

Ergebnisbericht für das Seminar:  
Auswertung und Interpretation von Daten aus Hirnstrommessungen



UNIVERSITÄT  
LEIPZIG

Universität Leipzig  
Kognitive und Biologische Psychologie  
Dozentin: Dr. Sabine Grimm

Fabian Treitz

Matrikelnummer: 3740500

## **Einleitung**

Manche Geräusche werden von uns Menschen als so unangenehm empfunden, dass sich allein beim Gedanken daran die Nackenhaare aufstellen. Dazu zählt zum Beispiel das Geräusch von Fingernägeln, die über eine Tafel kratzen, Styropor, welches aneinander gerieben wird, oder ein Messer, das an Glas, oder Metall entlang kratzt. Ein Teilbereich der psychologischen Forschung beschäftigt sich mit den akustischen Eigenschaften, die die aversive Qualität solcher Geräusche ausmacht. So konnte gefunden werden, dass aversive Geräusche durch Entfernen der niedrigen Frequenzen als angenehmer empfunden werden (Halpern, Blake & Hillenbrand, 1986). Eine weitere Studie, die sich mit den akustischen Eigenschaften aversiver Geräusche beschäftigte konnte zeigen, dass Geräusche, die eher höhere Frequenzen und weniger zeitliche Modulation aufweisen, als unangenehm beurteilt werden (Kumar et al., 2008).

Es liegt nahe, dass aversive Geräusche gegenüber neutralen Geräuschen eine veränderte Verarbeitung im Gehirn aufweisen und tatsächlich konnten Kumar et al. (2012) in einer fMRT-Studie zeigen, dass unangenehm empfundene Geräusche im Vergleich zu neutral empfundenen Geräuschen mit einer stärkeren Aktivierung des auditiven Kortex, sowie der Amygdala einhergehen. Durch die Schnelligkeit, mit der emotionale Reaktionen auf aversive Stimuli folgen, erscheint es sinnvoll die Verarbeitung dieser Stimuli mit einer Methode zu untersuchen, die eine höhere temporale Auflösung als das fMRT aufweist. Czigler et al. (2007) verglichen in einer EEG-Studie die ereigniskorrelierten Potentiale (EKP) von aversiven Geräuschen und neutralen Geräuschen unter Verwendung des sogenannten oddball Paradigma. Dabei wird in kurzen Abständen aufeinanderfolgend immer wieder derselbe Stimulus präsentiert und diese Sequenz nur gelegentlich von andersartigen Stimuli unterbrochen. Die EKPs auf häufige (Standard) Töne werden dann mit den EKPs auf seltene (Deviant) Töne verglichen. Die Differenzkurve dieses Vergleichs wird Mismatch Negativity (MMN) genannt und gilt als Indikator für auditive Veränderungsdetektion. In der Studie von

Czigler et al. (2007) wurde gefunden, dass die MMN für aversive Deviants größer ist, als für neutrale Deviants.

Die aktuelle Studie zielt darauf ab diese Ergebnisse zu replizieren um die unbefriedigende Befundlage in diesem Forschungsgebiet zu unterstützen. Untere Verwendung des oddball Paradigmas wurden in dieser EEG Studie die MMN für aversive Deviants mit der MMN für neutrale Deviants verglichen. Erwartet wurde eine stärkere MMN für aversive Deviants im Vergleich zu neutralen Deviants.

## **Methode**

### **Stichprobe**

Die Stichprobe bestand aus  $N = 8$  Rechtshändern im Alter von 21 bis 34 Jahren ( $M = 24,75$ ;  $SD = 3,99$ ). Drei Teilnehmer waren männlich und fünf weiblich. Die Händigkeit wurde mithilfe des Edinburgh Inventars (Oldfield, 1971) bestimmt. Alle Versuchsteilnehmer waren Psychologiestudenten im Masterprogramm der Universität Leipzig. Die Teilnahme fand im Rahmen eines Kurses zur „Auswertung und Interpretation von Daten aus Hirnstrommessungen“ statt.

### **Versuchsdesign**

#### **Ablauf.**

Die Versuchsteilnehmer durften während der EEG-Aufzeichnung einen selbstgewählten Film anschauen, der ohne Tonspur, mit Untertiteln, gezeigt wurde. Währenddessen wurden über Kopfhörer (Sennheiser HD-25-1) die auditiven Stimuli präsentiert. In 12 Blöcken á 405 Stimuli wurden den Teilnehmern Tonsequenzen dargeboten mit der Instruktion, diese nicht zu beachten. Mit dem Abschluss des letzten Blockes endete das Experiment.

#### **Stimulusmaterial.**

Drei Arten von auditiven Stimuli (Standard, aversiv Deviant und neutral Deviant) wurden binaural mit einer Lautstärke von durchschnittlich 70 dB SPL präsentiert. Als Standard-Stimulus diente ein weißes Rauschen von 300 ms Dauer. Als Deviant-Stimuli wurden 9 als neutral und 9 als aversiv bewertete Umweltgeräusche aus unterschiedlichen Datenbanken (Freesound, IADS2 etc.) ausgewählt, welche ebenso auf eine Dauer von 300 ms gekürzt wurden. Alle Stimuli wurden mit Hilfe des Modells von Glasberg und Moore (2002) für instationäre Geräusche in Bezug auf ihre Lautstärke angeglichen. Die SOA betrug 800ms. Die unterschiedlichen Stimulustypen kamen unterschiedlich häufig vor. 80% der Stimuli waren Standard Stimuli (N=3888). Jeweils 10% der Stimuli waren aversive Deviants und neutrale Deviants. Innerhalb der aversiven und neutralen Stimuli muss unterschieden werden, ob der Deviant zwischen zwei Standard Stimuli (Single Deviant; 3,3%; N=162), oder vor einem weiteren Deviant (Double Deviant Position 1; 3,3%; N=162), bzw. nach einem weiteren Deviant (Double Deviant Position 2; 3,3%; N=162), dargeboten wird.

### **EEG Aufzeichnung**

Die EEG-Aufzeichnung erfolgte mittels 32 Elektroden, die an einer Elektrodenkappe befestigt waren und 2 Elektroden am linken (M1) und rechten (M2) Mastoiden. Die Referenzelektrode wurde an der Nase angebracht. Das Elektrookulogramm (EOG) wurde von zwei Elektrodenpaaren aufgezeichnet. Jeweils eine Elektrode wurde über und unter dem rechten Auge (vertikale Augenbewegungen) und links, sowie rechts der beiden Augen (horizontale Augenbewegungen) angebracht. Die EEG-Aufzeichnung erfolgte mit einer Sampling-Rate von 512 Hz und einem Online Filter von 0,01 bis 100 Hz (ActiveTwo Verstärkersystems, BioSemi).

### **EEG Analyse**

Die Analyse und Verarbeitung der EEG-Daten wurde mit der Matlab Toolbox EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004) durchgeführt. Die Elektrodenpaare, die das horizontale und vertikale Elektrookulogramm aufzeichneten, wurden nachträglich bipolarisiert. Die EEG-

Daten wurden unter Nutzung eines windowed sinc FIR Filters sowohl tiefpassgefiltert (Cutoff: 30 Hz, Transition bandwidth: 5 Hz, Blackman Fenster), als auch hochpassgefiltert (Cutoff: 0,5 Hz, Transition bandwidth: 1 Hz, Blackman Fenster). Die Epochierung in Segmente erfolgte getrennt für Standards und Deviants, beginnend 100 ms vor dem Stimulus-Onset, endend 600 ms nach dem Stimulus-Onset. Eine Baseline-Korrektur wurde in Bezug auf die 100 ms Prä-Stimulus-Baseline durchgeführt. Alle Epochen mit Werten, die  $-100\ \mu\text{V}$  unterschritten, oder  $+100\ \mu\text{V}$  überschritten, wurden von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

### **Statistische Analyse**

Für die drei epochierten Bedingungen (Standard, Aversiv und Neutral) wurden jeweils getrennt die Grand Averages berechnet. Um die MMN zu visualisieren und den Peak der Komponente zu identifizieren wurden durch Subtraktion der Deviant-EKPs von den Standard-EKPs die Differenzkurven für aversive und neutrale Deviants gebildet. Die mittleren Amplituden (= MMN) wurden für einen Zeitraum von 40 ms um den Peak (zwischen 120 ms und 160 ms) gebildet. Die Analyse der Amplitudenwerte wurde mithilfe des statistischen Softwarepakets R (Version 3.5.2; R Core Team, 2018) durchgeführt. Zum Vergleich der Amplituden an den Elektroden Fz, Cz, M1 und M2 wurde eine ANOVA mit Messwiederholung verwendet. Valenz der Geräusche und Elektrode waren within-subject Faktoren. Bei Verletzung der Sphärizität wurde die Greenhouse-Geißer-Korrektur angewendet. Post-Hoc t-Tests wurden durchgeführt um einzelne Effekte zu überprüfen.

### **Resultate**

In Abbildung 1 sind exemplarisch an den Elektroden Fz und M1 die EKPs für beide Deviant Bedingungen im Vergleich mit den Standard EKPs und die daraus resultierenden Differenzkurven abgebildet. Abbildung 2 zeigt jeweils die Differenzkurven für aversive und neutrale Deviants im direkten Vergleich. Die MMN-Amplituden an den Elektroden Fz, Cz, M1 und M2 für aversive und neutrale Deviants werden in Abbildung 2 verglichen.

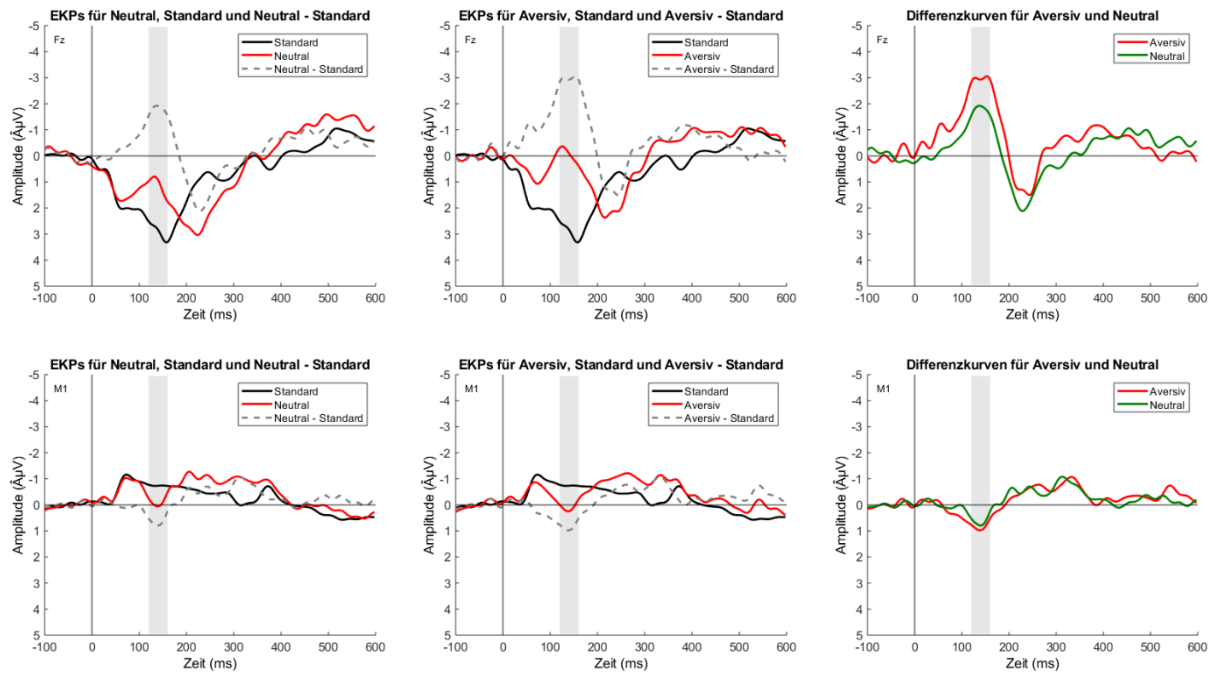


Abbildung 1: Grand Average EKP und Differenzkurven an den Elektroden Fz (obere Reihe) und M1 (untere Reihe). Linke Spalte: Neutrale Deviant- und Standard EKP, sowie Differenzkurve (Deviant – Standard). Mittlere Spalte: Aversive Deviant- und Standard EKP, sowie Differenzkurve (Aversiv – Standard). Rechte Spalte: Differenzkurven für aversive und neutrale Deviants im direkten Vergleich. Die grau schattierte Fläche markiert das für die Quantifizierung der MMN gewählte Zeitfenster (120 bis 160 ms).

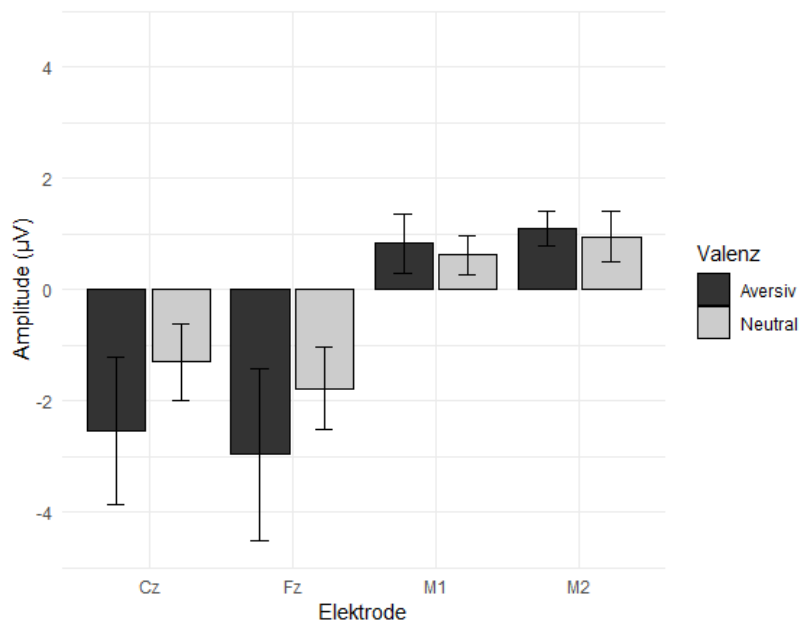


Abbildung 2: Vergleich der MMN-Amplituden (in  $\mu V$ ) für aversive und neutrale Deviants getrennt an den Elektroden Fz, Cz, M1, M2. Fehlerbalken zeigen jeweils die Standardabweichung.

Tabelle 1: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung für den Vergleich der Amplitudenwerte.

Prädiktor	$df_{Num}$	$df_{Den}$	$Epsilon$	$SS_{Num}$	$SS_{Den}$	$F$	$p$	$\eta^2_g$
(Intercept)	1.00	7.00		25.71	11.88	15.15	.006	.38
Valenz	1.00	7.00		4.28	6.73	4.45	.073	.09
Elektrode	1.39	9.71	0.46	148.84	14.09	73.93	.000***	.78
Valenz x Elektrode	1.23	8.61	0.41	7.70	8.58	6.29	.030*	.16

\*  $p < .05$   
 \*\*\*  $p < .001$

Die statistische Analyse der Amplitudenwerte mithilfe einer ANOVA (Valenz X Elektrode) ergab einen signifikanten Haupteffekt für Elektrode ( $F(1.39,9.71) = 73.93, p < .001, \eta^2_g = .78$ ), sowie einen signifikanten Interaktionseffekt für Valenz X Elektrode ( $F(1.23,8.61) = 6.29, p = .03, \eta^2_g = .16$ ). Die detaillierten Ergebnisse der ANOVA sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Um den Interaktionseffekt besser erklären zu können wurden die Amplituden an der Fz und Cz Elektrode getrennt von den Amplituden an der M1 und M2 Elektrode post-hoc mithilfe von t-Tests analysiert. Ein einseitiger t-Test für die Amplitudenwerte an den Elektroden Fz und Cz konnte zeigen, dass die Negativierung für aversive Deviants ( $M = -2.75, SD = 1.41$ ) signifikant größer war, als für neutrale Deviants ( $-1.54, SD = .73; (t(15) = -3.63$  und  $p = .001$ ). Der Unterschied der Amplituden zwischen aversiven und neutralen Deviants an den Mastoidelektroden war nicht signifikant ( $t(15) = 1.36$  und  $p = .097$ ).

## Diskussion

Die Negativierung der mittleren Amplituden und damit die MMN-Komponente war in diesem Experiment für aversive Geräusche stärker, als für neutrale Geräusche. Damit konnte die aufgestellte Hypothese bestätigt werden und die Ergebnisse von Czigler et al. (2007) repliziert werden. Dies ist ein weiterer Befund, der eine veränderte Verarbeitung affektiver Stimuli zeigen kann. Die hohe zeitliche Auflösung des EEG kann Aufschluss darüber geben, mit welcher Geschwindigkeit diese Effekte ablaufen. Der Peak der MMN-Komponente war hier bereits 140 ms nach Präsentation des Stimulus erreicht. Eine Aussage über die räumliche

Verarbeitung affektiver Stimuli ist mit dieser Methode jedoch nicht zu treffen. Kumar et al. (2012) konnten in einer fMRI Studie bereits für aversive Geräusche eine stärkere Aktivierung des auditiven Kortex und der Amygdala, welcher häufig eine zentrale Rolle bei der Verarbeitung affektiver Stimuli zukommt, finden. Trotz der Bestätigung der gestellten Hypothese muss diese Studie mit einigen Limitationen auskommen. Zu erwähnen ist an dieser Stelle besonders die geringe Größe ( $N = 8$ ) und selektive Verzerrung (Studenten eines universitären Psychologiekurses) der Stichprobe, was die statistische Power der Ergebnisse einschränkt.

Affektive Reize sind von alltäglicher und offensichtlicher Relevanz. Mit dieser Studie konnten mit neurowissenschaftlichen Methoden weitere Einblicke in deren bevorzugte Verarbeitung gewonnen werden. Weitere Forschung ist nötig um ein tiefergehendes Verständnis der dahinterliegenden Mechanismen zu erlangen.



## Referenzen

Czigler, I., Cox, T. J., Gyimesi, K., & Horváth, J. (2007). Event-related potential study to aversive auditory stimuli. *Neuroscience letters*, 420(3), 251-256.

Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of neuroscience methods*, 134(1), 9-21.

Glasberg, B.R. and Moore, B.C.J. (2002) A Model of loudness Applicable to Time-Varying Sound. *Journal of the Audio Engineering Society*, 50, 331-342.

Halpern, D. L., Blake, R., & Hillenbrand, J. (1986). Psychoacoustics of a chilling sound. *Perception & Psychophysics*, 39(2), 77-80.

Kumar, S., Forster, H. M., Bailey, P., & Griffiths, T. D. (2008). Mapping unpleasantness of sounds to their auditory representation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124(6), 3810-3817.

Kumar, S., von Kriegstein, K., Friston, K., & Griffiths, T. D. (2012). Features versus feelings: dissociable representations of the acoustic features and valence of aversive sounds. *Journal of Neuroscience*, 32(41), 14184-14192.

Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.