



Doktorarbeit von Ellen Joos: "EEG-Korrelate normaler und veränderter Verarbeitungsstrategien zur Lösung des Wahrnehmungsinferenzproblems"

Die über unsere Sinne verfügbaren Informationen sind verrauscht, unvollständig und in unterschiedlichem Maße mehrdeutig. Das Wahrnehmungssystem muss die exogene Welt rekonstruieren, indem es die begrenzte sensorische Information mit endogenen Faktoren wie dem Gedächtnis integriert [1]. Dieser Konstruktionsprozess verursacht das Wahrnehmungsinferenzproblem, d.h. eine einzige Sinnesinformation kann auf vielfältige Weise interpretiert werden. Auf probabilistische Weise entscheidet sich das Gehirn für eine dieser Interpretationen, um eine stabile und zuverlässige Wahrnehmung zu ermöglichen. In der vorliegenden Dissertation werden verschiedene Aspekte dieser probabilistischen Entscheidung bei neurotypischen Personen, aber auch bei Patienten mit Schizophrenie-Spektrum-Störung (SSD) untersucht, indem die visuelle Verarbeitung von mehrdeutigen/schlecht sichtbaren visuellen Reizen mit eindeutigen/klar sichtbaren visuellen Reizen verglichen wird.

Mehrdeutige Figuren sind paradigmatisch bei der Untersuchung des Wahrnehmungsinferenzproblems, weil in diesen Figuren eine Sinnesinformation zwei mögliche Interpretationen zulässt. Mit Hilfe der Elektroenzephalographie (EEG) wurden in früheren Studien bereits 200 ms und 400 ms nach Reizbeginn große Unterschiede im ereigniskorrelierten Potential (EKP) zwischen mehrdeutigen Reizen und eindeutigen Varianten davon gefunden [2,3], die sogenannten EKP-Mehrdeutigkeitseffekte. Im ersten Teil dieser Dissertation [s. meine Publikation 4] replizierte ich ein Experiment mit mehrdeutigen Reizen [von 2,3] und untersuchte, ob diese EKP-Mehrdeutigkeitseffekte auch bei schlecht und gut sichtbaren Reizen auftreten. Ich konnte zeigen, dass nicht nur verschiedene Stufen der Reizambiguität, sondern auch verschiedene Grade der Reizsichtbarkeit diese EKP-Effekte hervorrufen. Die verwendeten Reize waren Smiley-Gesichter mit zwei verschiedenen emotionalen Ausdrücken, die entweder klar oder schlecht sichtbar waren. Mehrdeutige Figuren stellen im Vergleich zu Stimuli mit geringer Sichtbarkeit unterschiedliche Anforderungen an das Wahrnehmungssystem. Beiden Arten von Reizen ist jedoch gemeinsam, dass sie eine Art von Wahrnehmungsunsicherheit hervorrufen. Die von Kornmeier et al. [2,3] identifizierten und in der vorliegenden Arbeit replizierten EKP-Effekte könnten daher eine Abschätzung der Zuverlässigkeit von Wahrnehmungskonstrukten auf einer höheren kognitiven Ebene, jenseits sensorischer Details, widerspiegeln. Die Effekte werden entsprechend in EKP-Unsicherheitseffekte umbenannt.

Patienten mit SSD zeigen fundamentale Unterschiede im Wahrnehmungsprozess [5], in der Integration von sensorischer mit endogener Information [6] und zeigen im Vergleich zu Kontrollpersonen Defizite bei der Verarbeitung mehrdeutiger emotionaler Äußerungen [7]. Daher wurden das experimentelle Paradigma und die Reize aus dem ersten Teil dieser Dissertation im zweiten Teil dieser Arbeit bei Patienten mit SSD untersucht. Aufgrund der Coronapandemie war es mir nicht möglich, die Datenerfassung während der Zeit meiner Doktorarbeit abzuschließen. Daher sind die folgenden Ergebnisse vorläufig. Die EKP-Unsicherheitseffekte wurden in beiden Gruppen repliziert. Eine beobachtbare Tendenz zu kleineren EKP-Effekten bei Patienten im Vergleich zu Kontrollpersonen erreichte keine statistische Signifikanz. Zusätzliche explorative Analysen zeigten signifikante Unterschiede in der Verarbeitung der Wahrnehmungs(un)sicherheit bei Patienten mit SSD im Vergleich zu Kontrollpersonen. Diese Ergebnisse werden im Rahmen der Theorie des predictive coding interpretiert [8], die postuliert, dass das Gehirn Modelle über die Außenwelt bildet und diese Modelle kontinuierlich mit neuen sensorischen Informationen aktualisiert. Patienten mit SSD zeigen Veränderungen in diesen Aktualisierungsmechanismen [z.B. 9]. Die aktuellen Ergebnisse deuten insbesondere auf eine veränderte Abschätzung der Zuverlässigkeit der



sensorischen Information hin, was letztlich zu veränderten (Un-)Sicherheitsbewertungen führen könnte, wie sie in dieser Studie gefunden wurden.

Helmholtz' inferentieller Ansatz zur Wahrnehmung postuliert, dass das Gehirn Informationen aus früheren Erfahrungen nutzt, um die exogene Welt trotz der begrenzten Sinnesinformationen angemessen zu rekonstruieren. Derzeit diskutierte predictive coding-Theorien basieren auf dieser Idee und gehen weiter davon aus, dass das Gehirn (1) immer eine Vorhersage über die zu erstellende Wahrnehmungsinterpretation macht, (2) diese Vorhersagen mit der aktuellen sensorischen Information integriert und (3) gleichzeitig neue Vorhersagen für einen bevorstehenden Moment erstellt. Die EKP-Unsicherheitseffekte zeigen ungewöhnlich große Effektgrößen und individuelle statistische Signifikanz, was das Verständnis ihrer funktionalen Rolle sehr interessant macht. Frühere experimentelle Evidenz deutete auf eine Beteiligung der EKP-Effekte an den oben erwähnten prädiktiven Prozessen hin, aber ihre genaue Rolle konnte aufgrund des experimentellen Paradigmas nicht systematisch untersucht werden. Im dritten Teil dieser Dissertation [s. auch meine Publikation 10] habe ich das experimentelle Paradigma modifiziert, um die funktionelle Rolle der EKP-Unsicherheitseffekte zu untersuchen, wobei der Schwerpunkt auf predictive coding-Theorien lag. Die Ergebnisse dieser dritten Studie bestätigen die Beteiligung der EKP-Unsicherheitseffekte an prädiktiven Mechanismen. Sie bestätigen ferner den starken Einfluss zeitlicher Aspekte auf die Wahrnehmungsverarbeitung. Insbesondere scheint das Wahrnehmungssystem automatisch und unvermeidlich Regelmäßigkeiten aus vergangenen Wahrnehmungserfahrungen auszunutzen, um Vorhersagen über die unmittelbare perzeptuelle Zukunft zu generieren. Dies scheint sogar in Situationen der Fall zu sein, in denen die Wahrnehmungsvergangenheit und die Wahrnehmungszukunft für eine aktuelle Aufgabe im Zusammenhang mit einem aktuell gesehenen Reiz irrelevant sind. Die Ergebnisse weisen ferner darauf hin, dass unsere Erwartungen über die unmittelbare Wahrnehmungszukunft beeinflussen, wie wir die Gegenwart wahrnehmen.

Die Ergebnisse dieser Dissertation sollten bei der Untersuchung physiologischer Korrelate von psychiatrischen Erkrankungen berücksichtigt werden. Insbesondere sollten veränderte prädiktive Prozesse bei Patienten mit SSD mit Hilfe des experimentellen Paradigmas aus dem dritten Teil der Dissertation untersucht werden. Weiterhin sollten emotionale Ausdrücke in Smiley-Gesichtern mit unterschiedlichem Grad ihrer Sichtbarkeit (wie im ersten und zweiten Teil der Dissertation) als Reizmaterial verwendet werden. Diese Modifikationen werden es in zukünftigen Studien erlauben, prädiktive Prozesse bei Patienten mit psychiatrischen Erkrankungen und bei neurotypischen Versuchspersonen in einem Zustand der Wahrnehmungsunsicherheit zu messen, der schwierigen Situationen im Alltag von Patienten und neurotypischen Personen sehr nahe kommt, dem Umgang mit Unsicherheit in sozialen Interaktionen.

Quellenverzeichnis:

- [1] von Helmholtz HLF. Handbuch der physiologischen Optik. Leipzig: Leopold Voss; 1867. <https://doi.org/10.3931/e-rara-21259>.
- [2] Kornmeier J, Bach M. Object perception: when our brain is impressed but we do not notice it. *J Vis* 2009;9:7 1-10. <https://doi.org/10.1167/9.1.7>.
- [3] Kornmeier J, Wörner R, Bach M. Can I trust in what I see? – EEG Evidence for a Cognitive Evaluation of Perceptual Constructs. *Psychophysiology* 2016;53:1507–23. <https://doi.org/10.1111/psyp.12702>.
- [4] Joos E, Giersch A, Hecker L, Schipp J, Heinrich SP, Elst LT van, et al. Large EEG amplitude effects are highly similar across Necker cube, smiley, and abstract stimuli. *PLOS ONE* 2020;15:e0232928. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232928>.



- [5] Silverstein S, Keane BP, Blake R, Giersch A, Green M, Kéri S. Vision in schizophrenia: why it matters. *Front Psychol* 2015;6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00041>.
- [6] van Assche M, Giersch A. Visual Organization Processes in Schizophrenia. *Schizophr Bull* 2011;37:394–404. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbp084>.
- [7] Kohler CG, Bilker W, Hagendoorn M, Gur RE, Gur RC. Emotion recognition deficit in schizophrenia: association with symptomatology and cognition. *Biol Psychiatry* 2000;48:127–36. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(00\)00847-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(00)00847-7).
- [8] Friston K. Prediction, perception and agency. *Int J Psychophysiol* 2012;83:248–52. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.11.014>.
- [9] Notredame C-E, Pins D, Deneve S, Jardri R. What visual illusions teach us about schizophrenia. *Front Integr Neurosci* 2014;8. <https://doi.org/10.3389/fnint.2014.00063>.
- [10] Joos E, Giersch A, Bhatia K, Heinrich SP, Tebartz van Elst L, Kornmeier J. Using the perceptual past to predict the perceptual future influences the perceived present – A novel ERP paradigm. *PLOS ONE* 2020;15:e0237663. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237663>.