

Do graphemes attract spatial attention in grapheme-color synesthesia?

Lösen Grapheme eine erhöhte räumliche visuelle Aufmerksamkeit bei Graphem-Farb-Synästhesie aus?

Study

Neuropsychologia 99 (2017) 101–111

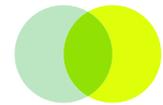
G. Volberg, A.S. Chockley, M.W. Greenlee

Abstract

Grapheme-color synesthetes perceive concurrent colors for some objectively achromatic graphemes (inducers). Using oscillatory responses in the electroencephalogram, we tested the hypothesis that inducers automatically attract spatial attention and, thus, favor a conscious experience of color. Achromatic inducers and real-colored non-inducers were presented to the left or to the right visual hemifield and orientation judgments were required for subsequently presented Gabor patches. The graphemes were irrelevant for the task so that the related brain response was purely stimulus-driven. Synesthetes ($n = 12$), but not an equal number of controls, showed an early theta power increase for inducers presented to the right compared to the left hemifield, with sources in left fusiform gyrus. Alpha power asymmetries indicative of shifts of spatial attention were not observed. Together, synesthetes showed an increased responsiveness to inducers in grapheme processing areas. However, contrary to our hypothesis, inducers did not attract spatial attention in synesthetes.

Zusammenfassung

Graphem-Farb-Synästhet*innen nehmen bei einigen objektiv nicht-farbigen Graphemen gleichzeitig Farben wahr (synästhetische Inducer). Mit Hilfe von Oszillationswellen im Elektroenzephalogramm (EEG) haben wir die Hypothese getestet, ob Inducer automatisch die räumliche visuelle Aufmerksamkeit auf sich ziehen und auf diese Weise ein bewusstes Farberlebnis begünstigen. Nicht-farbig-wahrgenommene Grapheme (Non-Inducer) und tatsächlich objektiv farbige Buchstaben wurden im linken oder rechten Gesichtsfeld präsentiert und es wurden Orientierungstests für anschließend präsentierte Gabor-Muster (Muster zur räumlichen Orientierung) durchgeführt. Das Erkennen der Grapheme als bestimmte Buchstaben oder Zahlen war für die Aufgabenstellung irrelevant, sodass die zugehörige Hirnreaktion rein auf den visuellen Reiz hin erfolgte. Synästheti*innen ($n = 12$), aber nicht die gleiche Anzahl von Kontrollpersonen, zeigten eine frühzeitige Erhöhung in den Thetawellenaktivität (EEG) im linken Gyrus fusiformis bei rechts präsentierten Inducern. Der rechte Gyrus fusiformis bei Präsentation der Reize im linken Gesichtsfeld reagierte nicht entsprechend. Alpha-Wellen-Reaktionen im EEG, die auf eine Veränderung der räumlichen Aufmerksamkeit hindeuten würden, wurden nicht beobachtet. Zusammengefasst zeigten Synästhet*innen eine erhöhte Hirnreaktion auf Inducer in Graphem-Verarbeitungsarealen des Gehirns (linksseitig). Entgegen der Hypothese erregten Inducer bei Synästhet*innen jedoch keine erhöhte räumliche visuelle Aufmerksamkeit.



Kommentar Caroline Beier

(nach Rücksprache und Diskussion mit PD Dr. Volberg):

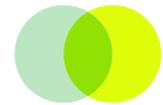
Die Hirnforschung stellt folgende Fragen: Werden synästhetisch farbige Wahrnehmungen beim Sehen von Graphemen (Buchstaben/Zahlen) durch eine zeitgleiche, parallele, unbewusste Aktivierung der Zentren im Gehirn für Buchstaben-Erkennung und der für Farbverarbeitung ausgelöst? Diese These vertritt die „cross-activation theory“ (Theorie der Aktivierung durch vernetzte Bahnen) basierend auf einer Hyperkonnektivität von Nervenbahnen im Gehirn. Diese Theorie vermutet, dass vorverdrahtete Strukturen im Gehirn zwischen benachbarten Hirnarealen eine gleichzeitige Aktivierung zweier Hirnbereiche auslösen, wenn ein Reiz von außen ankommt. Wird also bspw. eine Buchstabenform gesehen, wird das Areal für Buchstabenerkennung (im Gyrus fusiformis) angeregt und parallel durch neuronale Verbindungen das benachbarte Areal für Farbverarbeitung (V4). Diese neuronalen Verbindungen gelten als angelegt und stabil, es kommt also automatisch und immer zu einer parallelen Aktivierung.

Dem gegenüber steht die Theorie, dass eine bewusste Erkennung eines Graphems als „bestimmtes Graphem“ notwendig ist, um eine Farbwahrnehmung auszulösen. Diese Theorie geht davon aus, dass es Bewusstsein erfordert, synästhetische Wahrnehmungen zu erleben und die Entstehung eines Konzeptes vom Buchstaben notwendig ist, um ihn synästhetisch mit Farbe oder weiteren Eigenschaften zu belegen („Conceptual level theory“). Dass also die Belegung einer gesehenen Form mit einer Bedeutung notwendig ist, um eine farbige Mitreaktion auszulösen. Ein A muss als A und nicht als spitz zulaufende Form mit Querstrich erkannt werden, erst dann entsteht der Eindruck eines farbigen As. Genauso kann ein H, dessen vertikale Striche sich oben annähern, farblos als H oder eben farblich als A gesehen werden, je nachdem, in welche Kategorie das Gehirn die gesehene Figur einordnet. Wichtig ist also die Bedeutung, die ein Graphem hat.

Die Theorie der bewussten Verarbeitung wird durch viele Studien gestützt, abschließend ist diese Frage aber noch nicht beantwortet.

In der Studie von Volberg et al. wurden ebenfalls diese Fragen gestellt, die Ergebnisse waren jedoch teils überraschend. Es zeigte sich, dass bei Synästhet*innen individuell farblich wahrgenommene Inducer im linken Gyrus fusiformis, dem Areal für Buchstabenerkennung (nicht jedoch im rechten) eine frühzeitige Theta-Wellen-Aktivierung auslösten, also erkannt und verarbeitet wurden. Und dies obwohl der Buchstabe nur kurz präsentiert wurde und die Anweisung war, ihn sogar zu ignorieren. Inducer konnten jedoch nicht ignoriert werden, sie lösten immer eine Gehirnreaktion in Form von Theta-Wellen aus. Non-Inducer und tatsächlich farblich Grapheme lösten dagegen weniger Reaktion aus.

Alle Grapheme wurden mit der Instruktion gezeigt, sie zu ignorieren. Synästhet*innen konnten ihre Inducer aber nicht ignorieren, sie lösten automatisch eine Hirnreaktion aus. Die Grapheme wurden etwa 1 sec lang präsentiert, dies reicht jedoch zeitlich aus, um Wahrnehmung und Reaktion auszulösen.



Dieses Gehirnareal im Gyrus fusiformis reagierte weniger stark auf Non-Inducer und auch weniger auf tatsächlich farbig dargestellte Buchstaben. Die Aktivierung repräsentiert also nicht eine reine Buchstabenerkennung und nicht eine Farbverarbeitung! Letzteres widerspricht der Cross-activation-theory, nach der durch die Verarbeitung eines Inducers parallel und automatisch das Farbverarbeitungsareal mit angeregt wird. Inducer und Non-Inducer werden zudem bereits sehr frühzeitig in der Wahrnehmung anders verarbeitet. „Der Unterschied zwischen Inducern und Non-Inducern entstand hier auf einer frühen, nicht konzeptuellen (nicht-bewussten) Repräsentationsebene.“ (Zitat PD Dr. Volberg)

Die Befunde widersprechen laut Volberg et al. also auch der Conceptual-level-theory. Es kam im Versuch zu einer frühzeitigen Theta-Wellen-, aber nicht zu einer Alpha-Wellen-Aktivierung. Eine Veränderung in den Alpha-Wellenmustern konnte nicht beobachtet werden, das wäre der Fall gewesen, wenn die dargestellten Grapheme eine erhöhte räumliche Aufmerksamkeit auf sich gezogen hätten. Es gibt Reize, auf die reagiert das Gehirn mit einer erhöhten räumlichen Aufmerksamkeit, ein plötzlich auftretender Reiz kann vom Gehirn schwer ignoriert werden und es kommt zu einer Veränderung in den Alpha-Wellenmustern. In der vorliegenden Studie war vermutet worden, dass Inducer für Synästhet*innen einen solchen, nicht zu ignorierenden Reiz darstellen und daher bevorzugt bearbeitet werden. Dies ließ sich jedoch nicht nachweisen.

Volberg et al. schließen aus ihren Ergebnissen (frühe Theta Aktivierung nur für Inducer, nicht für Grapheme an sich und nicht für Farbe, und fehlende Alphawellen Veränderung für räumliche Aufmerksamkeit), dass synästhetische Wahrnehmungen schon auf einer sehr frühen repräsentativen Ebene beginnen; ohne Beteiligung von farbverarbeitenden Arealen und bevor das Konzept „bestimmter Buchstabe“ greift, also auf einer vor-bewussten Ebene. Bewusstsein oder bewusste Verarbeitung wurde aber selbst nicht gemessen.

Aus meiner Sicht (CB) sind die Befunde jedoch nicht widersprüchlich zur Conceptual-level-theory, da die Zeit, in der die Grapheme präsentiert wurden, ausreicht, um eine Wahrnehmung als Buchstabe und als Konzept „bestimmter Buchstabe“ auszulösen. Die Aufgabe war, die Grapheme zu ignorieren und nicht „bewusst“ konzeptuell zu verarbeiten, was meiner Meinung nach aber nicht ausschließt, dass das Gehirn auf einer Ebene, die dem aktiven Denken und dem was wir als „bewusst“ bezeichnen, untergeordnet ist, dennoch eine ausreichend bewusste Verarbeitung durchführt, die zur Entwicklung eines Konzeptes führt.

Auf jeden Fall liefert die Studie interessante Ergebnisse, die die Diskussion über die Genese synästhetischer Wahrnehmungen bereichern und einen wichtigen Beitrag zur spannenden Synästhesieforschung darstellen.