahe, dass Studien, die insbesondere kognitive Aspekte der Informationsverarbeitung untersuchen möchten, die Stimuluseigenschaften ihres Reizmaterials entsprechend anpassen sollten, um konfundierende Effekte zu vermeiden. In dem dritten Experiment, welches top-down Einflüsse auf die auditorische Stimulusverarbeitung untersucht, wurde dies berücksichtigt. Entsprechend der Lautstärkemodulation auf die GBA, wurde für alle Töne eine einheitlich hohe Lautstärke gewählt.

Zahlreiche Eindrücke in unserer visuellen und akustischen Umwelt strömen gleichzeitig auf uns ein. Die Verarbeitung dieser Eindrücke scheint ein sehr komplexer Prozess zu sein, der eine schnelle perzeptuelle Analyse und Organisation erfordert, um überhaupt adäquate Verhaltensreaktionen zu erzielen. Top-down Mechanismen, wie zum Beispiel Aufmerksamkeits- oder Gedächtnisprozesse, beeinflussen und erleichtern die Strukturierung vieler unterschiedlicher Informationen und führen zu einer schnelleren und effizienteren Analyse unserer Umwelt. Zusätzlich sind viele Ereignisse im alltäglichen Leben zu einem gewissen Anteil vorhersehbar. Wir antizipieren sehr oft, was gleich passieren wird und sind deshalb in der Lage, schnell und entsprechend präzise auf unsere Umwelt zu reagieren. Im Gegensatz zur auditorischen Modalität, konnte für das visuelle System schon gezeigt werden, dass Erwartungsprozesse die Verarbeitung visueller Stimuli schon in einem sehr frühen Zeitfenster beeinflussen. In der dritten Studie wurde deshalb geprüft, inwiefern Antizipation die auditorische Stimulusverarbeitung beeinflusst und ob sich dies in einer Modulation der GBA widerspiegelt. Dieses Experiment wurde in Analogie zu einem visuellen EEG-Experiment mit vergleichbarer Fragestellung konzipiert (Fründ et al., 2008). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen einen Anstieg der frühen evozierten GBA im Zusammenhang mit Gedächtnis- und Antizipationsprozessen. Die Resultate deuten darauf hin, dass unsere Erwartung auf bestimmte Ereignisse schon sehr frühe Stufen der auditorischen Informationsverarbeitung ( $\sim 50$  ms) moduliert. Diese erwartungsbezogene Aktivität, die wahrscheinlich schon vor der eigentlichen Stimulusdarbietung auftritt, führt zu einer Verstärkung der Hirnaktivität in den für die Stimulusverarbeitung notwendigen sensorischen Arealen und kann deshalb schon in der frühen evozierten GBA beobachtet werden. Diese Ergebnisse

bestätigen Resultate aus dem visuellen System und bekräftigen zudem die Annahmen des „Match-and-Utilization Modells“ (Herrmann et al., 2004). Demnach repräsentiert eine erhöhte evozierte GBA den erfolgreichen Abgleichprozess zwischen der eingehenden Information und einem Gedächtniseintrag über genau diese Information. Der Gedächtniseintrag kann in Form einer Langzeitrepräsentation oder einer aktiv gehaltenen Erwartung vorliegen.

Anhand der Ergebnisse der drei Experimente lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen: Die frühe bottom-up Verarbeitung von Stimuluseigenschaften im visuellen und auditorischen System scheint dahingehend vergleichbar zu sein, dass Veränderungen der Stimulusintensität (Kontrast/Lautstärke) in der evozierten GBA reflektiert werden. Dabei erreicht die evozierte GBA in Abhängigkeit von der Verarbeitungsmodalität zwischen 60-100 ms nach Stimulusbeginn ihr Maximum und wird hauptsächlich in sensorischen Arealen generiert.

Außerdem zeigt sich eine sehr frühe top-down Modulation durch Erwartungsprozesse in einer erhöhten auditorisch evozierten GBA - vergleichbar mit Resultaten aus dem visuellen System. Das bedeutet, dass es auch auf dieser höheren Verarbeitungsstufe ähnlich operierende Mechanismen in beiden Modalitäten gibt, die durch die frühe evozierte GBA reflektiert werden.

## Abstract

The central focus of the current thesis is to compare the visual with the auditory system at different stages of information processing. Our perception is always an active process and therefore appears to involve an interaction between bottom-up information and feedback connections from higher-order cortical areas. Within the scope of studying such mechanisms of information processing in the visual and auditory modality, fast oscillatory activity in the frequency range between 30 and 80 Hz have received particular interest, since their relationship to sensory coding processes as well as to higher cognitive brain functions is frequently reported. The current thesis presents two experiments of low-level perception as well as one experiment of high-level perception, using the electroencephalogram (EEG).

The first two experiments concentrated on bottom-up processing in the visual and auditory modality. I have presented grating stimuli with different visual contrast levels and further sinusoidal tones with different sound intensities to study the influence of this stimulus manipulation on the gamma-band response (GBR). Both experiments yielded similar findings: High contrast stimuli or tones with a high sound intensity evoked the largest GBRs (visual: at  $\sim 90$  ms, auditory: at  $\sim 60$  ms), while this increase in evoked activity is mainly caused by stronger phase-locking. Therefore, studies examining rather cognitive aspects of information processing should carefully match low-level attributes of their stimulus material to avoid confounding GBR modulations.

Numerous impressions within our environment occur simultaneously, which appears to be a very complex process. That requires a fast perceptual analysis and organization to produce adequate behavioral reactions. We often anticipate events and are therefore able to prepare a faster and more accurate behavior. The third study aimed to investigate, in which way anticipation affects the auditory stimulus processing as an analog to a visual EEG-experiment (Fründ et al., 2008). As a result, I observed an enhancement in the early evoked GBR (at  $\sim 50$  ms) that reflects memory matching and anticipatory processes. The findings suggest that anticipatory top-down modulation involves some of the first stages of auditory information processing. The findings are in line with anticipatory processing of visual stimuli.

In conclusion, early processing of stimulus features is equally reflected in the evoked GBR occurring with a latency between 60-100 ms after stimulus onset with generators in predominantly sensory cortices. There is further convincing evidence for similar operating top-down processing concerning memory matching and anticipatory mechanisms reflected in the evoked GBR.