

Zusammenfassung

Unser visuelles System ist ständig einer Flut von sensorischen Informationen ausgesetzt, die nicht alle auf einmal mit einem so hohen Grad an Genauigkeit wahrgenommen werden können, wie er für bewußte Wahrnehmung mitunter nötig ist. Visuelle Aufmerksamkeit umfaßt Prozesse, die dafür sorgen, dass diese Verarbeitungsgenauigkeit zumindest für einen Teil der Information erreicht werden kann, indem die Verarbeitung dieses Teils im Vergleich zu anderen Aspekten verstärkt wird. Traditionelle Befunde haben etabliert, dass Aufmerksamkeit hierzu im Raum bewegt werden kann, wobei die Verarbeitung in ihrem Fokus im Vergleich zu seiner Umgebung verbessert ist. Ob diese Verbesserung auf einer Verstärkung der relevanten oder einer Suppression der irrelevanten Information beruht, ist bisher nicht letztlich geklärt. Eine weitere Möglichkeit ist die räumlich koordinierte Zusammenarbeit zwischen beiden Mechanismen. Dies wird beispielsweise von komputationalen Modellen vorgeschlagen, die ein attentionales Profil annehmen, das einem Mexikaner-Hut ähnelt: eine zentrale Zone der relativen Signalverstärkung wird von einer Zone aktiver Suppression umschlossen, welche an weiter entfernten Positionen wieder abklingt. Dies erscheint vor allem vor dem Hintergrund neuronaler Konvergenz im visuellen System sinnvoll, die dazu führt, dass beim Durchlaufen der visuellen Hierarchie die Kodierung eines Objektes zunehmend durch den Einfluß umliegender Objekte gestört wird. Dieser Einfluß ist für direkt benachbarte Objekte maximal, weswegen eine Suppression gerade dieser Einflüsse, wie es in einem Mexikaner-Hut-Profil der Fall wäre, das Signal des attendierten Objektes besonders verbessern würde. Das bekannteste Beispiel für ein komputationales Modell, das ein Mexikaner-Hut-Profil annimmt, ist das „Selective-Tuning“ Modell von Tsotsos und Mitarbeitern, das die vorliegende Arbeit inspiriert hat. Es beruht auf einer Komplexitätsanalyse visueller Suchaufgaben, aus der das Mexikaner-Hut-Profil als emergentes Prinzip hervorging. Bisher hat diese Ansicht allerdings relativ wenig Unterstützung durch experimentelle Befunde erfahren, die im Allgemeinen lediglich ein monotonen Abfallen des Profils vom Zentrum des Aufmerksamkeitsfokus weg beschrieben haben.

Allerdings wurden im Laufe der letzten Jahre immer häufiger Ergebnisse berichtet, die mit einem Mexikaner-Hut-Profil vereinbar sind. Diese stammen vor allem aus dem Bereich der Psychophysik, wohingegen aus der funktionellen Bildgebung beim Menschen bisher lediglich zwei Studien vorliegen. Diese Bildgebungsstudien sind allerdings in ihrer Aussagekraft stark eingeschränkt, so dass sich einigermaßen gesicherte Evidenz beim Menschen bisher auf den Bereich der Psychophysik beschränkt. Untersuchungen aus dem Bereich der funktionellen Bildgebung wären aber insofern wichtig, als dass sie viel genauere Einblicke in die dem Profil unterliegenden Prozesse erlauben könnten. Außerdem ist hier eine viel direktere Messung möglich, so dass Ergebnisse aus diesem Bereich auch sicherere Evidenz dafür darstellen würden, dass der Aufmerksamkeitsfokus tatsächlich in der Form eines Mexikaner-Huts gestaltet ist, als es der Psychophysik möglich ist. Diese Dissertation berichtet sechs magnetoenzephalographische Experimente, die diese Lücke schließen. Das grundlegende Paradigma dieser Studien ist eine visuelle Suchaufgabe, die dazu diente, die Aufmerksamkeit der Probanden auf jeweils eine von neun Positionen zu lenken. Um die mittlere Position wurde dann in der Hälfte der Durchgänge nach 250 Millisekunden ein heller, für die Aufgabe irrelevanter Kreis eingeblendet, so dass die Aufmerksamkeit der Probanden in fünf verschiedenen Abständen zu diesem Stimulus fokussiert sein konnte (gleiche Position bis maximal vier Positionen Abstand). Durch die Subtraktion von identischen Durchgängen mit und ohne Präsentation des Kreises, wurde die reine kortikale Exzitabilität (operationalisiert als die durch diesen Stimulus evozierte magnetische Aktivität) in Abhängigkeit vom Abstand zum Aufmerksamkeitsfokus ermittelt, was jeglichen rein sensorisch begründbaren Unterschied im evozierten Magnetfeld aus den Daten entfernt.

Über die verschiedenen Bedingungen der unterschiedlichen Studien hinweg zeigte sich, dass das Profil des Aufmerksamkeitsfokus tatsächlich einem Mexikaner-Hut ähnelt, also eine zentrale Zone der attentionalen Exzitation von einer räumlich eng umschriebenen Zone der Suppression umgeben ist, die an weiter entfernten Positionen wieder abebbt. Der attentionale Ursprung dieses Profils wurde in einem Kontroll-Experiment zusätzlich untermauert, in dem die

Aufmerksamkeit der Probanden bei identischer Stimulation von der Suchaufgabe abgelenkt wurde. Hierbei resultierte ein über die verschiedenen Abstände zwischen Aufmerksamkeit und evozierendem Reiz undifferenziertes Profil. Die hier vorgelegten Studien können als erste verlässliche funktionell-bildgebenden Untersuchungen beim Menschen angesehen werden, die zeigen, dass der attentionale Fokus ein Mexikaner-Hut-Profil hat.

In einem weiteren Experiment wurde die Aufgabenschwierigkeit erhöht, indem die Unterscheidung des Zielobjektes erschwert wurde. Hier ergab sich ein Mexikaner-Hut-Profil sowohl für einfache als auch für schwierige Durchgänge. Die diesem Profil unterliegenden Prozesse scheinen somit nicht abhängig von der Aufgabenschwierigkeit zu sein. Mexikaner-Hut-Profile wurden auch unter weiteren Bedingungen robust ausgelöst. So wurden die Zielobjekte durch verschiedene Merkmale definiert, sowie die Zielobjekte in Abwesenheit von Distraktoren präsentiert, was jedoch beides nicht zu bedeutenden Veränderungen im resultierenden Profil führte. Weiterhin wurde gezeigt, dass die Etablierung dieses Profils ungefähr 250 Millisekunden benötigt. Davor liegt ein noch undifferenziertes Profil vor, wohingegen zu späteren Zeitpunkten die inhibitorische Zone um den Aufmerksamkeitsfokus verschwindet, welcher wiederum eine weitere Verstärkung erfährt. Zusammengefasst stellen diese Studien einen sehr wichtigen Beitrag zum Verständnis der Verarbeitung im Aufmerksamkeitsfokus dar. Sie sind die erste verlässliche Demonstration dafür, dass er, entgegen der aktuell vorherrschenden Ansicht eines monotonen Abfalls zu seinen Seiten hin, aus einer räumlich koordinierten Kooperation von relativer Exzitation und Inhibition besteht. Diese Arbeit schließt somit eine Lücke zwischen komputationalen Modellen, die ein solches Modell schon lange annehmen, und experimenteller Forschung, die bisher wenig Evidenz erbracht hatte, die diese Annahme stützt.