

Ereignis-korrelierte Potentiale bei der
Wiedererkennung von verhaltensrelevanten
Szenen

Bachelorarbeit der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen
Fakultät der Eberhard Karls Universität Tübingen

vorgelegt von

Simon Klesen

Tübingen, April 2014

Erklärung

Hiermit erkläre ich,

- dass ich diese Arbeit selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.
- dass die eingereichte Arbeit weder vollständig noch in wesentlichen Teilen Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens gewesen ist.

Tübingen, den 11.04.2014

Zusammenfassung

Wir untersuchten in unserer Studie Ereignis-korrelierte Potentiale bei der Wiedererkennung von verhaltensrelevanten Szenen. Wir wollten herausfinden ob die Wiedererkennung von verhaltensrelevanten und verhaltensirrelevanten Szenen einem der Prozesse der *dual process theory* zuzuordnen ist. Dazu wurden Versuchspersonen, welche an ein EEG angeschlossen waren, Bildersequenzen in einer Lernphase gezeigt, welche sie in einer unmittelbar darauffolgenden Testphase wiedererkennen sollten. Die Ergebnisse zeigten, dass die von uns für die Wiedererkennung gefundenen EKP Korrelate nicht eindeutig einem der Prozesse zuzuordnen waren. Zusätzlich fanden wir P300 Korrelate, die dafür sprechen, dass die Entscheidungen der Versuchspersonen, ob sie eine bekannte Szene sahen sich durch eine veränderte P300 Welle definiert. Wir schließen daraus, dass die P300 bei der Detektion des verhaltensrelevanten Bildes involviert ist und die spätere Entscheidung beeinflusst.

Inhalt

1. Einleitung.....	7
2. Material und Methoden.....	11
2.1 Versuchspersonen.....	11
2.2 Materialien	11
2.3 Stimulus.....	12
2.4 Prozedur	13
2.5 EEG Auswertung.....	15
3. Ergebnisse	16
3.1 EEG	16
3.2 Verhalten	27
4. Diskussion.....	29
5. Literaturverzeichnis	33
6. Anhang	35

1. Einleitung

Die Erkennung von Szenen ist einer der fundamentalsten Prozesse zur Navigation und Verhalten des Menschen in seiner Umwelt. Wenn ein Bild bzw. eine Szene präsentiert und später abgefragt wird, hängt die Richtigkeit der Antwort von der Präsentationszeit der entsprechenden Szene ab. Die Länge der Sequenz und auch die Länge aller anderen Bilder der Sequenz spielt dabei keine Rolle (Potter, 1969). Allerdings ist die Erkennungsrate von präsentierten Stimuli von dem Bild abhängig, beispielsweise kann bei sehr kurzen Präsentationszeiten die Hauptaussage der Szene detektiert werden, jedoch nicht deren Einzelheiten. Die Szenenerkennung funktioniert bis zu einer Sequenz in der Stimuli mit einer Frequenz von 10 Hz präsentiert werden, jedoch werden diese schnell wieder vergessen, bzw. durch neue Stimuli verdrängt (Potter, 1969; Potter, 1976; Intraub, 1981). Dies lässt sich bis auf eine Präsentationszeit von 10 – 40 ms herunterbrechen, bei der nur noch Eigenschaften der präsentierten Szene wie ländlich, städtisch oder angenehm wahrgenommen werden können (Kaplan, 1992; Joubert, 2007). Greene (2007) zeigte, dass die wichtigsten Eigenschaften, in Bezug auf die Detektion einer Umweltszene, Tiefe, Weite und Passierbarkeit sind. Die Erkennungsrate bei solchen Experimenten ist von den Abfragebedingungen abhängig, wenn mit einer Ja-Nein Frage abgefragt wird, ob das entsprechende Bild in der Frequenz auftritt. Im Ergebnis führt dies zu einer schlechteren Erkennungsrate als bei einer Abfrage, bei der zwischen zwei Bildern ausgewählt werden muss (Shepard 1967, Nickerson 1965). Somit spielt die Präsentationszeit bei Experimenten der Szenenerkennung sowie die Abfrage eine entscheidende Rolle. Obwohl die Szenenerkennung des Menschen so optimiert ist, fällt es ihm schwer, Wechsel in einer Szene festzustellen. Zum Beispiel kann der Mensch nicht erkennen, ob sich ein Objekt innerhalb eines Bildes ändert, wenn ein Objekt in einer Szene seine Farbe oder Ausrichtung ändert. Selbst wenn die Probanden darauf hingewiesen werden wann und wo der Wechsel stattfindet ist die Erkennung sehr schlecht, außer wenn die Person in dem Moment des Wechsels das entsprechende Objekt anvisiert (Wolfe, 2006). Weiterhin hat Wolfe (2007) herausgefunden, dass die Szenenerkennung auch durch Ablenkungsaufgaben beeinflusst wird. Wenn die Versuchsperson eine visuelle Ablenkungsaufgabe erledigen musste war die Szenenerkennung stärker eingeschränkt als bei einer auditiven Ablenkungsaufgabe. Somit beeinflusst der Input an verschiedenen Stimuli die Erinnerung an eine Szene.

Ein klassischer old / new Task, der in solchen Wiedererkennungsexperimenten angewendet wird, besteht aus einer Lernphase in der die „alten“ Bilder definiert werden, an die sich die

Versuchsperson zurückerinnern soll. In einer Testphase, welche von der Lernphase zeitlich getrennt ist, werden dann Bilder abgefragt, wobei nur einige davon den Bildern aus der Lernphase entsprechen. Die zeitliche Trennung der Lern- und Testphase kann je nach der Intention des Experimentes variieren (z.B. eine Stunde oder ein Tag Pause dazwischen). Die Wiedererkennung in Zusammenhang mit Ereignis korrelierten Potentialen (EKPs) wurde von Friedman (1990) mit Hilfe von Bildern einfacher Objekte durchgeführt. In dem Versuch ging es darum, alte Bilder, die erneut präsentiert wurden, richtig wiederzuerkennen. Zwischen den alten Bildern wurden in einem Abstand von 2, 8 oder 32 Bildern neue präsentiert. Die Studie zeigte, dass die Entscheidung, ob ein neues oder altes Bild gezeigt wurde, im EKP hauptsächlich durch eine ausgeprägt N300 Welle zum Tragen komme, welche von einer nachfolgenden langsamen, positiven Welle begleitet wird. Die alten Bilder führten in der N300 Welle zu einer stärkeren Positivierung der EKPs als die neuen Bilder. Außerdem erzeugten die Abstände zwischen den zu erkennenden Bildern keinem Effekt in den EKPs. Rugg (1998) untersuchte die Korrelate mit einer Worterkennungsaufgabe nach dem Schema des old / new Task. Dabei mussten die Probanden in einer zeitlich getrennten Lern- und Testphase entscheiden, ob es sich um ein gelerntes Wort handelt oder nicht. Es wurden zwei Lernphasen unterschieden, eine mit intensiv gelernten Wörtern und eine mit oberflächlich gelernten Wörtern. Er fand heraus, dass bei wiedererkannten Wörtern, sowohl den intensiv als auch den oberflächlich gelernten, im frontalen Kopfbereich ab 300 – 500 ms eine stärkere Positivierung in den EKPs zu erkennen ist und dass sich das EKP im parietalen Bereich vom frontalen Bereich unterscheidet. Unabhängig von der Wiedererkennungsrate führten alte und vor allem intensiv gelernte Wörter zu positiveren EKPs. Für die gefundenen Effekte wurde die unterschiedliche Verarbeitung der alten und neuen Wörter im impliziten und expliziten Gedächtnis verantwortlich gemacht. Rugg und Curran (2007) bezeichnen dies als die *dual process theory*. Dabei handelt es sich um die unterschiedliche Verarbeitung durch *familiarity* und *recollection*. Der *familiarity* Prozess wird dem impliziten Gedächtnis zugeordnet und es wird vermutet, dass es sich dabei um einen Ähnlichkeitsabgleich zwischen aktuellem und zuvor gesehenen Bildes handelt. Dieser Abgleich ist schnell, läuft relativ automatisch ab und enthält keine qualitative Information über die gelernte Episode. Im Gegensatz dazu wird der *recollection* Prozess dem expliziten Gedächtnis zugeschrieben. Dieser Prozess ist langsamer und enthält bewusst zugreifbare Informationen über den zeitlichen Zusammenhang und den Kontext, in dem das erinnerte Element erschien.

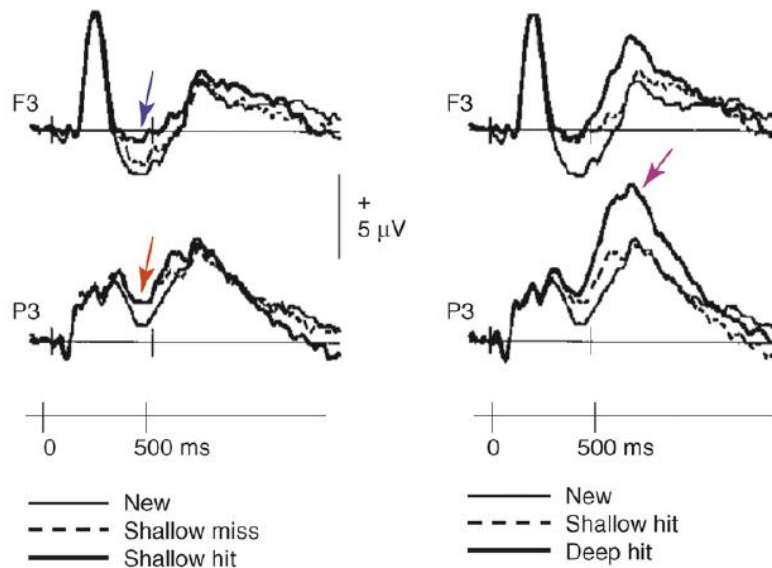


Abb. 1: Der frontale und parietale old / new Effekt der oberflächlich und intensiv gelernten Wörter. Frontal gibt es bei den oberflächlich gelernten Wörtern eine klare Auftrennung zwischen den Treffern und Auslassern. Im parietalen Bereich gibt es eine wesentlich stärkere Positivierung des EKPs der intensiv gelernten Wörter, was im Gegensatz zu dem EKP der oberflächlich gelernten für eine *recollection* spricht. Die neuen Wörter produzieren das negativste EKP Signal. (Rugg 1998)

So wird der frontale old / new Effekt (300 – 500 ms) durch diesen Ähnlichkeitsfaktor (*familiarity*) beeinflusst, nicht jedoch der parietale (400 – 800 ms), der davon abhängig ist, ob eine Rückerinnerung (*recollection*) an das alte Bild stattfindet. Weiterhin wurde diskutiert, ob ähnliche Stimuli einen Unterschied im EKP erzeugen. Dazu hat Curran (2000) ein old / new Experiment durchgeführt, in dem er Wörter wie Truck und Trucks als Stimuli verwendete, um den old / new Effekt in Bezug auf Ähnlichkeit zu untersuchen. Hier wurden die Wörter in einer zeitlich getrennten Lernphase gelernt, und in der Testphase wurden die ähnlichen Varianten der gelernten Wörter hinzugefügt. Er fand heraus, dass einerseits die ähnlichen Wörter eine höhere falsche Alarm Rate aufwiesen und, dass andererseits sowohl bei dem frontalen als auch dem parietalen old / new Effekt die ähnlichen Wörter ein negativeres EKP als Treffer aufwiesen und ein positiveres als korrekte Zurückweisungen. Dies nannte er FN400 old / new Effekt. Daraus ist zu schließen, dass ähnliche Wörter nicht wie unbekannte und nicht wie bekannte verarbeitet werden, sondern durch ein Mittel von beiden, die vorher dargelegte *dual process theory*, wonach Erinnerungs- und Ähnlichkeitsprozesse im Wiedererkennungsgedächtnis getrennt verarbeitet werden.

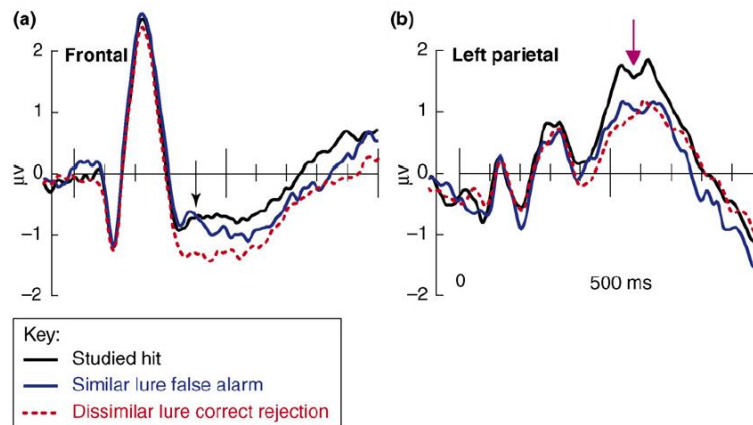


Abb. 2: EKP Signale aus dem Wiedererkennungsexperiment von Curran (2000) mit ähnlichen Wörtern. Ab ca. 400 ms ist im frontalen Bereich der FN400 old / new Effekt zu erkennen, welcher sich dadurch auszeichnet, dass alte Wörter ein positiveres EKP als neue erzeugen, und ähnliche Wörter sich zwischen den beiden Linien befinden. Im parietalen Bereich gibt es den FN400 old / new Effekt nicht, hier ist der Verlauf der EKPs davon abhängig ob eine recollection zu dem Stimuli stattfindet.

In einem darauf folgenden ähnlichen Experiment, in dem nun mit Bildern statt Wörtern getestet wurde, wurden als ähnliche Bilder Spiegelbilder der vorher gelernten genutzt. Dabei wurde ebenfalls bestätigt, dass der frontale old / new Effekt (FN400) von der Ähnlichkeit der Bilder abhing und der parietale old / new Effekt von der Rückerinnerung an die Bilder (Curran, 2003). Diese Effekte sind für die Stimuli Bilder und Wörter gut untersucht, jedoch fehlt bisher der Zusammenhang zwischen verhaltensrelevanten und verhaltensirrelevanten Szenen. Wir vermuten einen ähnlichen Zusammenhang wie zwischen den intensiv und oberflächlich gelernten Wörtern, da durch eine erhöhte Fokussierung der Aufmerksamkeit auf die verhaltensrelevanten Bilder, diese intensiver gelernt werden könnten. Um diesen Nachweis führen zu können werden in dieser Studie Bilder von Raumszenen als Stimuli verwendet, die in einer festgelegten Anordnung entlang eines Flures gelernt und abgefragt werden. Damit ist das Ziel der Studie die genannten Effekte in Bezug auf verhaltensrelevante Szenen mit Hilfe von EKPs zu testen.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchspersonen

Insgesamt 15, davon acht weibliche, Versuchspersonen - Studenten der Universität Tübingen im Alter von 18 – 35 Jahren - nahmen an dem Experiment teil. Probanden mit einer Fehlsichtigkeit hatten eine Sehhilfe und bei keinem der Teilnehmer lag eine kognitive, neuronale Erkrankung vor. Die insgesamt 15 gemessenen Versuchspersonen wurden in zwei Gruppen getrennt, nur die letztere ging in die Analyse ein. Die Ergebnisse der neun Probanden der ersten Gruppe wurden nicht analysiert, da der Versuchsablauf nach dieser geändert wurde. Am Ende des Versuches mussten die Teilnehmer einen Fragebogen mit insgesamt sieben Fragen beantworten (siehe Anhang).

2.2 Materialien

Für die Aufnahme des EEG wurde die actiCAP mit 16 aktiven Elektroden (Abb. 3) und ein Verstärker V-Amp 16 von Brain Products verwendet. Die Probanden wurden mit Hilfe eines Armbandes geerdet. Die Impedanz Einstellungen wurden mit der Software actiCAP Control, ebenfalls von Brain Products, aufgenommen. Das Experiment wurde gestartet, sobald die Impedanz jeder einzelnen Elektrode einen Wert unter 25 k Ω erreicht hatte. Die Aufzeichnung der EEG Rohdaten am PC erfolgte mit der Vision Recorder 1.2 von Brain Products. Für die weitere Verarbeitung wurde MATLAB R2013a, EEG-Lab 12 und die Brain Products Vision Analyser 1.2 Software verwendet. Die statistische Analyse wurde mit IBM SPSS Statistics 21 durchgeführt und die psychophysikalischen Daten wurden mit Excel aufbereitet. Der Versuch fand in einem schallisolierten Raum bei gedimmtem Licht statt und die Versuchspersonen saßen mit einem Abstand von 60 cm vor einem 18“ Bildschirm der eine Bildwiederholungsrate von 60 Hz hatte.

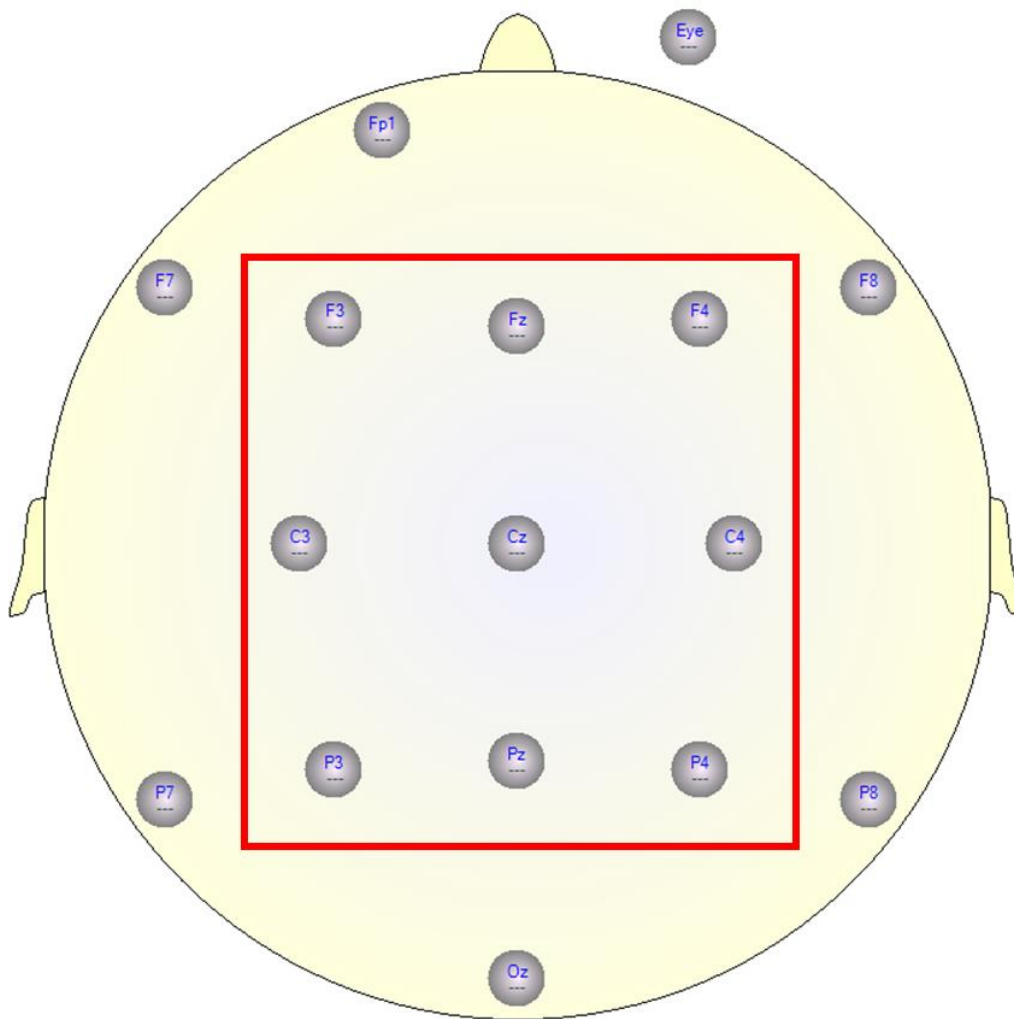


Abb. 3: Schematische Aufsicht auf den Kopf eines Versuchsteilnehmers mit allen 16 verwendeten Elektroden. Die Eye Elektrode wurde genutzt um ein Elektrookulogramm zu erstellen und die Fp1 Elektrode ersetzte die Eye Elektrode falls deren Messwerte unbrauchbar waren. In die Auswertung des EEG gingen nur die rot gekennzeichneten Elektroden ein.

2.3 Stimulus

Als Stimuli dienten Bilder von verschiedenen Räumen, die in sechs Kategorien eingeteilt wurden: Wohnzimmer, Küche, Büro, Bibliothek, Konferenzraum und Lager. Pro Kategorie gab es zwölf Bilder, also insgesamt 72 verschiedene Bilder. Die Bilder hatten eine Größe von 256 x 256 Pixel und wurden für den Versuch auf 700 x 700 Pixel hochskaliert, somit wurden die Stimuli den Versuchspersonen mit einem Schinkel von $19,4^\circ$ präsentiert. Alle Bilder wurden für 600 ms auf schwarzem Hintergrund gezeigt. Zwischen allen Bildern

wurde jeweils für 350 ms ein weißes Fixationskreuz, mit einem Sehwinkel von 2°, in der Mitte des Bildschirms dargestellt.

2.4 Prozedur

Ein Durchlauf bestand aus einer Lern- und Testphase. Die Lernphase begann mit einem Bild eines Korridors mit zwei Türen, die Probanden haben die Möglichkeit eine Tür mit einem Links- oder Rechtsklick auszuwählen, worauf der gewählte Raum als Bild mit einem grünen Rahmen erschien. Da die Versuchspersonen angewiesen wurden, diesen Raum in der Testphase wieder zu erkennen, handelte es sich hier um einen verhaltensrelevanten Stimulus. Im Anschluss erschien ein weiterer Raum mit einem roten Rahmen, der den Raum hinter der nicht geöffneten Tür darstellen sollte, dieser Stimulus diente als Distraktor. Der Ablauf wiederholte sich sechsmal, das heißt, es wurden sechs Korridore durchschritten. Zur Hälfte stammten der verhaltensrelevante Stimulus und der Distraktorstimulus aus der gleichen Bilderkategorie und zur anderen Hälfte aus unterschiedlichen. Nachdem eine Lernphase beendet wurde, folgte direkt die Testphase. In der Testphase wurden sechs nicht gerahmte Testbilder gezeigt. Die Versuchsperson musste nun entscheiden, ob das gezeigte Bild dem verhaltensrelevanten Bild aus der Lernphase entsprach, dabei mussten die Teilnehmer die Reihenfolge der Lernphase beachten. Die Hälfte der Testbilder waren verhaltensrelevante Bilder und die andere Hälfte bestand zu einem Drittel aus Distraktoren und zu zwei Drittel aus Bildern, die nicht in der Lernphase vorkamen. Diese neuen Bilder bestanden zur Hälfte aus Bildern der gleichen Kategorie wie das dazugehörige verhaltensrelevante Bild und zur anderen Hälfte aus Bildern einer anderen Kategorie. Auf das Testbild folgte jeweils die Frage, ob sie den richtigen Raum betreten haben, die die Probanden mit Ja oder Nein jeweils mit einem Links- oder Rechtsklick beantworten mussten. In diesem Experiment wurden insgesamt 102 Durchläufe absolviert, die in 17 Blöcke unterteilt wurden. Dabei diente der erste Block der Eingewöhnung für den Versuch und wurde nicht in die Auswertung aufgenommen. Innerhalb eines Blocks wurden alle Bilder jeweils einmal gezeigt. Vor Beginn des Versuchs wurden die Teilnehmer angewiesen, stets das Fixationskreuz anzusehen und während der Bildpräsentation Augenbewegungen und Blinzeln zu vermeiden. Sie wurden darauf aufmerksam gemacht, dass in der Testphase neue Bilder erscheinen können. Zu Anfang jeder Lernphase stand es den Probanden frei, eine Pause

einzulegen. Das gesamte Experiment dauerte zwischen 1:45 h und 2:00 h inklusive der Montage des Elektroenzephalogramm (EEG).

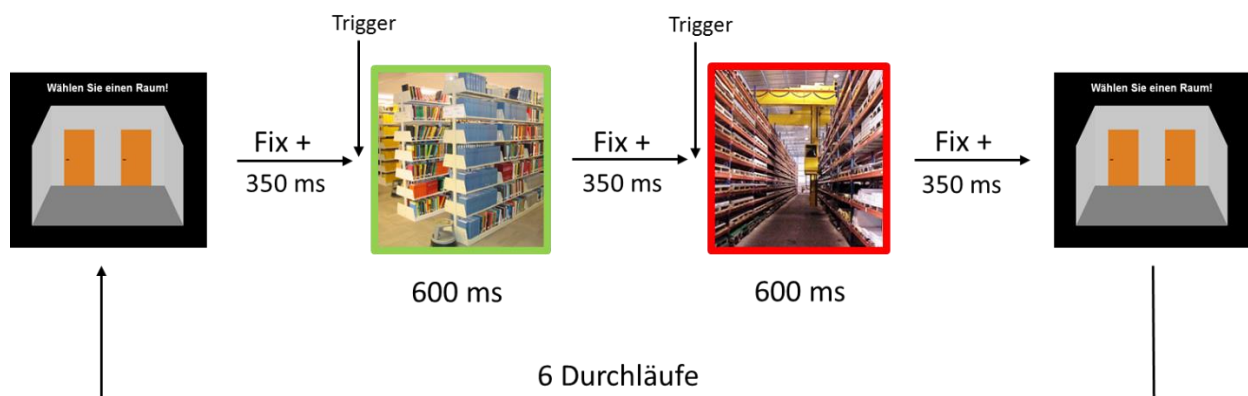


Abb. 4: Schematischer Ablauf der Lernphase. Zunächst konnten die Versuchspersonen eine Tür wählen, worauf der entsprechende Raum mit einem grünen Rahmen (verhaltensrelevanter Reiz) und danach der distraktor Raum mit rotem Rahmen dargestellt wurde. Bei jedem der Bilder war jeweils ein Triggersignal vorgeschaltet. Zwischen jedem Bild wurde für 350 ms ein Fixationskreuz (Fix +) präsentiert.



Abb. 5: Schematischer Ablauf der Testphase. Die Testphase die sich unmittelbar an die Lernphase anschloss begann jeweils mit einem Testbild, welches 600 ms präsentiert wurde. Auf das Testbild folgte immer die Frage ob der Proband den richtigen Raum betreten hatte. Nach der Abfrage folgt das nächste Testbild wobei sich die Reihenfolge auf die der Korridore der Lernphase bezog. Zwischen den Bildern und der Abfrage wurde jeweils ein Fixationskreuz (Fix +) gezeigt und vor jedes Testbild wurde ein Trigger gesetzt. Insgesamt wurden pro Testphase sechs Bilder gezeigt. An die Testphase schloss sich eine neue Lernphase an.

2.5 EEG Auswertung

Für die Analyse der EEG Daten wurden neun Elektroden (F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4) verwendet (Abb. 3). Vor dem Onset jedes Bildes wurde jeweils ein Triggersignal gesetzt. Von Interesse waren die Triggersignale beim Onset des Testbildes (T3) sowie die Triggersignale beim Onset des verhaltensrelevanten Bildes (T1) und des Distraktors (T2). Die aufgenommenen Rohdaten wurden mit einem Tiefpassfilter von 100 Hz, einem Hochpassfilter 0,1 Hz und einem Notch-Filter von 50 Hz gefiltert. Für die Baseline Korrektur des EEG Signals wurde der Bereich von 0 – 200 ms vor dem jeweiligen Triggersignal genutzt. Anhand dieser Triggersignale wurde das EEG Signal in jeweils 800 ms lange Segmente unterteilt. Die gemittelten Segmente des jeweiligen Triggersignals wurden über alle Versuchspersonen gemittelt, dies wird als *Grand Average* bezeichnet. Es wurde ein Elektrokulogramm am musculus oculi orbicularis angelegt, damit wurden Augenblinzeln und Augenbewegungen detektiert und beim Überschreiten einer Schwelle von 50 μ V wurde das jeweilige Segment aussortiert. Die *Grand Averages* wurden in vier Bedingungen eingeteilt: Treffer, Auslasser, korrekte Zurückweisung und falscher Alarm. Für die statistische Analyse wurden die *Grand Averages* der jeweiligen Triggersignale in relevante Zeitabschnitte unterteilt, die den Verlauf der Ereignis-korrelierten Potentiale (EKP) des *Grand Averages* beschreiben. Diese Einteilung ist unter anderem begründet auf den in den old / new Task Studien gefundenen EKP Korrelaten, sowie auffälligen Unterschieden der Amplituden zwischen den Bedingungen. Für T1 und T2 wurden die Bereiche von 150 – 300 ms, 300 – 600 ms, gewählt und T3 wurde in die Bereiche 200 – 400 ms, 400 – 500 ms, 500 – 600 ms und 600 – 800 ms unterteilt. Für alle Zeitabschnitte wurden zweifaktorielle ANOVAs mit Messwiederholung mit den Faktoren Elektrode und Bedingung (Treffer, Auslasser, korrekte Zurückweisung und falscher Alarm) berechnet. Für die post hoc Analyse wurde eine Least Square Diviation (LSD) verwendet. Die Scalp Maps wurden mit der Brain Electrical Source Analysis Software (BESA) für den *Grand Average* des Testbildes erstellt und in diese ging alle 16 Elektroden ein außer die EOG und die Fp1 Elektrode.

3. Ergebnisse

Die in der Einleitung beschriebenen Effekte sind in diesem Versuch bei T3 zu erwarten, also dem Testbild, weshalb der Großteil der Auswertung sich auf die EKPs von T3 bezieht. Im frühen Zeitraum ist der frontale old / new Effekt zu erwarten, welcher sich durch eine stärkere Positivierung des EKPs bekannter Szenen auszeichnet, im späteren Verlauf ist der parietale old / new Effekt, der durch Positivierung für eine *recollection* spricht.

3.1 EEG

Der *Grand Average* des EKPs im Bereich von 200 – 400 ms ergab signifikante Spannungsunterschiede zwischen den Elektroden ($F(8) = 31,444$; $p < 0,0001$), jedoch nicht unter den verschiedenen Bedingungen ($F(3, 2) = 2,472$; $p = 0,102$). Zwischen den beiden Faktoren Elektrode und Bedingung wurde keine Interaktion festgestellt.

Um zu untersuchen, ob sich die gemessene Spannung von der linken Hemisphäre zur Rechten veränderte, wurden jeweils die drei linken, zentralen und rechten Elektroden sagittal eingeteilt und untereinander getestet. Diese Bereiche waren zu keinem Zeitraum signifikant unterschiedlich. Ebenfalls wurden die Elektroden in frontale, zentrale und parietale Frontalebene eingeteilt. Diese Kopfbereiche waren in jedem Zeitabschnitt signifikant unterschiedlich (200 – 400 ms: $p < 0,001$; 400 – 500 ms: $p < 0,001$; 500 – 600 ms: $p < 0,001$; 600 – 800 ms: $p < 0,001$). Außerdem zeigte eine post hoc Analyse, dass auch die Bereiche untereinander, bis auf den zentralen zum parietalen Bereich im Zeitraum von 600 – 800 ms signifikant unterschiedlich waren (Tab. 1).

ms	frontal			sagittal		
	frontal zu zentral	frontal zu parietal	zentral zu parietal	links zu zentral	links zu rechts	zentral zu rechts
200 - 400	0,001	0,001	0,002	0,114	0,632	0,337
400 - 500	0,002	0,001	0,001	0,336	0,834	0,126
500 - 600	0,002	0,002	0,003	0,791	0,435	0,258
600 - 800	0,002	0,003	0,16	0,861	0,069	0,083

Tab. 1: P-Werte der post hoc Analyse (LSD) über die Bereiche untereinander. Die Frontalebene unterschieden sich alle Bereiche signifikant untereinander bis auf den zentralen zum parietalen

Bereich im Zeitraum von 600 – 800 ms. Bei den sagittalen Bereichen gab es zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied.

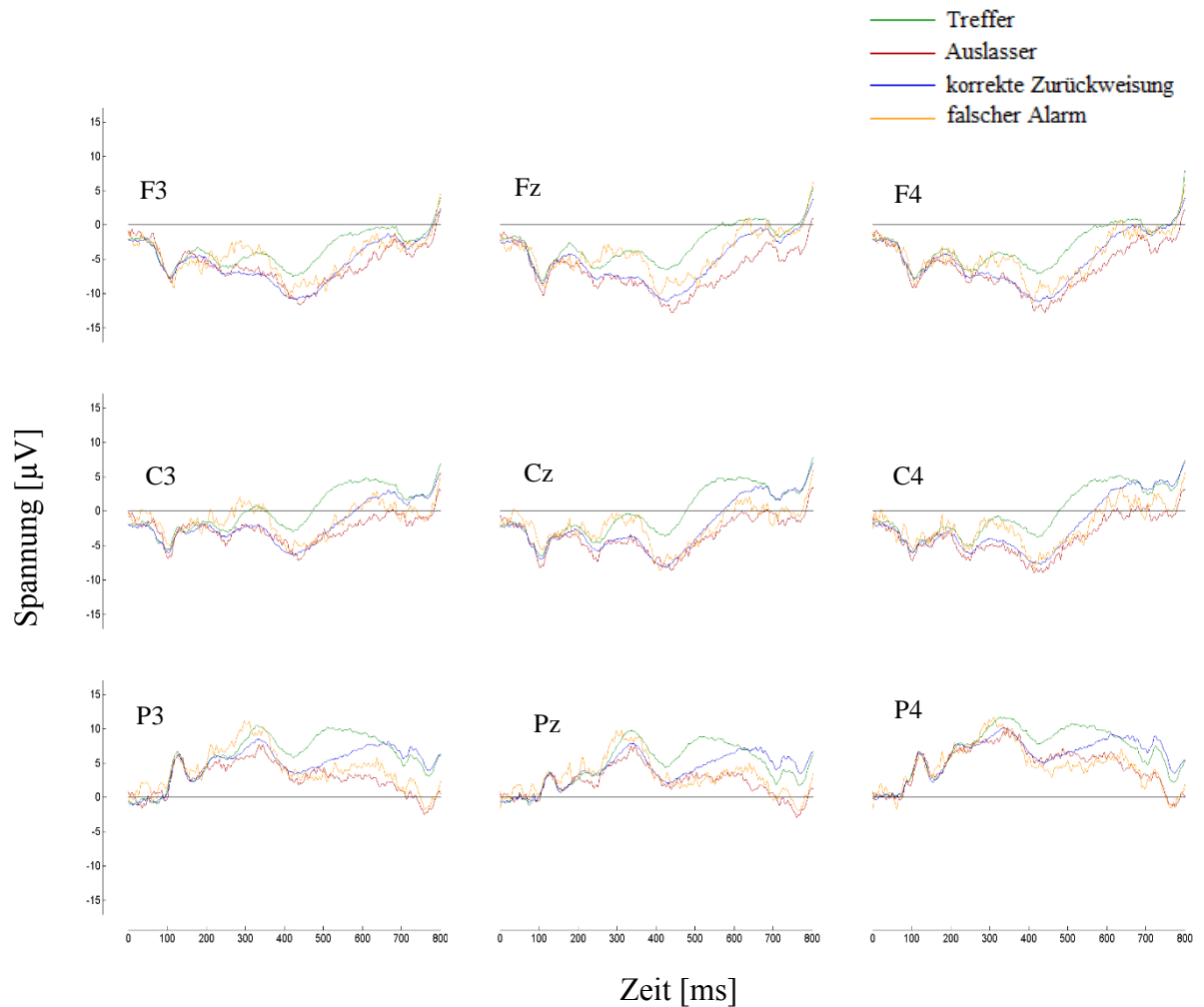


Abb. 6: EKPs aller Bedingungen von allen ausgewerteten Elektroden. Frontal waren in dem Zeitraum von 200 – 400 ms die EKPs der Treffer und falschen Alarme nicht signifikant unterschiedlich. Die Treffer unterschieden sich signifikant zu den Auslassern und den korrekten Zurückweisungen (Fz, F4, Cz, C4). In dem Zeitraum von 400 – 500 ms stellte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Treffern und den falschen Alarmen ein ($F(1, 4) = 10,215$; $p = 0,024$; Cz, C4, P4). Die Treffer unterschieden sich weiterhin signifikant zu den Auslassern (Fz, F4, Cz, C4) und korrekten Zurückweisungen (F3, Fz, F4, C3, Cz, C4). Im Zeitraum von 500 – 600 ms gab es signifikante Unterschiede zwischen den Treffern und allen anderen Bedingungen. Im letzten Zeitabschnitt unterschieden sich die Treffer und korrekten Zurückweisungen nicht signifikant.

Anhand der Scalp Maps wurden die Elektroden ausgewählt bei denen Differenzen zwischen zwei Bedingungen besonders auffällig waren.

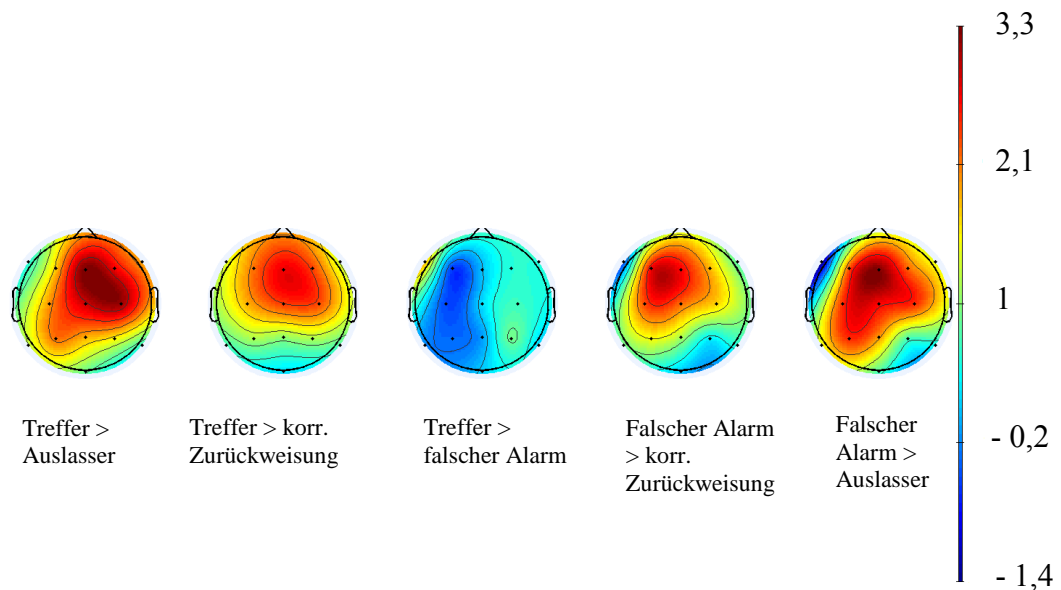


Abb. 7: Scalp Maps zeigen die Differenzen der gemessenen Spannung an den Elektroden zwischen den jeweiligen Bedingungen im Messzeitraum von 200 – 400 ms. Bei jeweiligen Bedingungen sind besonders große Differenzen im frontalen, zentralen Bereich außer bei den Treffern zu falschen Alarmen, hier sind die Differenzen eher in der linken Hemisphäre gelegen.

Im Zeitraum von 200 – 400 ms verliefen die EKPs der Treffer und falschen Alarme zusammen, weshalb hier kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Bedingungen zustande kam ($F(1, 4) = 0,004$; $p = 0,954$). Im selben Zeitraum unterschieden sich die Treffer jedoch im frontal-zentralen Bereich signifikant von den Auslassern ($F(1, 4) = 6,94$; $p = 0,046$) (Fz, F4, Cz, C4) und den korrekten Zurückweisungen ($F(1, 4) = 19,943$; $p = 0,007$) (F3, Fz, F4, C3, Cz, C4), wie in Abbildung 7 zu erkennen ist. Es gab frontal-zentral keine signifikanten Unterschiede in den EKPs der falschen Alarme und den der Auslasser ($F(1, 4) = 2,744$; $p = 0,159$) (F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3) und korrekten Zurückweisungen ($F(1, 4) = 2,603$; $p = 0,168$) (F3, Fz, C3, Cz). Im parietalen Bereich des Kopfes konnten im Bereich von 200 – 400 ms keine signifikanten Unterschiede weder zwischen den Bedingungen ($F(3, 2) = 1,316$; $p = 0,306$) (P3, Pz, P4) noch den Elektroden ($F(2, 3) = 3,320$; $p = 0,078$) festgestellt werden.

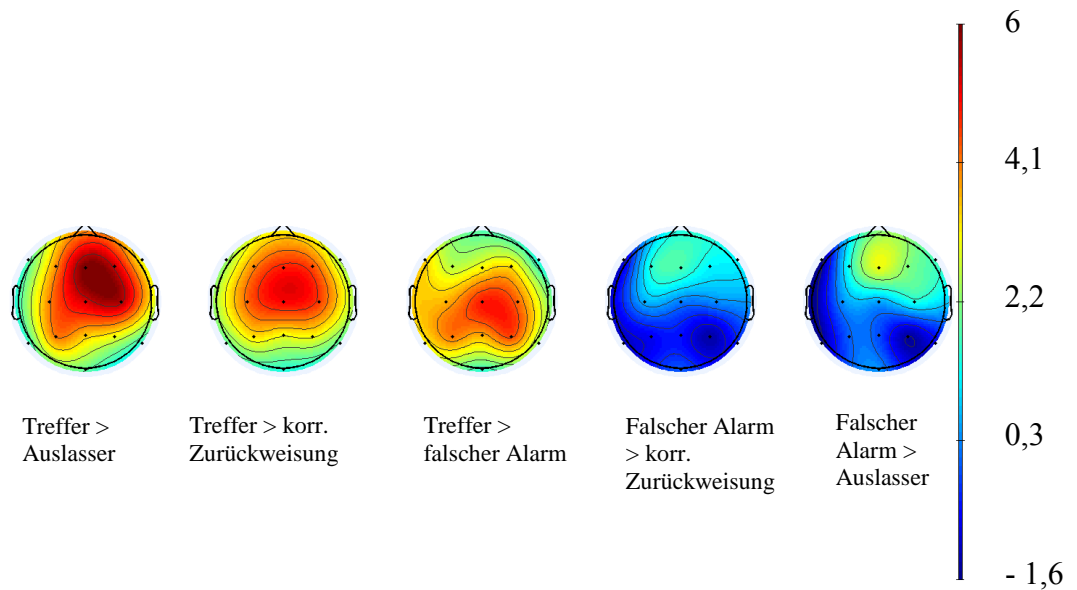


Abb. 8: Scalp Map der Spannungsdifferenzen zwischen verschiedenen Bedingungen im Messzeitraum von 400 – 500 ms. Die Differenzen verschieben sich zwischen den Treffern und falschen Alarmen im Gegensatz zu Abbildung 2 in den rechten zentral-parietalen Bereich. Bei den beiden rechten Scalp Maps sind die Differenzen nun hauptsächlich im parietalen Bereich zu finden (vgl. Abb. 7). Die ersten beiden Scalp Maps von rechts bleiben unverändert.

Im Zeitraum von 400 – 500 ms erwarten wir in den EKPs den frontalen old / new Effekt, welcher ähnlichkeitsabhängig ist und sich dadurch auszeichnet, dass bekannte Stimuli die positiveren EKPs erzeugen und Unbekannte die negativsten, ähnliche Stimuli befinden sich zwischen den beiden. Hier fingen die EKPs der Treffer und falschen Alarme an, sich aufzutrennen (Abb. 6), was der Vergleich der scalp maps verdeutlicht (Abb. 7 und Abb. 8). Das bestätigt eine ANOVA mit Messwiederholung der beiden Bedingungen der Elektroden Cz, C4 und P4 ($F(1, 4) = 10,215$; $p = 0,024$). Die Unterschiede der Treffer zu den Auslassern ($F(1, 4) = 16,344$; $p = 0,01$) (Fz, F4, Cz, C4) und den korrekten Zurückweisungen ($F(1, 4) = 13,503$; $p = 0,014$) (F3, Fz, F4, C3, Cz, C4) blieben im frontal-zentralen Bereich weiterhin bestehen. Durch die Annäherung der falschen Alarme an die korrekten Zurückweisungen ($F(1, 4) = 0,09$; $p = 0,777$) und die Auslasser ($F(1, 4) = 0,315$; $p = 0,599$), verschwanden hier die Unterschiede im Gegensatz zum Zeitraum von 200 – 400 ms.

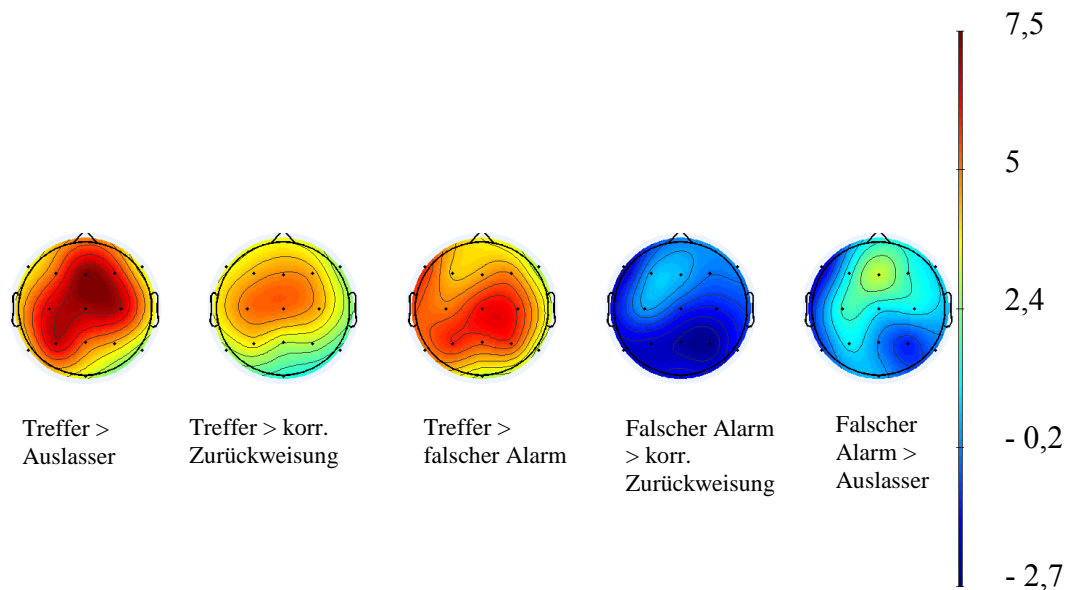


Abb. 9: Scalp Map der Spannungsdifferenzen zwischen verschiedenen Bedingungen im Messzeitraum von 500 – 600 ms. Die Differenzen zwischen den Treffern und den korrekten Zurückweisungen schwächen hier im frontal-zentralen Bereich ab. Die Spannungsdifferenzen zwischen den Treffern und den Auslassern breiten sich in den linken parietalen Bereich aus. Die restlichen Scalp Maps bleiben größtenteils unverändert (vgl. Abb. 8).

Im darauffolgenden Zeitraum von 500 – 600 ms ist zu erwarten, dass bei den Treffern eine *recollection* stattfindet. Diese definiert sich bei alten Bildern durch eine stärkere Positivierung als bei neuen Bildern. Die Differenzen der EKPs der Treffer und falschen Alarme im zentralen-parietalen Bereich bestehen ($F(1, 4) = 11,466$; $p = 0,02$; Cz, C4, P3, Pz, P4). Die Differenzen zwischen Treffer und Auslasser verschoben sich in den linken parietalen Bereich wie Abbildung 9 zeigt. Ebenfalls veränderten sich die Unterschiede zwischen den Treffern und Auslassern ($F(1, 4) = 15,925$; $p = 0,01$; Fz, F4, Cz, C4, P3), sowie zwischen den Treffern und korrekten Zurückweisungen ($F(1, 4) = 7,671$; $p = 0,039$; F3, Fz, F4, C3, Cz, C4) nicht. Im parietalen Bereich war in diesem Zeitabschnitt auch erstmals ein Trend zu erkennen ($F(1, 4) = 3,470$; $p = 0,122$; P4), dass sich die korrekten Zurückweisungen im Gegensatz zu den falschen Alarmen positivierten (Abb. 6). Die Verläufe der EKPs der Auslasser und der falschen Alarme sowie die Scalp Map der Differenzen, zeigten wie auch schon im Zeitraum zuvor keine Unterschiede ($F(1, 4) = 0,210$; $p = 0,666$).

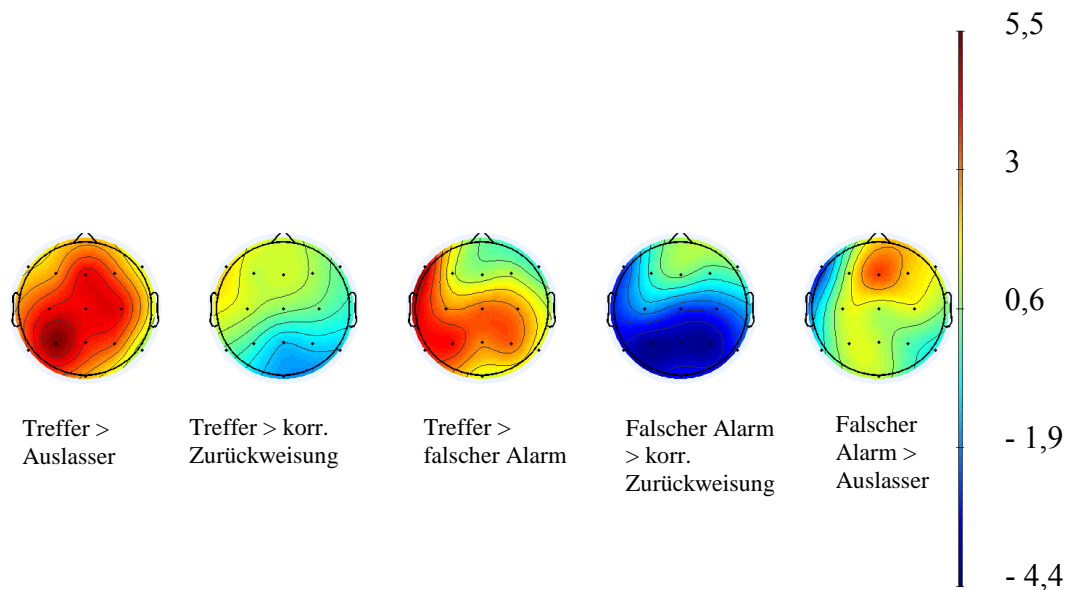


Abb. 10: Scalp Map der Spannungsdifferenzen zwischen verschiedenen Bedingungen im Messzeitraum von 600 – 800 ms. Die Differenzen zwischen den Treffern und Auslassern sind nun im linken parietalen Bereich am stärksten und die Unterschiede zwischen den Treffern und korrekten Zurückweisungen verschwinden aus dem frontal-zentralen Bereich. Die Spannungsdifferenzen zwischen den Treffern und falschen Alarmen sind nun im linken parietalen Bereich maximal. Die Differenzen zwischen den falschen Alarmen und korrekten Zurückweisungen bleiben unverändert, jedoch verschiebt sich das Maximum der Differenzen zwischen den falschen Alarmen und Auslasser zur Fz Elektrode.

Im letzten Zeitabschnitt von 600 – 800 ms nahmen die Unterschiede zwischen den Treffern und den falschen Alarmen zentral-parietal signifikant ab ($F(1, 4) = 17,522$; $p = 0,009$) (C3, Cz, C4, P3, Pz, P4). Die größten Differenzen zwischen den Treffern und Auslassern waren hauptsächlich im linken parietalen Bereich des Kopfes zu finden (Abb. 10). Die Auslasser verhielten sich ähnlich wie die falschen Alarme zu den Treffern: auch hier blieben die Unterschiede bestehen ($F(1, 4) = 10,270$; $p = 0,024$) (Fz, C3, Cz, C4, P3, Pz). Die EKPs der korrekten Zurückweisungen und Treffer näherten sich in diesem Bereich an (Abb. 6), wodurch die signifikanten Unterschiede zwischen den beiden verschwanden ($F(1, 4) = 0,071$; $p = 0,801$). Der Trend, dass im Bereich von 500 – 600 ms die korrekten Zurückweisungen von den falschen Alarmen voneinander abwichen, setzte sich im Bereich von 600 – 800 ms fort (Abb. 6). Hier wurden die Unterschiede im parietalen Bereich zwischen beiden signifikant ($F(1, 4) = 19,322$; $p = 0,007$) (P3, Pz, P4). Zwischen den Auslassern und

falschen Alarmen gab es wie schon in den Zeitabschnitten zuvor keine signifikanten Unterschiede ($F(1, 4) = 1,178$; $p = 0,327$).

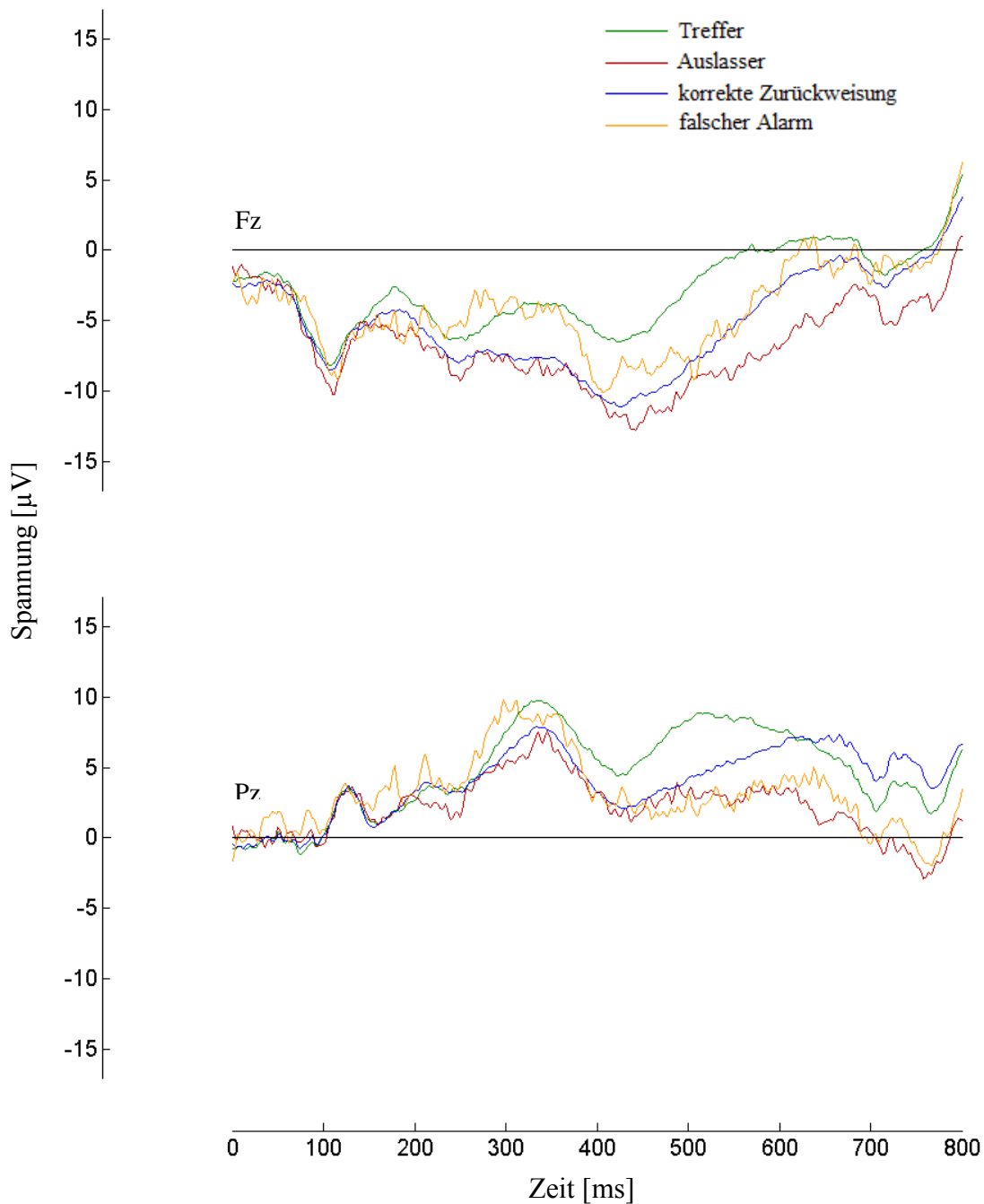


Abb. 11: Oben, EKPs aller Bedingungen der Fz Elektrode. Hier ist zu erkennen, dass sich für die Bedingungen Treffer und falschen Alarme ein P300 abzeichnet in Bezug auf die Auslasser und korrekten Zurückweisungen. Treffer sind zu den Auslassern und korrekten Zurückweisungen signifikant unterschiedlich. Die falschen Alarme unterschieden sich nicht signifikant von den Treffern ($p = 0,954$), jedoch besteht ein Trend, dass es einen Unterschied zu den Auslassern ($p = 0,159$) und korrekten Zurückweisungen ($p = 0,168$) gab. Unten, Verlauf der EKPs aller Bedingungen der Pz

Elektrode. Im parietalen Bereich verschwanden die Positivierungsunterschiede zwischen den Bedingungen im Zeitraum von 200 – 400 ms.

Die einzelnen Bedingungen der neuen Bilder aus den verschiedenen bzw. gleichen Kategorien und den Distraktorbildern waren bei den korrekten Zurückweisungen nicht signifikant verschieden. Die EKP Daten der falschen Alarme in Bezug auf die Kategorien und die Distraktorbilder wurden nicht getestet, da die Analyse aufgrund zu niedrigem Signal / Rausch Verhältnis nicht möglich war (Abb. 12).

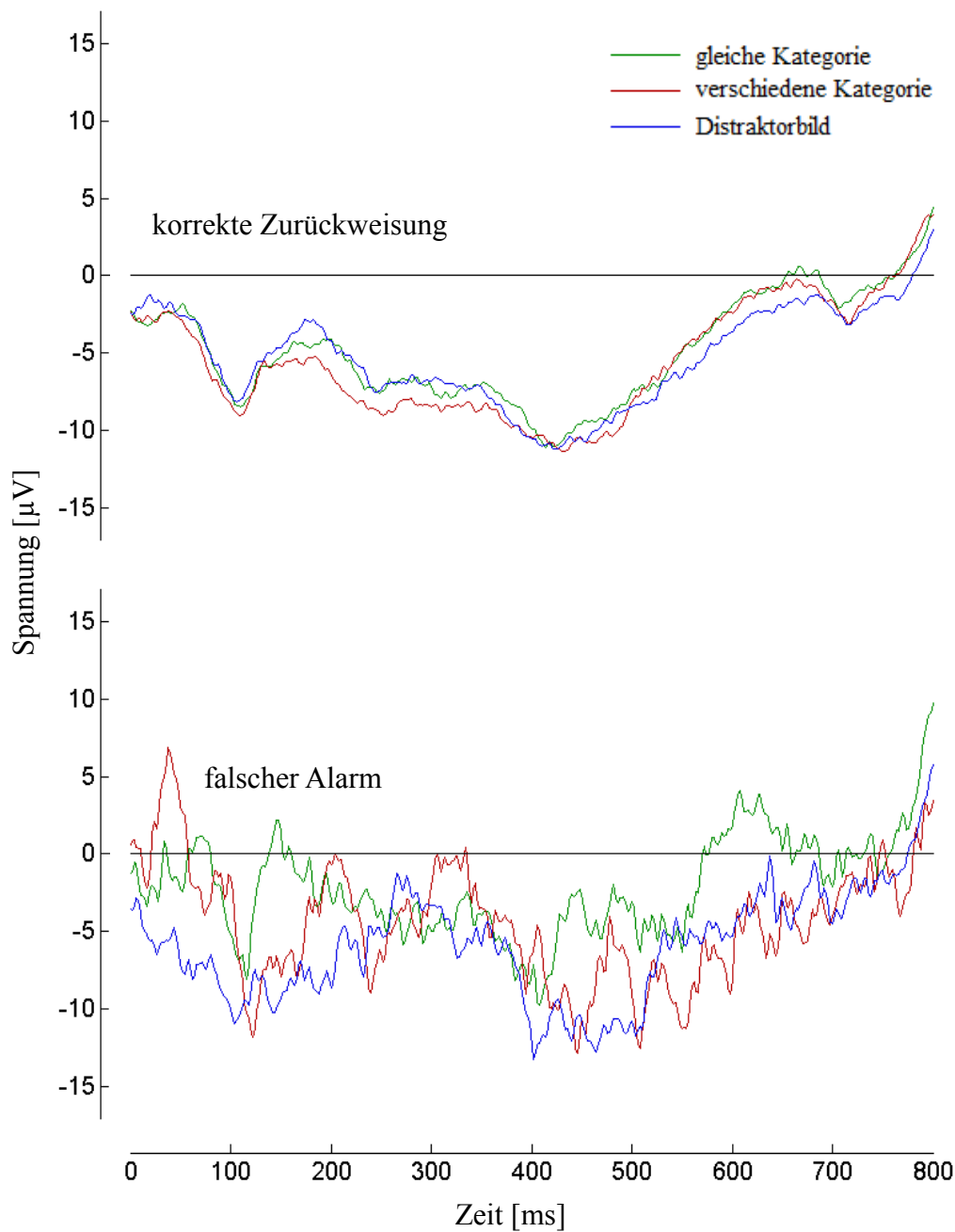


Abb. 12: Verlauf der EKP Signale an der Fz Elektrode. Oben sind die EKPs der Kategorien und des Distraktors der korrekten Zurückweisungen und unten die der falschen Alarme dargestellt. Bei den korrekten Zurückweisungen gab es zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied zwischen den Bedingungen. Die Daten der falschen Alarme wurden nicht analysiert wegen zu niedrigem Signal / Rausch Verhältnis.

Die Bilder der Lernphase wurden ebenfalls statistisch ausgewertet. Die EKPs der verhaltensrelevanten Bilder (T1) und Distraktorbilder (T2) der Lernphase unterschieden sich nicht signifikant (100 – 250 ms: $p = 0,492$; 250 – 500 ms: $p = 0,416$). Wenn ein Treffer

oder Auslasser in der Testphase produziert wurde, führte dies zu keinem signifikanten Unterschied in den EKP Signalen der beiden Bedingungen des entsprechenden verhaltensrelevanten Bildes in der Lernphase (150 – 300 ms: $p = 0,331$; 300 – 600 ms: $p = 0,692$).

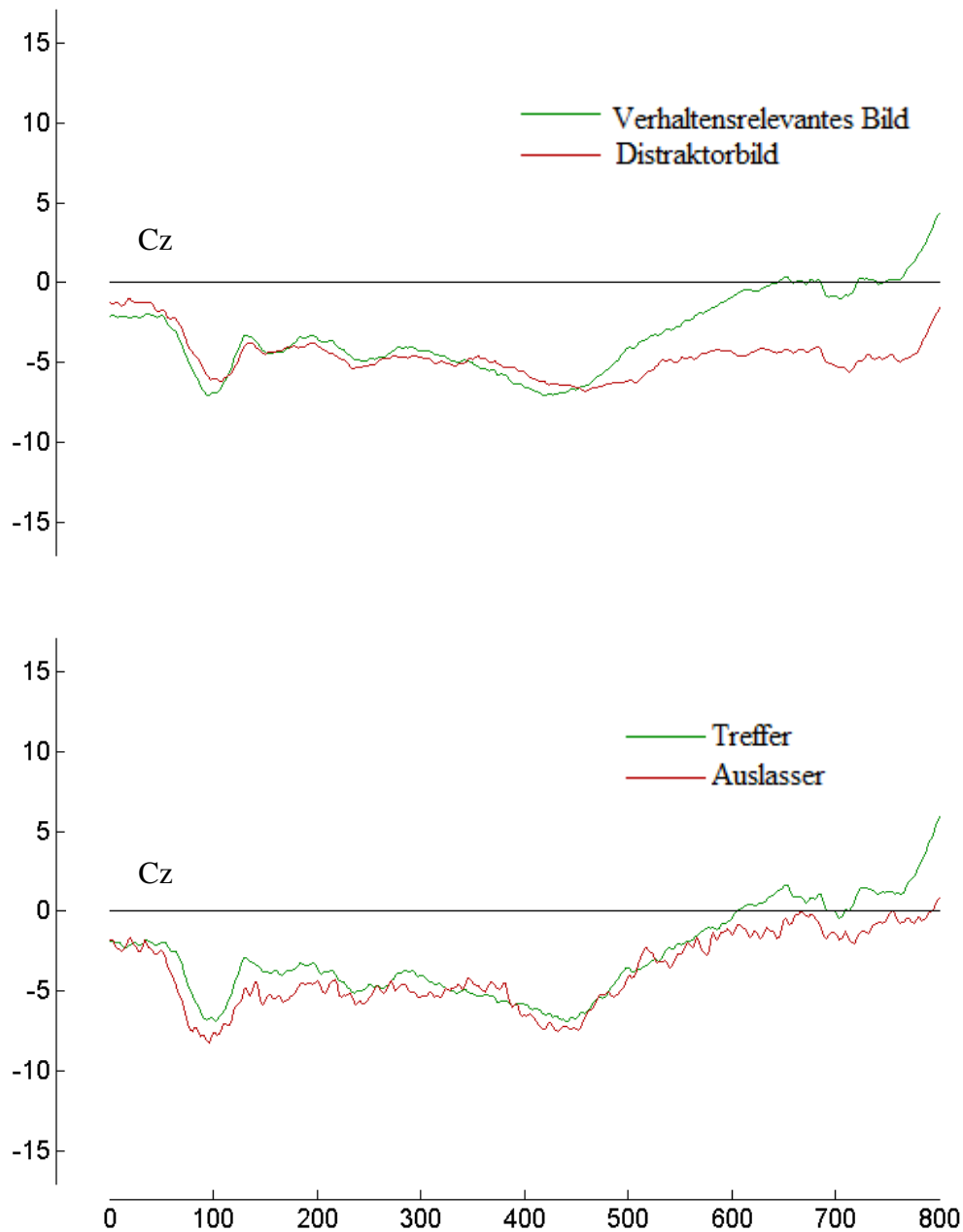


Abb. 13: Oben, EKPs der Lernphase von T1 und T2 der Cz Elektrode. Unten, EKPs der Lernphase von T1 mit den beiden Bedingungen Treffer und Auslasser der Fz Elektrode.

Um die Streuung der Versuchspersonen zu veranschaulichen wurde für jeden Datenpunkt die Standardabweichung über die Mittelwerte der Versuchspersonen ermittelt (Abb. 14). Die mittlere Standardabweichung der Bedingungen war für die Treffer am niedrigsten

(4,702) und stieg über die Auslasser (5,676) und die korrekten Zurückweisungen (5,800) an. Die höchste mittlere Standardabweichung erreichten die falschen Alarme (6,608).

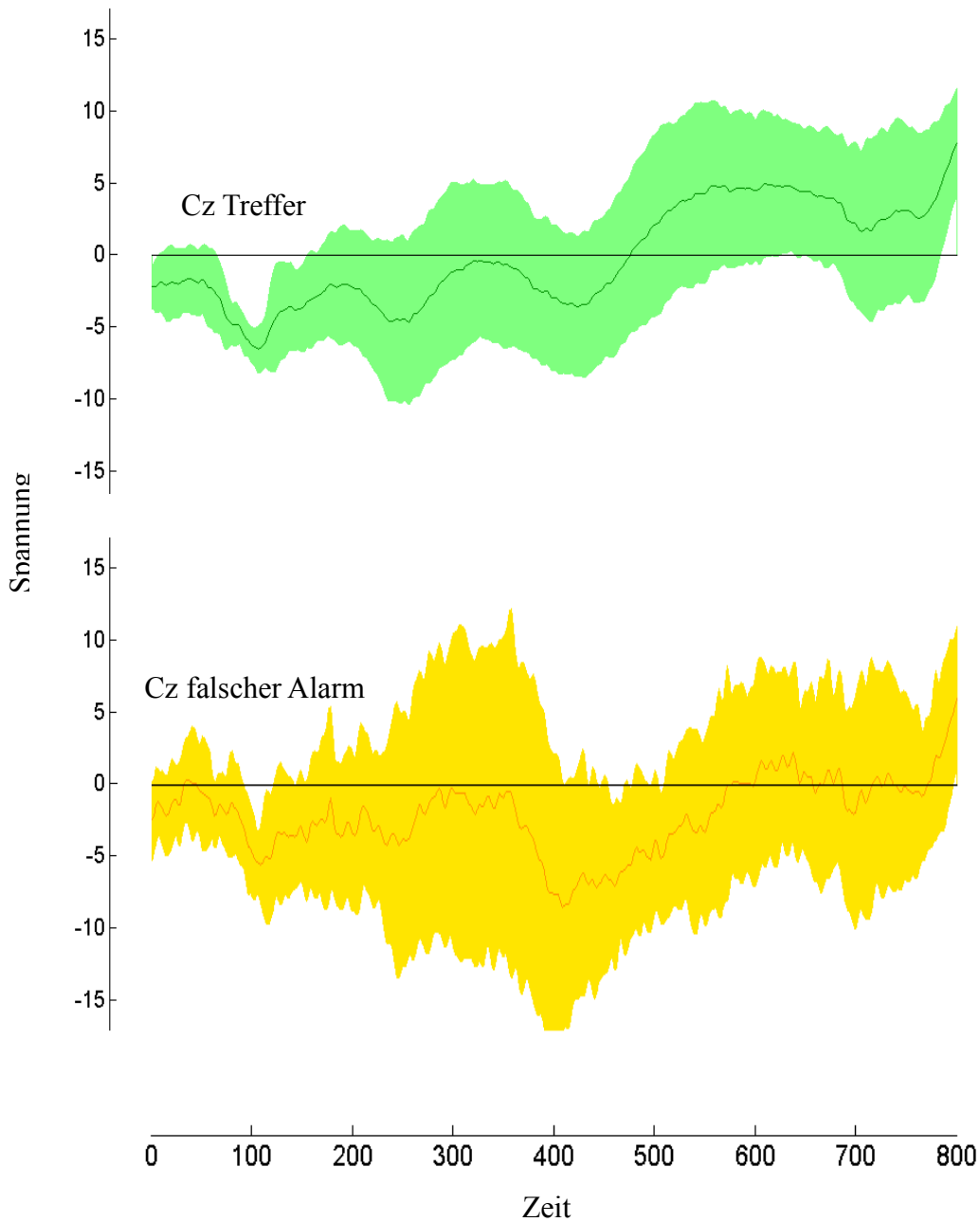


Abb. 14: Beispiele für die Standardabweichung der Treffer (oben) und der falschen Alarme (unten) an der Cz Elektrode. Die mittlere Standardabweichung der Treffer war die niedrigste, die der falschen Alarme die höchste.

3.2 Verhalten

Die Versuchspersonen hatten eine sehr hohe Erkennungsrate, das heißt, es gab nur wenige Auslasser und falsche Alarme bei hoher Treffer und korrekter Zurückweisungsrate.

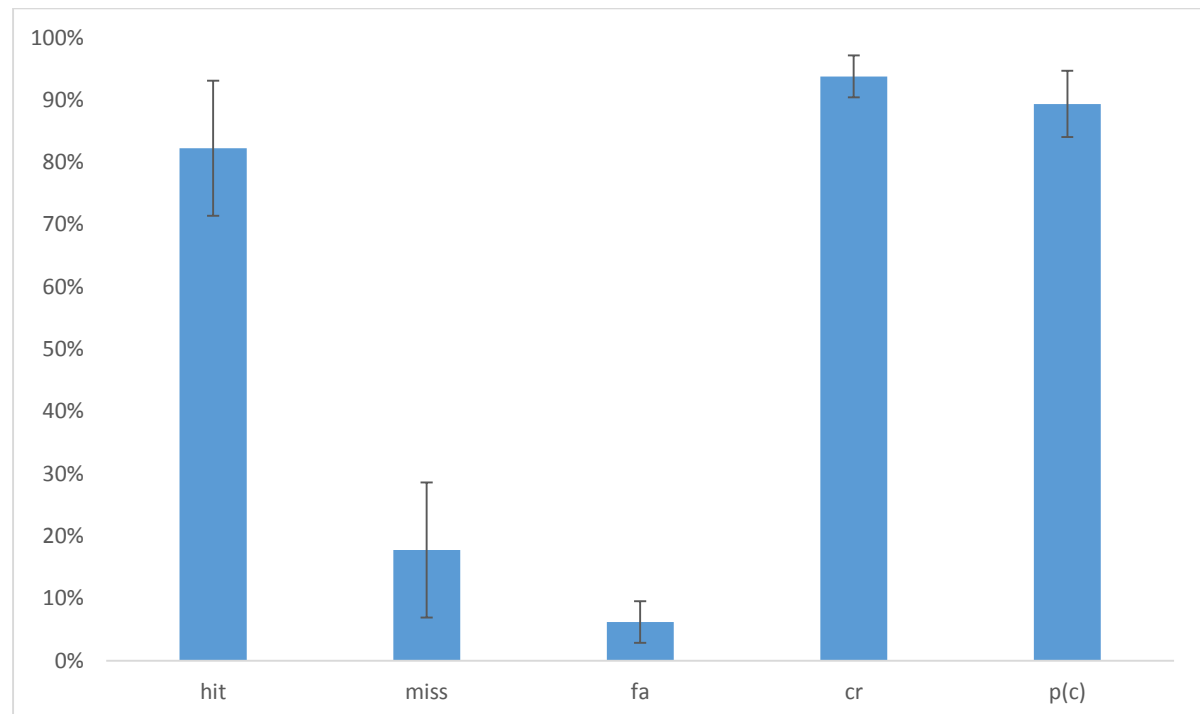


Abb. 15: Mittelwerte der in der Testphase produzierten Antwortbedingungen auf die gezeigten Bilder in Prozent mit der Standardabweichung. Die Falsche Alarm und die Auslasser Rate, das heißt der Anteil der nicht richtig erkannten Bilder, waren sehr gering im Gegensatz zu den Treffern und korrekten Zurückweisungen.

Obwohl wenige Fehler während des Experimentes gemacht wurden, gaben die meisten Teilnehmer in dem danach zu beantwortenden Fragebogen an, dass sie die Schwierigkeit des Versuchs eher hoch einstufen würden. Die nicht zu detektierenden Bilder der Testphase wurden noch einmal in neue Bilder eingeteilt, die aus einer unterschiedlichen oder gleichen Kategorie stammten oder es wurde das Distraktorbild aus der Lernphase nochmal gezeigt. Hier gab es keine Unterschiede bei den korrekten Zurückweisungen, bei denen die drei Variationen zu keinen signifikanten Unterschieden führten. Allerdings unterschieden sich die Werte der falschen Alarme der neuen Bilder aus der verschiedenen Kategorie, der gleichen Kategorie und der Distraktorbilder signifikant ($F(2, 3) = 6,014$; $p = 0,019$). Durch eine LSD post hoc Analyse wurde ermittelt, dass die neuen Bilder aus verschiedener Kategorie signifikant unterschiedlich zu den Distraktorbildern waren ($p = 0,033$).

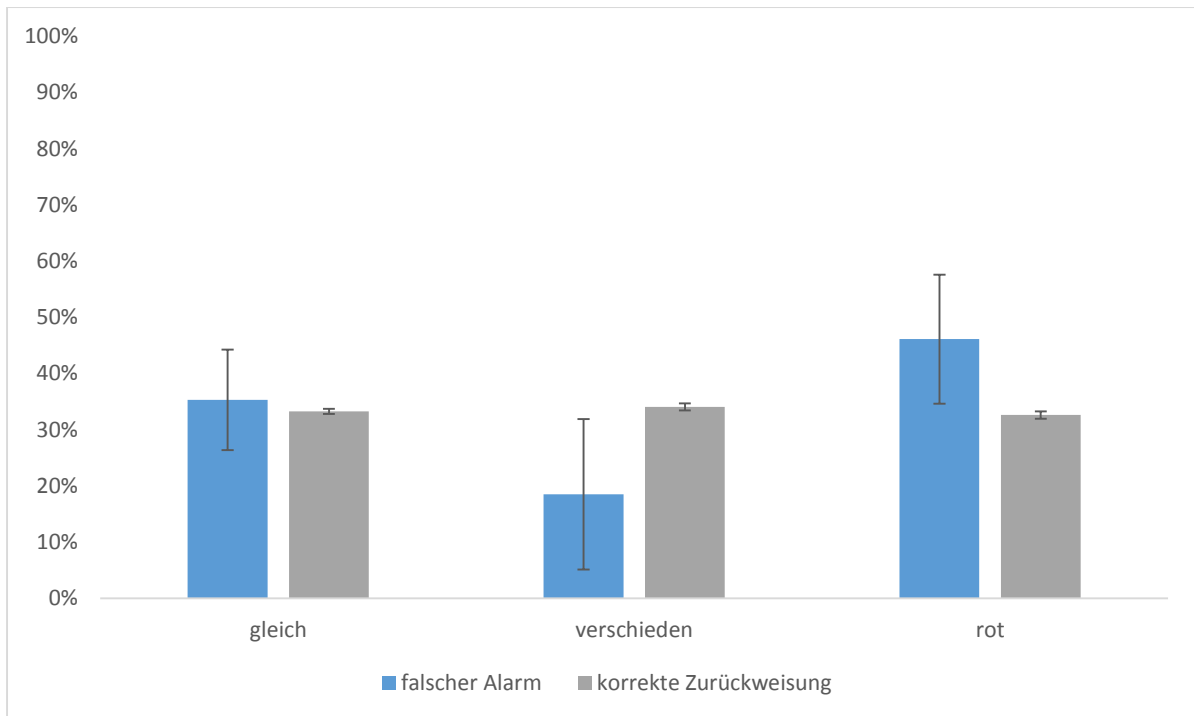


Abb. 16: Mittelwerte der falschen Alarme und korrekten Zurückweisungen der Kategorien der gezeigten Testbilder mit ihrer Standardabweichung. Gleich bedeutet, dass das Testbild nicht in der Lernphase vorkam, also neu war und aus der gleichen Kategorie wie das ursprüngliche Bild der Lernphase war. Verschieden, dass es einer anderen Kategorie angehörte und rot, dass das ein Distraktorbild aus der Lernphase gezeigt wurde. Die Werte von falschen Alarmen bei verschieden und rot unterschieden sich hier signifikant ($F(2, 3) = 6,014$; $p = 0,019$). Zwischen verschieden und gleich ($p = 0,081$) sowie rot und gleich ($p = 0,063$) gibt es keinen signifikanten Unterschied.

4. Diskussion

Beim Vergleich der korrekten Zurückweisungen des nicht verhaltensrelevanten Bildes, den neuen Bildern aus der gleichen Kategorie wie des verhaltensrelevanten Bildes und den neuen Bildern aus verschiedenen Kategorien konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Wir hätten erwartet, dass bei einer korrekten Zurückweisung des Distraktorbildes, welche mit der *shallow hit* Bedingung in der Studie von Rugg (1998) zu vergleichen ist, bei der FN400 keine Unterschiede zum Treffer des verhaltensrelevanten Bildes bestehen, jedoch zu den neuen Bildern. Wir gingen davon aus, dass das Distraktorbild nur oberflächlich gelernt wird und durch dessen Erscheinen in der Testphase das Bild durch einen Ähnlichkeitsabgleich erkannt wird. Doch wir konnten Unterschiede zwischen dem verhaltensrelevanten Bild und Distraktorbild im Bereich der FN400 feststellen. Das von uns gemessene EKP Korrelat der Distraktorbilder ist vergleichbar mit dem EKP Korrelat für neue Bilder. Die Aufgabe in unserem Experiment führte vermutlich dazu, dass eine Wiedererkennung der Distraktorbilder nicht benötigt wurde und somit die gezeigten Distraktorbilder keinen Ähnlichkeitsabgleich auslösten. Wir vermuten, dass der Ähnlichkeitsprozess nur dann stattfindet, wenn es relevant für die Aufgabe ist.

Interessanterweise stellten wir parietal Unterschiede zwischen den Treffern und den korrekten Zurückweisungen (neue Bilder und Distraktorbilder) in den Bereichen 400 – 500 ms und 500 – 600 ms fest, die dem parietalen old / new Effekt entsprechen (Rugg, 1998). Wobei die größten Differenzen zwischen Treffern und korrekten Zurückweisungen in diesen Zeiträumen nicht im parietalen Bereich zu finden waren, sondern an den frontalen und zentralen Elektroden. Zusammenfassend schließen wir daraus, dass in unserem Experiment weder eindeutig ein *recollection* Prozess noch ein *familiarity* Prozess zu identifizieren war.

Generell wird die Spannung von frontal nach parietal positiver. Zwischen den Frontalebene gibt es signifikante Unterschiede in Bezug auf die Bedingungen, dies war so zu erwarten, da bekannt ist, dass der old / new Effekt in einen frontalen, ähnlichkeitsabhängigen und einen parietalen erinnerungsabhängigen eingeteilt wird.

Im Bereich von 200 – 400 ms fanden wir vergleichbare Unterschiede zwischen Treffern und korrekten Zurückweisungen wie bei Friedman (1990). Es ist nicht eindeutig einzuordnen, ob die Unterschiede in unserem Experiment auf der N300 oder der P300 beruhen, dazu müsste man die absoluten Amplitudenwerte der Positivierung und Negativierung der ver-

schiedenen Bedingungen in diesem Bereich analysieren. Wir vermuten, dass der Unterschied in unserem Experiment auf einer P300 begründet ist, was auf den augenscheinlich größeren Amplitudenunterschiede im frontalen Kopfbereich, zwischen Treffern und korrekten Zurückweisungen, der positiven EKP Welle im Bereich von 200 – 400 ms beruht. Die P300 ist ein EKP Korrelat das insbesondere auf verhaltensrelevante Stimuli oder neue, unerwartete Stimuli in einer Sequenz von frequenten, neutralen Stimuli antwortet. Die P300 wird nochmals unterteilt in die P300a und die P300b. Die P300a antwortet vor allem bei neuen, unerwarteten Stimuli und ist frontal lokalisiert. Die P300b reagiert also auf verhaltensrelevante Stimuli, deren Ursprung parietal lokalisiert ist. Die P300 detektiert einen relevanten oder besonders auffälligen Reiz aus einer Sequenz irrelevanter Reize. Eine besonders starke Reaktion der P300 wird erreicht, wenn der Ziel Reiz mit einer geringen Wahrscheinlichkeit in der Sequenz der neutralen Reize vorkommt. In unserem Experiment könnte dieser Detektionsprozess dafür verantwortlich sein, dass die verhaltensrelevanten Bilder aus der Sequenz der neuen bzw. der Distraktorbilder herausselektiert werden. Erstaunlicherweise ist erstens die Wahrscheinlichkeit des Auftauchens des Zielreizes sehr hoch (50%) und zweitens ist die P300 in unserem Experiment vor allem frontal zu finden. Da unser Ziel Reiz verhaltens- bzw. aufgabenrelevant ist, wäre zu erwarten gewesen, dass die P300 parietal lokalisiert ist. Doch die Studien die die P300 in der Vergangenheit untersucht haben, verwendeten hauptsächlich den Oddball-Task, unser Experiment unterscheidet sich dagegen im Ablauf sowohl in der Lern- und Testphase. In jedem Durchgang gibt es nicht nur einen verhaltensrelevanten Stimulus der detektiert werden soll, sondern insgesamt sechs, die sich in jedem Durchgang ändern, und die Abfrage erfolgt nicht unmittelbar, sondern erst in einer separaten Phase (Testphase). Deshalb gehen wir davon aus, dass die P300a und P300b Komponenten aufgabenspezifisch sein könnten und in unserem experimentellen Kontext die P300a Komponente die verhaltensrelevanten Bilder detektiert.

Für die Annahme dieses Detektionsprozesses spricht außerdem, dass sich die falschen Alarme im Bereich von 200 bis 400 ms nicht von den Treffern unterscheiden. Das bedeutet, dass bei einigen Distraktorbildern oder neuen Bildern fälschlicherweise ein verhaltensrelevantes Bild detektiert wurde, das zu dem Resultat führte, dass die Versuchsperson einen falschen Alarm produzierte. Zum Zeitpunkt der P300 Amplitude könnten wir theoretisch eine Voraussage treffen, ob die Versuchsperson bei einem Distraktorbild oder einem neuen Bild einen falschen Alarm gibt oder es korrekt zurückweist. In den nächsten zwei Messzeiträumen von 400 – 500 ms und 500 – 600 ms fällt das EKP der falschen Alarme auf das

Level der korrekten Zurückweisungen, das heißt auf die Bedingung, bei der ein falsches Bild bewusst korrekt zurückgewiesen wurde. Daraus kann man schließen, dass die späteren Gedächtnisprozesse, die sich durch Spannungsunterschiede zu den Treffern definieren (Rugg und Curren, 2007), bei den falschen Alarmen nicht aktiviert wurden, die Versuchsperson aber trotzdem einen falschen Alarm auslöst. Das P300-Korrelat spiegelt also die Entscheidung der Versuchsperson wieder.

Bei der Analyse der psychophysikalischen Daten wurde festgestellt, dass die Distraktorbilder in der Testphase schlechter erkannt wurden als die Bilder der verschiedenen Kategorien, was dafür spricht, dass ähnliche (schon mal gesehene) Bilder eine größere falsche Alarmrate auslösen, als sequenzfremde Bilder. Dieser Effekt wurde in dieser Form auch schon von Curran (2000) nachgewiesen. Zwischen den Kategorien gleich und verschieden gab es keine Unterschiede, jedoch würden sich diese beiden wahrscheinlich unterscheiden, wenn man die Anzahl an falschen Alarmen in dem Versuch erhöhen könnte. Die niedrige falsche Alarm Rate kam dadurch zu Stande, dass die Versuchspersonen sich die Bilder der Räume sehr gut merken konnten, somit war die Anzahl der Treffer und der korrekten Zurückweisungen im Gegensatz zu den falschen Alarmen sehr hoch. Das liegt daran, dass Menschen die Fähigkeit besitzen, eine Vielzahl von Szenen ab 300 Millisekunden überdurchschnittlich gut wiedererkennen (Potter, 1969). Um die falsche Alarm Rate zu erhöhen, damit die EKP Signale auswertbar wären und die Verhaltensergebnisse aussagekräftiger wären, könnte man die Präsentationszeit der Bilder deutlich verringern, oder die Sequenz erweitern.

Eine Möglichkeit in der Testphase, die Ähnlichkeit der neuen Bildern zu den verhaltensrelevanten zu erhöhen, wäre, anstatt ein ähnliches Bild z.B. einer anderen Küche zu zeigen (für das Beispiel, dass das verhaltensrelevante eine Küche war), könnte man dasselbe Bild gespiegelt präsentieren oder aber auch Gegenstände in dem Bild ändern, wie schon bei Curran (2003) was dort die falsche Alarmrate bzw. die Stärke der Ähnlichkeit stark erhöhte.

Die Verlängerung der Sequenz wäre dagegen eher problematisch, da die Menge an Szenen kaum das Erinnerungsvermögen an diese senkt (Potter 1969). Das Problem bei der Verkürzung der Präsentationszeit dagegen ist, dass somit das EEG Signal, welches aufgezeichnet wird mit der Präsentationszeit verkürzt wird und eventuell beeinflusst wird. In unserem Fall wäre es aber nur notwendig die Präsentationszeit in der Lernphase zu verkürzen. Unsere

Ergebnisse haben gezeigt, dass die EKPs in der Lernphase keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen ergaben.

In unserem Experiment aktivierten die Distraktorbilder keine differenzierbaren Wiedererkennungprozesse, obwohl sie in der Lernphase schon einmal gesehen wurden. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen hauptsächlich auf den verhaltensrelevanten Bildern lag. Die gewonnenen EKP Korrelate sind im Allgemeinen denen eines klassischen old / new Tasks ähnlich, allerdings konnten wir weder einen *recollection* noch einen *familiarity* Effekt zuordnen, weshalb wir im Gegensatz zu den klassischen old / new Tasks bei unseren experimentellen Aufgabenstellung einen Wiedererkennungsprozess vermuten, der nicht in zwei Prozesse untergliedert ist. Als Grund hierfür vermuten wir den abweichenden Ablauf unseres Experimentes (z.B. keine zeitliche Trennung der Lern- und Testphase). Die frühen Unterschiede in der P300 erlauben in unserem Experiment eine Voraussage über die Antwort, die die Versuchsperson treffen wird, zu machen. Die Unterschiede in der P300, welche die spätere Antwort prognostizieren, stellen sich in unserem Experiment deutlich dar, vor allem in Bezug auf die Wiedererkennung des verhaltensrelevanten Bildes.

5. Literaturverzeichnis

Curran Tim 2000: „Brain potential of recollection and familiarity“, *Memory & Cognition*, Volume 28, No. 6, Seiten 923 – 938.

Curran Tim, Cleary Anne M. 2003: „Using ERPs to dissociate recollection from familiarity in picture recognition“, *Cognitive Brain Research*, Volume 15, Seiten 191 – 205.

Friedman David 1990: „Cognitive Event-Related Potential Components During Continuous Recognition Memory for Pictures“, *Psychophysiology*, Volume 27, No. 2, Seiten 136 – 148.

Greene Michelle R., Oliva Aude, 2007: „The Briefest of Glances: The Time Course of Natural Scene Understanding“, *Psychological Science*, Volume 20, No. 4, Seiten 464 – 472.

Intraub Helene 1981: „Rapid Conceptual Identification of Sequentially Presented Pictures“, *Journal of Experimental Psychology*, Volume 7, No. 3, Seiten 604 – 610.

Joubert Olivier R. et al. 2007: „Processing scene context: Fast categorization and object interference“, *Vision Research*, Volume 47, Seiten 3286 – 3297.

Kaplan Stephen et al. 1992: „Environmental preference in a knowledge-seeking, knowledge-using organism.“, Oxford University Press, *The adaptive mind*, Seiten 535-555.

Nickerson Raymond S., 1965: „Short-Term Memory for Complex Meaningful Visual Configurations: A Demonstration of Capacity“, *Canadian Journal of Experimental Psychology*, Volume 19, No. 2, Seiten 155 – 160.

Potter Mary C., Levy Ellen I. 1969: „Recognition Memory For a Rapid Sequence of Pictures“, *Journal of Experimental Psychology*, Volume 81, No. 1, Seiten 10 – 15.

Potter Mary C. 1976: „Short-Term Conceptual Memory for Pictures“, *American Psychological Association*, Volume 2, No. 5.

Rugg Micheal D. et al. 1998: „Dissociation of the neural correlates of implicit and explicit memory“, *Nature*, Volume 392, Seiten 595 – 598.

Rugg Micheal D., Curran Tim 2007: „Event-related potentials and recognition memory“, *TRENDS in Cognitive Sciences*, Volume 11, No. 6, Seiten 251 – 257.

Shepard Roger N., 1967: „Recognition Memory for Words, Sentences and Pictures“, Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, Volume 6, Seiten 156 – 163.

Wolfe Jeremy M. et al. 2006: „We don't we see changes? The role of attentional bottlenecks and limited visual memory“, Visual Cognition, Volume 14:4-8, Seiten 749 – 780.

Wolfe Jeremy M. et al. 2007: „Is visual attention required for robust picture memory?“, Vision Research, Volume 47, No. 7, Seiten 955 – 964.

6. Anhang

Fragebogen							
Dieser Fragebogen enthält Aussagen zu dem eben durchgeführten Experiment. Wir bitten Sie, für jede Aussage anzuzeigen, inwieweit Sie der Aussage zustimmen. Die Möglichkeit zur Ablehnung bzw. Zustimmung hat die folgende Form:							
lehne stark ab 1 2 3 4 5 6 7 stimme stark zu							
Bitte markieren Sie für jede Aussage diejenige Position durch Einkreisen, die dem Grad ihrer Zustimmung am besten entspricht. Markieren Sie bitte die Mittelposition (4), wenn Sie weder zustimmen noch ablehnen.							
	lehne stark ab					stimme stark zu	
Während dem Experimente war ich motiviert.	1	2	3	4	5	6	7
Das Experiment hat mir Spass gemacht.	1	2	3	4	5	6	7
Ich würde wieder an einem psychophysikalischen Experiment teilnehmen.	1	2	3	4	5	6	7
Das Experiment ist mir leicht gefallen.	1	2	3	4	5	6	7
Ist Ihnen während des Experiments etwas an den Testbildern aufgefallen?							
Haben Sie während des Experiments eine Strategie entwickelt um die Aufgaben zu lösen?							
Was ist ihrer Meinung nach das Ziel des Experiments?							
Alter:							
Geschlecht: <input type="radio"/> männlich <input type="radio"/> weiblich							
Studienfach/Beruf:							
Versuchsperson:							