

## Audiovisuelle Integration in Synästhesie

Gregor R. Szycik<sup>1</sup>, Janina Neufeld<sup>1,2</sup>, Christopher Sinke<sup>1,2</sup>, Felix Wedegärtner<sup>1</sup>, Markus Zedler<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Medizinische Hochschule Hannover, Zentrum für Seelische Gesundheit, 30625 Hannover, E-Mail: [szymik.gregor@mh-hannover.de](mailto:szymik.gregor@mh-hannover.de)

<sup>2</sup> Zentrum für systemische Neurowissenschaften, 30559 Hannover

### Einleitung

Synästhesie ist eine Eigenschaft, bei der Stimuli einer bestimmten sensorischen Modalität (Induktor) zur Wahrnehmungen anderer sensorischen Modalität (Konkurrent) führen. Häufige synästhetische Kopplungen betreffen auditorische und visuelle Modalitäten. Zum Beispiel werden in auditorisch-visueller Synästhesie bestimmte akustische Ereignisse wie z.B. Musik durch die Wahrnehmung von sich oft bewegenden bunten Formen begleitet. So kann Synästhesie als erweiterte sensorische Integration von Induktor und Konkurrent verstanden werden. Derzeit existieren drei Klassen von neuropsychologischen Modellen, die synästhetische Wahrnehmung erklären:

- Cross activation Modell [1]
- Disinhibited feedback Modell [2]
- Hyperbinding Modell [3]

Im cross activation Modell geht man davon aus, dass die Konkurrentwahrnehmung durch die direkte Verbindung der Hirnareale entsteht, die für die Repräsentation von Induktor und Konkurrent zuständig sind. Das disinhibited feedback Modell postuliert untypische Aktivierung der Konkurrentareale durch eine enthemmte Rückmeldungsschleife von multisensorischen Arealen, die in der Verarbeitungshierarchie nachgeschaltet sind. Im hyperbinding Modell geht man davon aus, dass die Synästhesie eine Folge von allgemein verstärkter Konnektivität zwischen Hirnarealen ist und somit nur eine „Spitze des Eisberges“ in multimodaler Verarbeitung darstellt.

Wir untersuchen mittels Verhaltensdaten die audiovisuelle Integrationsleistung von Menschen mit Synästhesie im Hinblick auf das Hyperbinding Modell. Dabei gehen wir davon aus, dass bei Gültigkeit dieses Modells eine erhöhte audiovisuelle Integrationsleistung sowohl unter komplexen als auch unter einfachen Stimulationsbedingungen bei Menschen mit Synästhesie vorliegen sollte. Ferner sollten sie ebenfalls von bimodaler Stimulusdarbietung besser profitieren. Wir untersuchen auch die neuronalen Korrelate synästhetischer Prozesse mittels fMRI.

### Methoden

Wir untersuchten gesunde Menschen mit auditorisch-visueller und graphem-farb Synästhesie und nach Alter, Händigkeit und Geschlecht parallelisierte Kontrollprobanden. Die Synästhesie wurde mittels eines Konsistenztests gesichert [4]. Die Studien wurden durch die lokale Ethikkommission genehmigt.

### Studie 1: McGurk Effekt

Mit Hilfe des McGurk Effektes [5] kann die Fusionsleistung zwischen der auditorischen und visuellen Modalität untersucht werden. Dabei wurden den Probanden kurze sprachliche Stimuli (komplex) in Form von Videosequenzen präsentiert. Ein Teil der Stimuli war so konstruiert, dass es bei erfolgreicher Fusion audiovisueller Information zur illusorischen sprachlichen Wahrnehmung führte. Wir untersuchten 19 Probanden mit Synästhesie und 24 Kontrollen bezüglich der Anzahl der erfolgreichen Fusionen.

### Studie 2: Audiovisuelle Verstärkung

Mit Hilfe audiovisuell dargebotener Sprachstimuli kann die Verstehensleistung auch bei deutlicher Deprivation auditorischer Information aufrechterhalten werden [6]. Wir haben unseren Probanden (jeweils 14 in der Synästhesie- und Kontrollgruppe) Videosequenzen präsentiert, die einen Sprecher während der Vokalisation deutscher zweisilbiger Substantive zeigten. Die auditorische Information haben wir durch das Addieren von weißem Rauschen degradiert und die Tonspur entweder mit einem Video oder einem Standbild des Sprechers präsentiert. Wir untersuchten die Anzahl an korrekt erkannten Wörtern und den Unterschied zwischen der audio-visuellen (Video) und der akustischen (Standbild) Bedingung.

### Studie 3: Double-flash Illusion

Die Double-flash Illusion entsteht in einer Situation bei der kurz hintereinander folgende auditorische Reize (Sinustöne), die mit einem visuellen Reiz gemeinsam dargeboten werden, zur Wahrnehmung von zwei visuellen Reizen führen [7]. Die Beeinflussung der visuellen Modalität durch die Präsentation der einfachen auditorischen Stimuli hängt vom zeitlichen Abstand dieser zueinander ab. Wir haben unseren Probanden (18 mit Synästhesie und 22 Kontrollen) die Stimuli präsentiert und dabei den Abstand der auditorischen Reize variiert. Wir untersuchten die Anzahl der Illusionen und das Zeitfenster in dem die Illusionen erfolgten.

### Studie 4: fMRI der neuronalen Korrelate der Synästhesie

Wir haben unseren Probanden (jeweils 14 in der Synästhesie- und Kontrollgruppe) diverse auditorische Stimuli präsentiert, die bei den Synästheten zur Wahrnehmung von diversen Konkurrenten geführt haben. Anschließend haben wir mittels der GLM-Analyse Hirnareale identifiziert, die bei der Gruppe der Probanden mit Synästhesie stärker aktiviert waren. Darüber hinaus haben wir für die identifizierten Areale eine Konnektivitätsanalyse durchgeführt.

## Ergebnisse

Im Rahmen der ersten Studie konnten wir zeigen, dass die Gruppe der Probanden mit Synästhesie signifikant geringere Fusionsraten zeigte. Im zweiten Experiment konnten wir zeigen, dass beide Gruppen von der visuellen Information beim Sprachverstehen in gestörten akustischen Umgebungen profitierten. Die Kontrollgruppe zeigte literaturkonform den größten Gewinn von der visuellen Information bei SNR von -12 dB in der auditorischen Stimulation. Die Gruppe der Probanden mit Synästhesie zeigte hier signifikanten Unterschied – sie profitierte nicht in dem Maße von der visuellen Information. Aus der dritten Studie geht hervor, dass, während Kontrollprobanden literaturkonforme Ergebnisse bezüglich der Häufigkeit der Illusionen und der temporalen Spannweite des Integrationsfensters zeigten, die Probanden mit Synästhesie geringere Illusionsraten und einschmaleres Integrationsfenster zeigten.

Die GLM Analyse der fMRI Daten zeigte verstärkte Aktivierung im Bereich des parietalen Cortex in der Synästhesiegruppe. Die Konnektivitätsanalyse für dieses Areal ergab stärkere Verbindung innerhalb der Synästhesiegruppe mit sowohl primären auditorischen Arealen als auch primären visuellen Arealen.

## Zusammenfassung

Die Ergebnisse unserer Verhaltensstudien an Menschen mit Synästhesie zeigen eine geringere Suszeptibilität dieser gegenüber audiovisuellen Illusionen und deuten auf Exklusivität synästhetischer Kopplung zwischen Induktor und Konkurrent hin. Diese Exklusivität scheint ebenfalls unabhängig von Komplexität der Stimuli zu sein (Sprache vs. Sinustöne). Dies spricht gegen das Hyperbinding Modell als plausible Erklärung für synästhetische Wahrnehmung. Darüber hinaus deuten unsere kernspintomographischen Daten auf die Beteiligung aufmerksamkeitsrelevanter Hirnstrukturen bei synästhetischen Prozessen hin. Dies kann im Sinne einer veränderten Top-Down-Verarbeitung interpretiert werden. Die Konnektivitätsanalyse unserer kernspintomographischen Daten unterstützt diese Hypothese.

## Literatur

- [1] Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2001). Psychophysical investigations into the neural basis of synaesthesia. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 268, 979–998
- [2] Grossenbacher, P.G., Lovelace, C.T., 2001. Mechanisms of synesthesia: cognitive and physiological constraints. *Trends Cogn Sci*. 5, 36-41.
- [3] Esterman, M., Verstynen, T., Ivry, R.B., Robertson, L.C., 2006. Coming unbound: disrupting automatic integration of synesthetic color and graphemes by transcranial magnetic stimulation of the right parietal lobe. *J Cogn Neurosci*. 18, 1570-6.
- [4] Eagleman, D. M., Kagan, A. D., Nelson, S. S., Sagaram, D., & Sarma, A. K. (2007). A standardized

test battery for the study of synesthesia. *Journal of Neuroscience Methods*, 159, 490 139–145.

- [5] McGurk, H. & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264, 746-748.
- [6] Ross, L. A., Saint-Amour, D., Leavitt, V. M., Javitt, D. C., & Foxe, J. J. (2007). Do you see what I am saying? Exploring visual enhancement of speech comprehension in noisy environments. *Cereb.Cortex*, 17, 1147-1153
- [7] Shams, L., Kamitani, Y., Shimojo, S., 2000. Illusions. What you see is what you hear. *Nature*. 408, 788