

Aus der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Universitätskliniken, Homburg/Saar
Komm. Direktor: PD Dr. med. G. Heinz

**Durch erotische visuelle Reize ausgelöste
ereigniskorrelierte Potenziale.
Der Einfluss von Sexualhormonen.**

DISSERTATION ZUR ERLANGUNG DES GRADES
EINES DOKTORS DER MEDIZIN

der Medizinischen Fakultät der Universität des Saarlandes

2007

Julia Carolin Pradarutti
geb. am 04.11.1976 in Radolfzell

In Dankbarkeit meinen Eltern

Helga und Franz Bastong

gewidmet

1	Zusammenfassung/Summary.....	1
1.1	Zusammenfassung.....	1
1.2	Summary.....	3
2	Einleitung.....	2
2.1	Ereigniskorrelierte Potenziale.....	2
2.1.1	Allgemeines.....	2
2.1.2	Benennung und Bedeutung der ereigniskorrelierten Potenziale.....	5
2.2	Typische EKP-Komponenten.....	7
2.2.1	Die N100-Komponente.....	7
2.2.2	Die N200-Komponente.....	7
2.2.3	Die P300-Komponente.....	7
2.2.3.1	Allgemeines.....	7
2.2.3.2	Amplitude und Latenz der P300.....	8
2.2.4	Die N400-Komponente.....	9
2.2.5.	Die P600-Komponente.....	9
2.3	Generatoren ereigniskorrelierter Potenziale.....	10
2.4	Emotionen und EKP.....	11
2.4.1	Allgemeines.....	11
2.4.2	Das "International Affective Picture System" (IAPS).....	12
2.4.3	Emotionsdimensionen.....	12
2.5	Geschlechtsunterschiede in der Wahrnehmung emotionaler Inhalte.....	13
2.6	Psychophysiologische Einflüsse auf die EKP.....	14
2.6.1	Aufmerksamkeit.....	14
2.6.2	Händigkeit.....	15
2.6.3	Reizkomplexität.....	15
2.6.4	Alter.....	15

2.7	Hormonelle Einflüsse auf EKP und Affekt.....	16
2.8	Ziel dieser Untersuchung.....	17
2.9	Fragestellungen.....	18
3	Material und Methoden.....	19
3.1	EKP – Methodische Grundlagen.....	19
3.2	Versuchspersonen.....	19
3.2.1	Allgemeines.....	19
3.2.2	Anzahl und Geschlecht.....	20
3.2.3	Altersverteilung.....	20
3.2.4	Händigkeit.....	20
3.3	Stimulusmaterial.....	20
3.3.1	„Frauen“-Bilder.....	21
3.3.2	„Essen“-Bilder.....	22
3.3.3	„Sport“-Bilder.....	23
3.3.4	„Schachbrett“-Bild.....	24
3.4	Präsentation der Bilder.....	24
3.5	Fragebogen.....	25
3.5.1	Durchführung.....	25
3.5.2	Auswertung.....	25
3.6	Blutentnahmen.....	26
3.7	Versuchsablauf.....	26
3.8	Registrierung der Signale.....	27
3.9	Auswertung der Ableitungen.....	29
3.10	Methode des Kurvenvergleiches.....	29
3.11	Bestimmung der Flächenparameter.....	30
3.12	Flächenvergleiche.....	32
3.13	Datenerfassung und Statistik.....	32

4	Ergebnisse	34
4.1	Kurvenanalysen.....	34
4.1.1	Allgemeines.....	34
4.1.2	Vergleich der EKP - Kurven der verschiedenen Bildgruppen.....	35
4.1.3	Vergleich der EKP - Kurven innerhalb der Bildgruppen.....	41
4.2	Flächenberechnungen.....	44
4.2.1	Frühe Flächen (280-600 ms).....	44
4.2.2	Späte Flächen (600-1450 ms).....	46
4.3	Flächenparameter in Abhängigkeit vom Ableitort.....	46
4.3.1	Frühe Flächen (280-600 ms).....	47
4.3.2	Späte Flächen (600-1450 ms).....	49
4.4	Lateralisierung.....	50
4.5	Bildbewertung.....	53
4.5.1	Auswertung der visuellen Analogskala.....	53
4.5.1.1	Bewertung der Bildgruppen.....	53
4.5.1.2	Bewertung der Einzelbilder incl. IAPS - Bewertung.....	54
4.6	Hormonanalyse.....	55
4.7	Korrelationen.....	58
4.7.1	Korrelation der Hormonwerte mit Valenz- und Arousalwerten.....	58
4.7.2	Korrelation der Hormonwerte mit EKP-Parametern.....	59
4.8	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	62
5	Diskussion	64
5.1	Allgemeines.....	64
5.2	Bildbewertung durch die Probandinnen anhand der visuellen Analogskala.....	65
5.3	EKP- Ergebnisse.....	65
5.3.1	Allgemeines.....	65

5.3.2	Geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Verarbeitung erotischen Stimulusmaterials.....	66
5.4	Der Einfluss der Serumtestosteronkonzentration auf die Bildbewertung und die EKP.....	69
5.5	Ausblick.....	73
6	Abkürzungsverzeichnis.....	74
7	Danksagung.....	75
8	Anhang.....	76
8.1	Der „Edinburgh Inventory“ (OLDFIELD, 1971).....	76
8.2	Muster des Fragebogens zur Bildbewertung.....	77
9	Literaturverzeichnis.....	78
10	Lebenslauf.....	90

1 Zusammenfassung/Summary

1.1 Zusammenfassung

Eine Vielzahl von Hormonen nimmt Einfluss auf die zentrale Verarbeitung emotionaler Stimuli. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, einen möglichen Zusammenhang zwischen interindividuellen hormonellen Variationen und der Reaktion auf den emotionalen Gehalt visueller, speziell erotischer Stimuli zu untersuchen. Der Hauptaugenmerk wurde dabei auf die Androgene, insbesondere auf das Testosteron, gerichtet. Die vorliegende Arbeit ist dabei Teil einer Reihe von Untersuchungen zu Geschlechtsunterschieden.

Mit Hilfe von ereigniskorrelierten Potenzialen (EKP) sollte der Einfluss insbesondere des Serumtestosteronspiegels auf die Reizverarbeitung im Gehirn untersucht werden.

Dabei wurde auch der Effekt des Sexualhormons auf die subjektive Bewertung der Bilder durch die Probandinnen in den Emotionsdimensionen Valenz und Arousal anhand visueller Analogskalen überprüft.

Das Stimulusmaterial wurde dem International Affective Picture System (IAPS) entnommen und umfasste die drei Bildgruppen „Frauen“-Bilder, „Essen“-Bilder und „Sport“-Bilder sowie ein neutrales Schachbrettmuster.

Die Datenauswertung umfasste einen über die 20 Probandinnen gemittelten direkten Vergleich des Potenzialkurvenverlaufs zwischen den Bildgruppen sowie den Einzelbildern. Anhand der EKP-Kurven wurden ausgewählte Flächenparameter berechnet, um die Ergebnisse aus der Kurvenanalyse mit den gemessenen Hormonwerten und den ermittelten Valenz- und Arousalwerten in Korrelation setzen zu können.

Es zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen der Arousal- und Valenzbewertung der gepoolten „Frauen“-Bilder und der Serumkonzentration des freien Testosterons: je niedriger diese Hormonkonzentration ausfiel, als umso aufregender und angenehmer wurden die „Frauen“-Bilder von den Probandinnen bewertet.

Die Korrelation der Daten aus den EKP-Ableitungen mit denen aus den Hormonanalysen erbrachte folgenden signifikanten Zusammenhang: je niedriger die Testosterongesamtkonzentration gemessen wurde, desto größer fiel ein ausgewählter Flächenparameter der EKP-Kurven bei Betrachtung der „Frauen“-Bilder an mehreren Ableitorten aus.

Die in der vorliegenden Untersuchung erarbeiteten Ergebnisse zeigen, dass mithilfe elektrophysiologischer Methoden auch komplexe Vorgänge wie die Aufnahme und Verarbeitung affektiver Informationen zu einem gewissen Grad messbar gemacht werden können.

Mit der Untersuchung des Einflusses von Androgenen auf ereigniskorrelierte Potenziale an weiblichen Probanden wurde Neuland betreten.

1.2 Summary

A multiplicity of hormones exerts influence on the central processing of emotional stimulation. The aim of the present study was to analyse a possible connection between interindividual hormonal variations and the emotional content of visual specifically erotic stimulation. The special attention was directed on androgens, in particular towards testosterone. The present work is part of a set of investigations to gender differences.

The influence in particular of serum testosterone concentrations on the stimulus processing in the brain should be analyzed by event-related potentials (ERP). As the affective priority of a stimulus changes as a function of certain hormone concentrations, this may have influence on the morphology of the ERP. In addition to ERPs, the effect of the sexual hormones on the subjective evaluation of the stimuli by females was examined in the dimensions valence and arousal.

The stimulus material was taken from the International Affective Picture System (IAPS). Three different categories were chosen: erotic females, food and sports.

The data evaluation, averaged across all 20 female probands, covered a direct comparison of the event-related potentials that were recorded while the probands were looking at the pictures. Selected parameters were estimated on basis of ERPs, in order to be able to correlate the results from the ERP analysis with the hormone concentrations and the valence and arousal evaluation.

A significant correlation showed up between the arousal and valence evaluation of the category of erotic pictures and the serum concentration of the free testosterone: the lower this hormone concentration failed the more exciting and more pleasant the erotic pictures became evaluated by the female probands.

The correlation of the data from the ERP recordings with those from the hormone analyses demonstrated the following significant difference: the lower the serum testosterone level was based, the more largely failed a selected parameter of the ERPs on several registration sites while looking at the erotic pictures.

The results in this investigation show, that by assistance of electrical physiological methods, also complex procedures as the admission and processing of affective information can be made measurable to a certain degree. With the investigation of the influence of androgens on event-related potentials at female probands, new ground was entered.

2 Einleitung

2.1 Ereigniskorrelierte Potenziale

2.1.1 Allgemeines

Ereigniskorrelierte Potenziale, EKP, (englisch: Event-Related-Potentials, ERP) sind minimale Spannungsänderungen in einem kontinuierlichen Elektroencephalogramm, die in einem zeitlichen Bezug zu einem sensorischen, motorischen oder kognitiven Ereignis oder Stimulus stehen (OSTERHOUT et al., 1994). Sie bieten eine nicht invasive, objektive und reproduzierbare Methode, übergeordnete neurale Funktionen zu erfassen (MONK et al., 2002; JENSOVSKY et al., 2002).

Die durch sensorische Reize ausgelösten und an der Schädeloberfläche ableitbaren hirnelektrischen Antworten lassen sich in exogene und endogene Potentiale unterscheiden (OLBRICH et al., 1989).

Frühe EKP-Komponenten werden hauptsächlich durch die physikalischen Eigenschaften eines Stimulus bestimmt. Sie werden daher auch „exogene Komponenten“ genannt und treten bis ca. 100 ms nach Reizdarbietung auf. Durch den momentanen seelischen Zustand eines Probanden werden diese auch als „evozierte Potenziale“ (englisch: evoked potentials) bezeichneten Potenziale wenig beeinflusst. Entsprechend dem stimulierten Sinnesorgan werden sie als visuell evozierte Potenziale (VEP), akustisch evozierte Potenziale (AEP) oder somatosensibel evozierte Potenziale (SSEP) bezeichnet (LOWITZSCH et al., 1993). Sie finden in der Diagnostik neurologischer Erkrankungen Anwendung.

Beginnend ab einer Latenz von 100 ms nach Reizdarbietung treten die so genannten „endogenen Komponenten“ oder ereigniskorrelierte Potenziale im engeren Sinne auf. Diese werden mit Verarbeitungsprozessen im Gehirn in Verbindung gebracht. Sie sind sensitiv für kognitive und affektive Variablen, beispielsweise die subjektive Relevanz eines Stimulus oder eine Aufgabenanforderung. Vom Reizmodus sind die endogenen Potenziale weitgehend unabhängig (DONCHIN et al., 1978). Sie spielen eine wichtige Rolle in der neuropsychologischen und psychiatrischen Grundlagenforschung.

Die besondere Bedeutung dieser Methode ergibt sich daraus, dass sie quasi eine „online“ verfügbare Reflexion der durch die Verarbeitung einer Information ausgelösten hirnelektrischen Aktivität bietet (OSTERHOUT et al., 1994). Als Reizverarbeitung gilt dabei der gesamte Prozess von der ersten sensorischen Analyse über die Entscheidungsfindung bis zur Vorbereitung einer möglichen Reaktion (FEDERMEIER et al., 2001). Gegenüber den

modernen bildgebenden Verfahren (z.B. funktionelle Kernspintomographie) bietet die Technik der EKP also den Vorteil der hohen zeitlichen Auflösung und kann so die bessere räumliche Auflösung dieses Verfahrens gut ergänzen.

Die Wellenform ereigniskorrelierter Potenziale wird somit nicht allein durch die Formation der angesprochenen peripheren Rezeptoren bestimmt, sondern reflektiert auch den Inhalt des Wahrgenommenen. Dies zeigt sich darin, dass Änderungen dieser Wellenform beobachtet werden, wenn die inhaltliche Bedeutung eines Stimulus verändert wird, ohne dass dessen physikalischer Gehalt wesentlich verändert wurde (SUTTON et al., 1967).

KUTAS (1997) nennt Kraftfelder, die von systematisch im Neocortex angeordneten, synchron aktivierten Neuronen generiert werden, als eine Quelle der elektrischen Potenziale. Etwa 70 % der Neurone im Neocortex sind Pyramidenzellen, deren apikale Dendriten sich vom Soma in Richtung kortikaler Oberfläche erstrecken. Diese Dendriten geben dem Cortex eine säulenartige Struktur und bilden bei elektrochemischer Aktivierung eine dipolare Konfiguration. Hunderttausende dieser Neurone bilden Kraftfelder, die stark genug sind, um von der Kopfhaut abgeleitet werden zu können und liefern ein detailliertes Abbild der Aktivität neuraler Verbände im Neocortex (KUTAS, 1997). Aber auch subkortikale Neurone sind Ursprungsort ereigniskorrelierter Potenziale (s. Kap. 2.3).

Welcher Art die Beziehung zwischen dieser neuralen Aktivität auf der einen Seite und psychischen Vorgängen auf der anderen Seite ist, wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Einige Autoren betrachten die ereigniskorrelierten Potenziale als direkte Manifestation andauernder psychischer Prozesse, andere sprechen lediglich von einem Marker bzw. Korrelat eines kollateralen Prozesses, der möglicherweise nur parallel zur Verarbeitung der gelieferten Information selbst verläuft, beispielsweise im Sinne der Analyse einer Wahrscheinlichkeitsstruktur innerhalb einer Stimulusserie (GAILLARD, 1988).

2.1.2 Benennung und Bedeutung der ereigniskorrelierten Potenziale

EKP werden durch ihre Polarität, Latenz und Topographie charakterisiert. „P“ steht dabei für eine positive Potenzialverschiebung, „N“ für eine negative. Die einzelnen nach einem Reiz auftretenden Komponenten werden nacheinander durchnummeriert (z.B. N1, P1...), oder nach der Latenz benannt (z.B. N100, P300...). Latenz wird definiert als der Abstand zwischen Reizbeginn und dem Maximum einer positiven oder negativen Potenzialverschiebung (SCHANDRY et al., 1989). So ist die P300-Komponente eine positive Kurvenauslenkung mit einem Maximum bei ungefähr 300 ms nach Stimulusbeginn.

Die Nomenklatur ist uneinheitlich. OLBRICH et al. (1989) schließt sich NÄÄTÄNEN et al. (1986) an in der Unterscheidung von „Komponenten“ und „Wellen“, wobei diese Autoren unter „Welle“ das Resultat einer Überlagerung zugrundeliegender „elementarer“ EKP-Komponenten verstehen, die in ihrer Reinform in der real gemessenen EKP-Kurve meist nicht sichtbar sind. ALTENMÜLLER (1996) folgt dieser begrifflichen Differenzierung nicht. Die aktuelle Methodenleitlinie der SOCIETY FOR PSYCHOPHYSIOLOGICAL RESEARCH zu EKP-Forschungsstandards und Publikationskriterien fordert wegen diesbezüglicher sprachlicher Unklarheiten, dass jeder Autor klar definiert, was er unter einer „Komponente“ oder „Welle“ versteht (PICTON et al., 2000). In der hier vorgelegten Arbeit benutze ich ausschließlich den Begriff „EKP-Komponente“ und verstehe darunter eine in der realen EKP-Kurve gut sichtbare und morphologisch abgrenzbare Kurvenformation.

Die ereigniskorrelierten Potenziale weisen erhebliche interindividuelle Unterschiede auf. HEINZ vergleicht die Individualität der ereigniskorrelierten Potenziale mit der Individualität von Gesichtern (HEINZ et al., 1995): Ihr grundsätzlicher Aufbau ist bei allen Menschen gleich, dennoch sind weder die Gesichter noch die EKP-Kurven zweier Menschen jemals identisch, im Gegenteil: Die Unterschiede zwischen den Individuen sind erheblich. Bei Gesichtern sind sie so groß, dass sie im sozialen Kontext zur Identifizierung der Individuen genutzt werden.

Interessant in diesem Zusammenhang sind zwei Untersuchungen mit Zwillingen. POLICH et al. (1987), sowie ROGERS et al. (1991) zeigten die große Ähnlichkeit der EKP bei genetisch identischen Zwillingen im Vergleich zu Normalpersonen bzw. zweieiigen Zwillingen. Dies läßt auf eine starke genetische Determinante hinsichtlich der Form der EKP schließen.

Die komplexe Wellenform der EKP resultiert aus der Summation exogener und endogener EKP-Komponenten (GAILLARD, 1988). Verschiedene EKP-Komponenten stehen in Zusammenhang mit verschiedenen kognitiven Funktionen und neuralen Strukturen (MONK et al., 2002).

Eine Komponente kann durch folgende Kriterien definiert werden:

1. so genannte abhängige Maßeinheiten wie Latenz und Polarität
2. den physikalischen Charakter des Stimulus
3. konstitutionsbedingte Variablen des Organismus
4. aufgabenspezifische Variablen

(GAILLARD, 1988).

Die Wellenform auf der Kopfhaut abgeleiteter ereigniskorrelierter Potenziale wird demnach nicht allein durch die physikalischen Eigenschaften des Stimulus bestimmt, sondern variiert auch als Funktion des Informationsgehalts eines Reizes (SUTTON et al., 1967).

2.2 Typische EKP-Komponenten

2.2.1 Die N100-Komponente

Die N100-Komponente und die P200-Komponente werden als Komponenten betrachtet, die fundamentale Aspekte der Wahrnehmung reflektieren, wie die initiale Orientierungsreaktion und die Fokussierung der Aufmerksamkeit (ANDERER et al., 2004). Die N100-Komponente kann leicht durch jeden unerwarteten Reiz (Lichtblitz oder Geräusch) ausgelöst werden und habituiert bei häufiger Auslösung innerhalb kurzer Zeit. Sie entsteht unabhängig davon, ob der Proband den Reiz beachtet oder nicht. HILLYARD et al. (1973) konnten nachweisen, dass eine selektive Aufmerksamkeitszuwendung die Amplitude der N-100-Komponente erhöht.

2.2.2 Die N200-Komponente

Auch die N200-Komponente wird als Bestandteil der Orientierungsreaktion angesehen, wobei ein Anteil, der als „Mismatch-Negativität“ (MMN) bezeichnet wird, besonders zu nennen ist (NÄÄTÄNEN et al., 1978). Dieses Potenzial kann abgeleitet werden, wenn in einer Serie gleicher Reize plötzlich ein neuer Stimulus auftritt.

2.2.3 Die P300-Komponente

2.2.3.1 Allgemeines

Das am besten untersuchte ereigniskorrelierte Potenzial ist die klassische späte positive Komponente, die P3 oder P300, die erstmals von SUTTON et al. (1965) beschrieben wurde. Dieser bot den Probanden unterschiedliche Reize unter verschiedenen Bedingungen an. Während die Probanden im ersten Teil der Untersuchung wussten, welcher Reiz (Licht oder Click) auf den ersten Reiz folgte, so war diese im zweiten Teil ungewiss. Als Folge dieser Unsicherheit konnte eine positive Auslenkung nach einer Latenz von 300 ms beobachtet werden. Die Unabhängigkeit dieser Komponente von einem physikalischen Reiz, und damit deren endogenen Charakter, konnte Sutton beweisen, indem selbst das Ausbleiben eines erwarteten Reizes zum Auftreten einer P300 führte (SUTTON et al., 1967). Ein häufig verwandtes Paradigma zur Auslösung dieses endogenen Potentials stellt das sogenannte

„Odd-ball“-Paradigma dar, bei dem die Probanden die Aufgabe erhalten, zwischen 2 Reizklassen (Ziel/Nicht-Ziel) die seltener auftretenden Zielreize zu erkennen und diese zu zählen oder durch Tastendruck zu dokumentieren (DUNCAN-JOHNSON et al., 1977).

Bis heute wurden beträchtliche Anstrengungen unternommen, die psychologischen Mechanismen aufzudecken, die sich hinter dieser Komponente verbergen. Zumindest folgende Eigenschaften der P300 haben sich etabliert:

1.: der inverse Bezug mit der subjektiven Reizwahrscheinlichkeit.

Das heißt, dass durch seltene Stimuli eine größere P300 hervorgerufen wird (CUTHBERT et al., 2000; OSTERHOUT et al., 1994).

2.: der proportionale Bezug zur Aufgabenrelevanz.

Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde die so genannte „context updating theory“ entwickelt, die besagt, dass die P300-Komponente eine Manifestation der neuralen Aktivität darstellt, die auftritt, wann auch immer jemand sein momentanes Modell der Umwelt revidieren muss. Oder anders ausgedrückt, es handelt sich um einen Prozess zur Aktualisierung des Arbeitsgedächtnisses (DONCHIN et al., 1981). Je bedeutender die notwendige Aktualisierung des Arbeitsgedächtnisses ist, die durch das Ereignis erforderlich wird (niedrige Auftretenswahrscheinlichkeit, hohe Aufgabenrelevanz), desto größer ist die Amplitude der P300. Diese Theorie wurde um die Annahme erweitert, dass das „context updating“ nicht nur vom Stimulus selbst abhängig ist, sondern auch von physiologischen Variablen des betreffenden Organismus, wie beispielsweise Hormonkonzentrationen. Das heißt, die Relevanz eines Stimulus hängt u.a. vom biologischen Zustand der Versuchsperson ab (JOHNSTON et al., 1991).

2.2.3.2 Amplitude und Latenz der P300

Die Amplitude der P300 korreliert mit der Menge an durch den Stimulus vermittelter Information (HEINZE et al., 1999). Des weiteren wurde eine hohe P300-Amplitude mit einer besseren Gedächtnisleistung assoziiert (FARRAG et al., 2002). Die Amplitude der P300 kann somit betrachtet werden als Maß der Hirnaktivität, die auftritt, wenn ein „context updating“ erfolgt, und als Reflexion der Verarbeitung eingehender Information (ANDERER et al., 2003).

Die Latenz der P300 wird als ein sensibles Maß für die Geschwindigkeit angesehen, mit der ein externer Reiz klassifiziert wird (ANDERER et al., 2003). Eine Verlängerung der Latenz zeigt eine Verschlechterung der mentalen Leistung an und wird bei Demenzen beobachtet (FARRAG et al., 2002).

Die Latenz der P300 reicht auch bei Gesunden von etwa 300 ms in simplen auditorischen Tests bis zu über 700 ms bei komplexen visuellen Aufgaben (HEINZE et al. , 1999).

Ergänzend soll das triadische Modell von JOHNSON (1986) angeführt werden. Demnach wird die Amplitude der P3-Welle maßgeblich von drei Faktoren beeinflusst:

1. von der subjektiven Wahrscheinlichkeit des Auftretens des Zielreizes, d.h. des numerischen Anteils des Zielreizes in einer Reizserie sowie der Reizsequenz, die dem Zielreiz vorausgeht
2. von der Bedeutung des Zielreizes, die sich aus Aufgabenschwierigkeit, Stimuluskomplexität und Wichtigkeit des Zielreizes zusammensetzt (z. B. führt die Kopplung der Aufgabe an eine Belohnung zu einer Amplitudenzunahme)
3. von der Informationsaufnahme des Probanden, die abhängig ist von der Aufmerksamkeit und der Sicherheit, mit der ein Zielreiz erkannt werden kann. Je größer die Sicherheit für den Probanden ist, den Reiz erkannt zu haben, desto größer ist die Amplitude der P300

Die Latenz der P300 nimmt nach JOHNSON (1986) mit zunehmender subjektiver Wahrscheinlichkeit und mit abnehmender Informationsaufnahme ab. Zunehmende Reizkomplexität führt zu einer Latenzverlängerung. Aufgabenschwierigkeit und Wichtigkeit des Zielreizes scheinen keinen Einfluss auf die Latenz zu haben.

2.2.4 Die N400-Komponente

Die N400-Komponente gilt als Marker der semantischen „Passgenauigkeit“ und wird oft in linguistischen Tests beurteilt. Typischerweise beinhalten solche Untersuchungen die Präsentation von Wörtern, die entweder in den vorausgehenden Kontext passen oder nicht. Nicht passende Wörter bewirken eine deutlichere Negativierung der Welle, die etwa 250 ms nach Reizdarbietung beginnt und ein Maximum bei 400 ms aufweist. Eine N400 kann sowohl durch auditorische als auch visuelle Stimuli erhalten werden, wobei sich die auditorische Variante eher bewährt hat (HEINZE et al., 1999; GUNTER et al., 1995; OSTERHOUT et al., 1994).

2.2.5. Die P600-Komponente

Die P600-Komponente wird häufig in hirnelektrischen Untersuchungen zum menschlichen Sprachverständnis herangezogen. Die Komponente ist sensitiv für bestimmte kognitive

Prozesse, die in die Verarbeitung von Satzstrukturen einbezogen sind (OSTERHOUT et al., 1994). Ihre Amplitude variiert als Funktion der syntaktischen „Wohlgeformtheit“ eines Satzes (JUDD et al., 1973).

2.3 Generatoren ereigniskorrelierter Potenziale

Die mit Hilfe von Kopfhautelektroden erhaltene Topografie der EKP sagt nicht notwendigerweise etwas über den Entstehungsort der Potenziale aus. Da die elektrischen Hirnströme durch das umliegende Gewebe weitergeleitet werden, muss der Ort der maximalen Kopfhautamplitude nicht zwangsläufig derjenige sein, der dem neuronalen Generator am nächsten liegt. Um die am EKP beteiligten anatomischen Strukturen beim Menschen zu identifizieren, werden sowohl intrakranielle EKP-Ableitungen, als auch Ableitungen bei Patienten mit bekannten Hirnläsionen oder nach neurochirurgischem Eingriff vorgenommen. Des weiteren wurde diese invasive Untersuchungsmethode auch bei Patienten eingesetzt, bei denen auf Grund medikamentös unbehandelbarer Epilepsie intrakranielle Elektroden zur Lokalisierung des Fokus im Hinblick auf eine operative Behandlung eingesetzt wurden (GUILLEM et al., 1995). Dabei wurden für die P300 mehrere kortikale und vor allem subkortikale Generatoren gefunden (YINGLING et al., 1984; ALTENMÜLLER, 1996). So fanden GUILLEM et al. (1995) in einer Untersuchung mit Tiefenelektroden große positive Potenziale im Bereich von Amygdala und Hippocampus; sie zeigten zudem eine Potenzialumkehr im Hippocampus, was die Herkunft der Potenziale aus ebendiesem Gebiet unterstreicht. Zahlreiche weitere Studien fanden Hinweise auf P300-Generatoren, die hauptsächlich im medialen Temporallappen mit Hippocampus, Gyrus parahippocampalis und Corpus amygdaloideum und dem temporoparietalen Übergangsgebiet zu liegen scheinen (ALTENMÜLLER, 1996).

Folgende Ergebnisse von WOOD et al. (1980) deuten darauf hin, dass entscheidende Potenzialkomponenten nicht im Cortex generiert werden:

1. Für die P300-ähnliche Aktivität, die direkt auf der Hirnoberfläche abgeleitet wurde, zeigte sich eine ähnliche Amplitude und Latenz wie für die extrakraniell auf der Kopfhaut abgeleitete P300.
2. Bei zunehmender Eindringtiefe in das Gehirn nahm die Amplitude für die P300-ähnliche Aktivität zu, während die Latenz abnahm. Es fand keine Potenzialumkehr nach Durchdringung des Cortex statt, wie es bei cortexgenerierten Potenzialen zu erwarten gewesen wäre.
3. Die maximale Amplitude der P300-ähnlichen Aktivität fand er tief im Gehirn, in der Nähe der Temporalpole.

JOHNSON (1993) geht von multiplen neuronalen Generatoren aus, die wahrscheinlich gleichzeitig aktiviert werden können, wobei jeder dieser Generatoren für einen bestimmten Aspekt der Informationsverarbeitung verantwortlich ist. Unterschiedliche Topografien von Kopfhautpotenzialen bei verschiedenen Aufgabenstellungen scheinen dementsprechend auf Unterschiede in den aktiven Strukturen, z.B. auf unterschiedliche Kombinationen der verschiedenen Teilgeneratoren zurückzuführen zu sein (KUTAS et al., 1994). So konnte JOHNSON (1990) mit einem expliziten Gedächtnisparadigma die P300 am Ableitort Pz unabhängig von der zur gleichen Zeit am Ableitort Fz durch Worte hervorgerufenen P300 manipulieren (zur Erläuterung der Ableitorte s. Kap. 3.8). Er schloss daraus, dass die in Fz zu beobachtende P300 nicht nur eine einfache Fortleitung der gleichen P300 sein kann, die in Pz gemessen wurde.

Zu vergleichbaren Ergebnissen kamen RUCHKIN et al. (1992) bei einer topografischen Untersuchung. Mithilfe eines Gedächtnisparadigmas fanden sie P300-Komponenten, die in Cz und Pz abgeleitet wurden und deren Latenzen mehr als 100 ms auseinander lagen.

Es wurde auch der Versuch unternommen, die beiden Emotionsdimensionen spezifischen Hirnarealen zuzuordnen. Verschiedene Studien deuten darauf hin, dass vor allem posteriore Regionen der rechten Hemisphäre in die Modulation Arousal- assoziierter Prozesse involviert sind. Die Verarbeitung Valenz-bezogener Information wird eher anterioren frontalen Bereichen zugeschrieben, und zwar sowohl für angenehme als auch für unangenehme Inhalte (AFTANAS et al., 2002; KLEIN et al., 2003; KEMP et al., 2004).

2.4 Emotionen und EKP

2.4.1 Allgemeines

Emotional relevante Reize werden in einem spezifischen, affektiven Informationsverarbeitungsnetzwerk prozessiert, als dessen Kernstruktur die Amygdala gilt. Dieses Netzwerk soll automatisch emotionale Inhalte einkommender Reize bezüglich der Relevanz der Information für die eigene Person analysieren und initiiert dann sehr schnell motorische, autonome und humorale Reaktionen. Damit das Individuum situationsadäquat reagieren kann, erfolgt mit der Wahrnehmung eines emotional relevanten Reizes gleichzeitig die Aktivierung eines kognitiven Netzwerkes, dessen Aufgabe darin besteht, den Stimulus bezüglich der aktuellen Situation zu bewerten. Dabei konkurrieren zwei Theorien: die „Cannon-Bard-Theorie“ und die „James-Lange-Theorie“. Erstere unterstellt, daß kognitive und affektive Reizverarbeitung gleichzeitig ablaufen, während letztere davon ausgeht, daß durch äußere Reize reflexartig physiologische Reaktionsmuster ausgelöst werden. Das

Empfinden dieser körperlichen Veränderungen soll demzufolge die Emotion ausmachen (CANNON, 1927).

Ereigniskorrelierte Potenziale bieten die Möglichkeit, die Wahrnehmung eines emotional relevanten Reizes in Echtzeit zu beobachten. Es ist zu erwarten, dass sich die Prozesse, die von emotionalen Reizen aktiviert werden, in den endogenen Komponenten der EKP abbilden. In der Literatur finden sich daher auch konsistente P300 Amplituden auf emotionale Reize, selbst wenn von der emotionalen Relevanz der Reize durch geeignete Aufgaben abgelenkt wird (NAUMANN et al., 1997).

Der in der Literatur oft anzutreffende Ausdruck „emotional processing“ kann laut KEMP et al. (2002) definiert werden als die Wahrnehmung und Evaluierung von Stimuli mit emotionalem Gehalt, wobei das Individuum gegebenenfalls auf frühere emotionale Erfahrungen zurückgreift. Der Grad der durch externe Stimuli ausgelösten Valenz- bzw. Arousalbewertung differiert dabei wesentlich zwischen den Individuen (KLEIN et al., 2003).

2.4.2 Das “International Affective Picture System” (IAPS)

Mit dem IAPS wurde von LANG et al. (1988) eine Bilderserie zur Emotionsinduktion geschaffen, die an großen amerikanischen und europäischen Probandenkollektiven validiert wurde (LANG et al., 1993); (HAMM und VAITL, 1993).

Es beinhaltet in der Fassung von 1995 eine über 700 Bilder umfassende Serie von Bildern mit Motiven aller Art, die eine breite Palette an Emotionen hervorrufen können. Das IAPS wird seit Jahren in Studien zur Untersuchung emotionaler Prozesse herangezogen, da es die systematische Auswahl von Bildern gestattet, die in ihrem emotionalen Gehalt variieren. Die Bilder wurden von Probanden unter anderem bzgl. der Emotionsdimensionen „Valenz“ und „Arousal“ (s. Kap. 2.4.3) bewertet, so daß jedem einzelnen Bild ein statistischer Mittelwert für diese Dimensionen zugeordnet ist. Dies ermöglicht den Vergleich verschiedener Studien miteinander. Neuere Studien kombinieren die Vorzüge des IAPS mit modernen bildgebenden hämodynamischen Verfahren wie der Positronenemissionstomografie, der fMRI (functional magnetic resonance imaging) und der Magnetoencephalografie (KEMP et al., 2002; KLEIN et al., 2003; CUTHBERT et al., 2000).

2.4.3 Emotionsdimensionen

Der Begriff Emotion kann definiert werden als eine relativ kurze Episode synchron auftretender Reaktionen bestehend aus kognitiven Prozessen, physiologischen Reaktionen,

Motivationsänderung, motorischem Ausdruck sowie subjektivem Erleben als Reaktion auf einen wie auch immer gearteten Stimulus (KEMP et al., 2003).

In der Literatur werden Valenz und Arousal als die Basisdimensionen der Emotion bezeichnet. Man geht hierbei von der Annahme aus, daß sich der emotionale Eindruck, der durch einen Stimulus ausgelöst wird, von dem Probanden auf zwei verbalen Beurteilungsebenen beschreiben läßt. Die Einordnung des emotionalen Gehalts der Bilder richtet sich nach diesem häufig verwendeten Modell zur Erfassung der affektiven Qualität eines Reizes. Die erste Beurteilungsebene wird als Valenz bezeichnet. Valenz meint hier Annehmlichkeit bzw. Wohlgefallen. Die zweite Beurteilungsebene, genannt Arousal, bezeichnet Aufregung oder Erregung. Hier wird durch den Probanden beurteilt, ob der Stimulus ihn bewegt, bzw. erregt oder ob keine wesentliche An- oder Erregung gespürt wird. Dieses Koordinatensystem aus zwei Basiskategorien gilt seit langer Zeit als valides System zur Erfassung des subjektiven Eindrucks von affektiven Stimuli (ERTEL, 1965; LANG et al., 1993).

Man erhält somit ein zweidimensionales Modell der Emotion: Demnach wird die Valenz-Dimension anhand des erreichten Grades einer appetitiven bzw. einer aversiven Motivation abgestuft. Die Arousal-Komponente trägt die zweite Achse zu diesem Modell bei, die die ausgelöste emotionale Reaktion bezüglich ihres Ausmaßes bzw. ihrer Intensität einstuft (KEIL et al., 2001; AFTANAS et al., 2002).

Bei der Erstellung des IAPS wurde die Absicht verfolgt, die beiden fundamentalen Systeme der appetitiven bzw. der aversiven Motivation mittels visueller Stimuli selektiv zu aktivieren. Werden die Bilder des IAPS auf einer zweidimensionalen Grafik entsprechend ihrer Valenz- und Arousalbewertung aufgetragen, ergibt sich eine Verteilung in Form eines Bumerangs, dessen beide Enden in Richtung der hohen Arousal-Werte weisen (KEMP et al., 2002). Das bedeutet, dass sowohl als sehr angenehm als auch als sehr unangenehm bewertete Bilder als in hohem Maße aufregend beurteilt werden, während neutrale Bilder als eher „langweilig“ oder „fade“ beurteilt werden.

2.5 Geschlechtsunterschiede in der Wahrnehmung emotionaler Inhalte

Verschiedene Studien, die sich bildgebender Techniken bedienten, deuten darauf hin, dass es bei der zentralen Verarbeitung emotionaler Stimuli geschlechtsspezifische Unterschiede gibt.

Visuelle Stimuli werden von Männern und Frauen hinsichtlich Valenz und Arousal unterschiedlich bewertet. Dies bildet sich bereits deutlich in den großen

Geschlechtsdifferenzen der Valenz- und Arousalwerte der IAPS-Bilder ab. Positive Bilder des IAPS mit niedrigem Arousal werden z.B. von weiblichen Probanden bezüglich ihrer Valenz generell höher eingestuft. Des Weiteren deuten verschiedene Studien darauf hin, dass Männer stärker auf angenehmes Material ansprechen, Frauen dagegen heftiger auf aversive Stimuli reagieren, auch wenn diese nur visuell dargeboten werden. Selbst wenn Bilder in den beiden Emotionsdimensionen ähnlich bewertet wurden, zeigten sich mittels bildgebender Techniken unterschiedliche Muster der Hirnaktivierung bei Männern und Frauen beim Vergleich von angenehmen und unangenehmen Stimuli. Männer zeigten für positive visuelle Stimuli eine stärkere Gehirnaktivität im inferioren und medialen frontalen Gyrus und in der Amygdala als Frauen. Ergebnisse von KEMP et al. (2004) deuten darauf hin, dass Frauen möglicherweise nicht in der Lage sind, eine durch Präsentation unangenehmer Stimuli bewirkte Aktivierung ebenso erfolgreich zu unterdrücken wie Männer. Aus diesen Untersuchungen wurde gefolgert, dass Frauen eventuell eher in Richtung eines negativen Pols orientiert sein könnten, was die erhöhte Anfälligkeit für Stimmungsstörungen erklären würde (FEDERMEIER et al., 2001; KEMP et al., 2004; KLEIN et al., 2003).

2.6 Psychophysiologische Einflüsse auf die EKP

Eine Vielzahl von Faktoren nimmt Einfluss auf das Erscheinungsbild der EKP. Einige gesicherte Einflussfaktoren sollen hier kurz erwähnt werden.

2.6.1 Aufmerksamkeit

Die P300 ist abhängig von der Aufmerksamkeit, die der Betrachter dem Zielreiz entgegenbringt. Je stärker er seine Aufmerksamkeit auf den Reiz richtet, desto größer ist die Amplitude der Welle und desto kürzer die Latenz (POLICH, 1986). Die Aufmerksamkeit des Betrachters lässt sich durch Aufgabenkopplung, z.B. Tastendruck bei Reizdarbietung erreichen.

BARRETT et al. (1987) zeigten, dass ein Tastendruck die Amplitude der P3 an den centralen Ableitorten (Cz, C3, C4) möglicherweise verringert, da es zu einer Überlagerung mit dem motorischen Potenzial kommen kann. PFEFFERBAUM et. al (1985) hingegen fanden keine Amplitudenreduktion der P300 bei Tastendruck als Aufgabenstellung für den Probanden.

2.6.2 Händigkeit

Einige Studien deuten darauf hin, dass die Händigkeit des Probanden bei hirnelektrischen Untersuchungen eine Rolle spielen kann. Die diesbezüglichen Befunde sind jedoch nicht eindeutig: beschrieben wurden in Studien zu visuell evozierten Potenzialen (VEP) beispielsweise längere Latenzen der VEP in der jeweiligen dominanten Hemisphäre, größere Amplituden in der dominanten Hemisphäre für Linkshänder bei Symmetrie für Rechtshänder (GOTT et al., 1972). Aber auch größere Amplituden in der nichtdominanten rechten Hemisphäre bei Rechtshändern und Symmetrie bei Linkshändern (REBAI et al., 1997) sowie größere VEP-Amplituden in der jeweiligen dominanten Hemisphäre und symmetrische Latenzen (MECACCI et al., 1990) sind beobachtet worden.

2.6.3 Reizkomplexität

KOK (1980) untersuchte Probanden mit komplexen visuellen Reizen (Buchstaben, die aus Punkten zusammengesetzt waren). Er fand neben einer Abnahme der Amplitude der P3 nach wiederholtem Zeigen der Bilder insbesondere eine große „Slow Wave“, d.h. einen langsam ansteigenden Schenkel der P300, der erst nach 1000 ms die Basislinie des Ruhe-EEG wieder erreicht. Dieser breite Kurvenverlauf, der auf eine lange Reizverarbeitung des Gehirns hinweist, ist der wohl wichtigste Unterschied zwischen komplexen und einfachen Reizen. Einfache Reize, wie z. B. Töne oder Blitze lösen eher eine spitze P300 aus, die wesentlich eher zur Basislinie des Ruhe-EEG zurückkehrt. Damit wird bei komplexen Reizen die von der Kurve insgesamt umschriebene Fläche als Untersuchungsparameter bedeutsam.

2.6.4 Alter

Die Morphologie der hirnelektrischen Potenziale ist abhängig vom Alter der Probanden. Etliche Studien deuten einheitlich darauf hin, dass die P300-Latenz mit zunehmendem Alter länger wird und die Amplitude eine Reduktion erfährt. Außerdem fand sich mit zunehmendem Alter eine Verlagerung der Kopfhauttopografie der P300 von parietal nach frontal (YAMAGUCHI et al., 1991; DUJARDIN et al., 1993).

Entscheidend für die hier im Rahmen der Dissertation vorgenommene Untersuchung ist, dass der wesentliche Effekt auf die Amplitude und Latenz der P300 erst in höherem Lebensalter deutlich wird. NETO et al. (1989) konnten keine signifikanten altersabhängigen

Unterschiede in Latenz und Amplitude der P300 in einer Probandengruppe zwischen 20 und 35 Jahren feststellen.

2.7 Hormonelle Einflüsse auf EKP und Affekt

Zahlreiche Studien belegen hormonelle Einflüsse auf EKP, sei es direkt oder indirekt (KLUCK et al., 1992; BORN et al., 1987; ANDERER et al., 2003; JOHNSTON et al., 1991). Indem sich die affektive Wertigkeit eines Stimulus als Funktion bestimmter Hormonspiegel verändert, nimmt dieser somit Einfluss auf die Morphologie der EKP:

Mehrere Studien berichten von einem Maximum weiblich-initiiertes Sexualität zum Zeitpunkt der Ovulation. Diese Komponente weiblicher Sexualität scheint eine Funktion adrenaler Androgene zu sein, hauptsächlich des Androstendions, da die Entfernung der adrenalen Drüsen zu einer Minderung sexuellen Verlangens führt, wohingegen Ovariectomie wenig oder keinen Effekt zeigt. Diese Resultate weisen darauf hin, dass der emotionale Wert erotischer Stimuli mit den Androgenspiegeln über den menstruellen Zyklus variiert.

JOHNSTON et al. (1991) berichten über größere P300-Amplituden bei Frauen in der postovulatorischen Phase, also während der Zeit möglicher Schwangerschaft, bei Betrachtung von Bildern von Babies und männlichen Models. Wenn aber die Zeit einer möglichen Befruchtung vorbei ist, nimmt der erotische Wert von Reizen ab, wie es die Auswertung entsprechender Bildbewertungen in dieser Phase hoher Progesteronwerte zeigte. Das Betrachten neutraler Bilder zeigte demgegenüber keine Abhängigkeit vom Zyklustag. Auch variierte keine andere Komponente der EKP als Funktion des Menstruationszyklus, nur die P300 zeigte sich sensitiv auf beides, die affektive Kategorie und den Zykluszeitpunkt. Diese Ergebnisse sprechen für das Vorliegen von Mechanismen, die sicherstellen, dass das „context updating“ durch den biologischen Zustand des Individuums reguliert wird und so in eine biologisch adaptive Richtung gesteuert wird.

2.8 Ziel dieser Untersuchung

Ziel dieser Studie war es, mit Hilfe von ereigniskorrelierten Potenzialen den möglichen Einfluss natürlicher Variationen der individuellen Sexualhormonkonzentrationen auf den emotionalen Gehalt visueller Stimuli, insbesondere auch erotischer Stimuli, zu analysieren. Das Reizmaterial wurde dem IAPS entnommen und kann den drei Bildgruppen „Frauen“-Bilder, „Essen“-Bilder und „Sport“-Bilder zugeordnet werden.

Zusätzlich wurde ein Schachbrettmuster der Bilderserie hinzugefügt. Es sollte als Referenzreiz mit minimalstem emotionalem Gehalt dienen.

Im Einzelnen ergaben sich dabei folgende Fragen:

1. Lösen verschiedene IAPS-Bilder verschiedene EKP aus? *und*
2. Zeigt sich eine Abhängigkeit der EKP von Hormonkonzentrationen?

Neben der EKP-Untersuchung wurde eine individuelle Bildbewertung durchgeführt, wobei die Probandinnen alle gezeigten Bilder in den Kategorien Valenz und Arousal anhand einer visuellen Analogskala bewerten sollten.

In dieser Untersuchung wurden ausschließlich heterosexuelle weibliche gesunde Probandinnen untersucht. Eine weitere Untersuchung, die Thema einer zweiten Dissertationsarbeit ist, wird analog und mit gleichem Bildmaterial an einer Vergleichsgruppe mit männlichen Probanden durchgeführt.

2.9 Fragestellungen

1. Lösen die Bilder der drei verschiedenen Bildergruppen unterschiedliche ereigniskorrelierte Potenziale aus?
2. Führen die Bilder innerhalb der Bildgruppen zu ähnlichen ereigniskorrelierten Potenzialen?
3. Ergibt sich eine Abhängigkeit der ereigniskorrelierten Potenziale von den Sexualhormonen? Speziell: Lässt sich ein Einfluss der Serumtestosteronkonzentration auf die ereigniskorrelierten Potenziale feststellen? Wie ausgeprägt ist dieser eventuelle Einfluss auf die drei Bildgruppen?
4. Beeinflusst die Höhe der Serumtestosteronkonzentration die Valenz- und Arousalbewertung? Wie ausgeprägt ist jeweils dieser eventuelle Einfluss auf die Bewertung einer der Bildgruppen im Vergleich zu den beiden anderen Bildgruppen und dem Schachbrettmuster?
5. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Valenz- und Erregungsbewertung und den ereigniskorrelierten Potenzialen?

3 Material und Methoden

3.1 EKP – Methodische Grundlagen

Das EEG zur Bestimmung der EKP wird an der Schädeloberfläche an den für EEG-Ableitungen standardisierten Orten des 10-20-Systems abgeleitet (JASPER, 1958). Abgeleitet wird meistens unipolar (z.B. Kopfelektrode gegen Ohrläppchen) oder bipolar zwischen zwei Kopfelektroden (SCHMIDT et al., 1995).

Um die EKP als niedrigamplitudige, im Spontan-EEG eingelagerte Signale, darstellen zu können, ist eine Signalanhebungstechnik nötig. Hierzu bedient man sich üblicherweise der Mittelungstechnik (englisch: Average) (DAWSON, 1954). Dabei wird angenommen, dass die ereignisbezogene elektrische Aktivität in einem stabilen zeitlichen Zusammenhang zu dem auslösenden Reiz steht; die Reizantwort folgt also immer zeitgebunden. Ebenso wird angenommen, dass sowohl die Latenzen als auch die Amplituden der einzelnen Signal-Komponenten konstant bleiben. Das Spontan-EEG (spontane Hintergrundaktivität), das als Rauschen bezeichnet wird, zeigt demgegenüber keine Beziehung zu einem auslösenden Reiz. Mit einer ausreichenden Anzahl wiederholter Ereignisse ist es deshalb möglich, die ereignisbezogene hirnelektrische Aktivität von der Hintergrundaktivität herauszumitteln. Der Mittelwertbildner (Averager) summiert die nach einem Reiz auftretenden hirnelektrischen Antworten im interessierenden Zeitintervall und dividiert sie zuletzt durch die Anzahl der Reize (SCHANDRY et al., 1989); dadurch geht das zufällig verteilte EEG-Rauschen im Idealfall gegen Null.

3.2 Versuchspersonen

3.2.1 Allgemeines

Bei den Versuchspersonen handelte es sich ausschließlich um Medizinstudentinnen der Universität des Saarlandes, die alle freiwillig und ohne finanzielle Anreize an der Untersuchung teilnahmen. Keine der Probandinnen litt zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung an einer neuropsychiatrischen Erkrankung, war schwanger oder stand unter dem Einfluss psychotroper Substanzen. Der jeweilige Zyklustag jeder Probandin am Untersuchungstag sowie die eventuelle Einnahme eines Kontrazeptivums wurden dokumentiert. Versuchspersonen mit Fehlsichtigkeit wurden mit Brille untersucht.

3.2.2 Anzahl und Geschlecht

Es wurden insgesamt 21 weibliche Personen untersucht, von denen aber nur 20 in die Auswertung mit einbezogen werden konnten. Die EKP einer Probandin konnten wegen zu häufiger Lidschlagartefakte nicht verwertet werden.

3.2.3 Altersverteilung

Das Alter der Versuchspersonen lag zwischen 21 und 28 Jahren. Das mittlere Alter betrug 24,8. Die Standardabweichung lag bei 1,67.

3.2.4 Händigkeit

In die vorliegende Untersuchung wurden nur Rechtshänder eingeschlossen. Dazu wurde die Händigkeit der Versuchspersonen mit dem Edinburgh Inventory (OLDFIELD, 1971, siehe Anhang) überprüft. Dies ist ein Fragebogen, bei dem der Proband für zehn verschiedene alltägliche Tätigkeiten angeben muss, ob er sie mit der rechten oder der linken Hand verrichtet. Nur Probanden, die mindestens acht Tätigkeiten mit der rechten Hand ausführen, wurden als Rechtshänder klassifiziert.

3.3 Stimulusmaterial

Zur Stimulation wurden Bilder des von LANG et al. (1988) erstellten International Affective Picture System, IAPS, verwendet, die sich durch hohe Reliabilität bei der Valenz- und Erregungsbewertung auszeichnen.

Die vorliegende Studie beinhaltete die Präsentation dreier Bildgruppen. Diese Bilder wurden aus dem IAPS anhand bestimmter Kriterien, nämlich der Valenz- und Arousalbewertung ausgewählt. Die Untersucher orientierten sich dabei an der Bewertung durch männliche Probanden; die weiblichen Probanden der vorliegenden Arbeit stellen die Vergleichsgruppe. Die erste Bildgruppe sollte Bilder beinhalten, die sich hinsichtlich ihrer Valenz- und Erregungswerte durch beide Geschlechter jeweils möglichst stark unterscheiden. Die Wahl fiel auf drei Bilder von Frauen in erotischer Pose. Diese wurden im Geschlechtervergleich von Männern als wesentlich erregender und angenehmer beurteilt als durch Frauen. Die beiden anderen Bildgruppen sollten möglichst wenig Geschlechtsdifferenz aufweisen (s. Abb. 3.1)

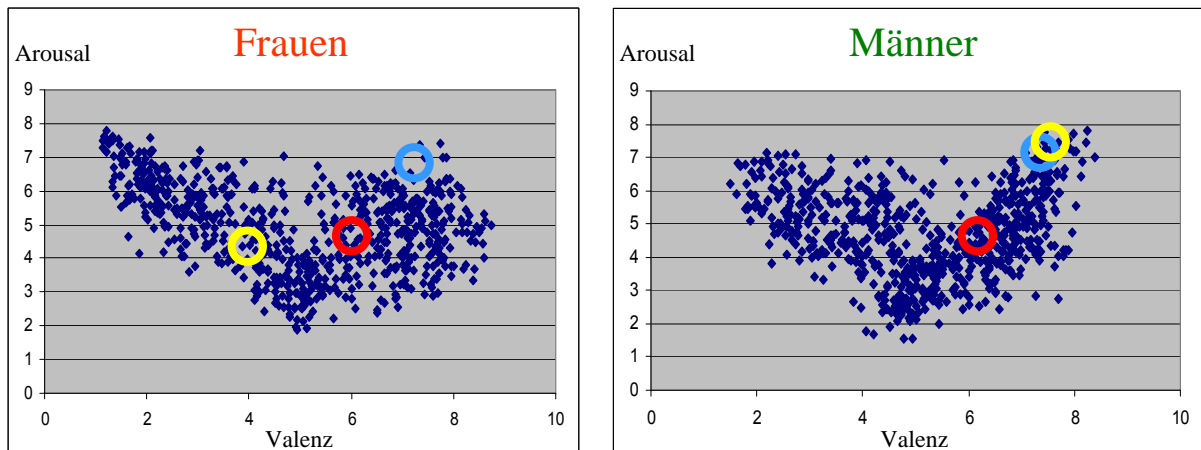


Abb. 3.1: International Affective Picture System (IAPS), ○ = „Sport“- Bilder, ○ = „Frauen“- Bilder, ○ = „Essen“- Bilder

Des Weiteren sollte eine der beiden weiteren Bildgruppen über ähnlich hohe Valenz- sowie Erregungswerte verfügen wie die durch Männer beurteilten Frauenbilder, die dritte Gruppe zwar hohe Valenz- jedoch niedrigere Erregungsbewertung aufweisen. Ein weiteres Auswahlkriterium bestand in der Homogenität innerhalb der Bildgruppen. Valenz- sowie Erregungswerte sollten also innerhalb jeder Bildgruppe eine möglichst geringe Differenz besitzen.

Diese Bedingungen erfüllten drei Bilder von Sportlern, die in der Beurteilung über gleichermaßen hohe Valenz- wie auch Erregungswerte verfügten. Zwar hohe Valenz-, jedoch niedrigere Erregungswerte wiesen drei Bilder von Nahrungsmitteln auf.

3.3.1 „Frauen“-Bilder



Frau im Meer (IAPS-Nr.:4002)



Frau, blond (IAPS-Nr.:4290) (variiert)



Frau, brünett (IAPS-Nr.:4232) (variiert)

3.3.2 „Essen“-Bilder



Pizza (IAPS-Nr.:7351)



Pancakes (IAPS-Nr.:7286)



Spieße (IAPS-Nr.:7281)

3.3.3 „Sport“-Bilder



Fallschirmspringer (IAPS-Nr.:5621)



Skispringer (IAPS-Nr.:8030)



Segler (IAPS-Nr.:8080)

3.3.4 „Schachbrett“-Bild

Als neutraler, einfacher Reiz wurde zusätzlich ein vom Computer erstelltes Schachbrettmuster in die Präsentation eingefügt. Das Schachbrettmuster wurde in schwarz-weiß gezeigt.

3.4 Präsentation der Bilder

Die Bilder wurden auf einem 20 Zoll Farbmonitor präsentiert, der etwa 2,5 m vom Betrachter entfernt stand. Es ergab sich ein Sehwinkel von knapp 11° . Die Bilder erschienen jeweils 1,5 s lang auf dem Bildschirm. In der Zeit zwischen der Präsentation zweier Bilder wurde der Monitor für ein zufälliges Zeitintervall dunkel geschaltet. Diese Dunkelzeiten betragen zwischen 3 und 7 Sekunden. Durch das zufällig lange Interstimulusintervall sollte die Ausbildung eines Erwartungspotenzials verhindert werden.

Um eine genügend hohe Anzahl artefaktfreier Einzelableitungen zu erhalten, war es nötig, den Probanden jedes Bild 40 mal zu präsentieren. Insgesamt wurden während einer Untersuchung also 400 Bilder gezeigt. Um Bewegungsartefakten durch Müdigkeit vorzubeugen, wurden die Bilder in 4 Blöcke mit jeweils 100 Bildern aufgeteilt. Insgesamt entstanden so 4 Untersuchungsblöcke von je ca. 13 Minuten Dauer. Zwischen den einzelnen Blöcken wurden Pausen von mindestens 2 Minuten eingehalten. Die Gesamtdauer einer Untersuchung betrug somit ca. eine Stunde.

Während der Pause erschien ein „Pause“-Bild auf dem Bildschirm.

Die Darbietung der Bilder erfolgte in pseudorandomisierter Reihenfolge: Jedes Bild wurde in jedem Block 10 mal gezeigt, ohne dass dasselbe Bild zweimal hintereinander erschien. Block 1 und 3 sowie Block 2 und 4 wiesen jeweils dieselbe Bilderfolge auf, wobei die Bilder in Block 2 bzw. 4 die rückläufige Reihenfolge zu Block 1 bzw. 3 aufwiesen. Den Versuchspersonen erschien die Bilderfolge als rein zufällig.

Nachdem aus zahlreichen Studien bekannt ist, dass die EKP von einer Vielzahl psychophysiologischer Faktoren abhängig sind, wurde hier versucht einen möglichst passiven Versuchsaufbau zu wählen, um den Einfluss anderer Komponenten, wie etwa Verbalisierungsvorgänge oder bewegungskorrelierte elektrische Komponenten, auf die Ergebnisse möglichst gering zu halten.

3.5 Fragebogen

3.5.1 Durchführung

Nach der Präsentation der Bilder wurden alle Bilder noch einmal beliebig lange gezeigt und von den Probanden anhand eines Fragebogens beurteilt. Mittels einer visuellen Analogskala sollten die Probanden ihren jeweiligen Valenz – und den Erregungswert der einzelnen Bilder angeben, indem sie eine Markierung auf jede der Linien setzten. Das linke Linienende entsprach dabei der Beurteilung als „maximal angenehm“ bzw. „maximal aufregend“, das rechte Linienende der Beurteilung als „maximal unangenehm“ bzw. „maximal langweilig“.

Der Zweck des Fragebogens bestand darin, den emotionalen Eindruck der individuellen Probanden mit ihren EKP korrelieren zu können. Darüberhinaus konnte so die Übereinstimmung der Bildbewertung durch unsere Probanden mit den in der Validierungsstudie der Bilderserie von Lang, Bradley und Cuthbert (1999) angegebenen Bewertungspunkten überprüft werden.

Ein Muster des Fragebogens findet sich im Anhang dieser Arbeit.

3.5.2 Auswertung

Die Länge (L) zwischen dem linken Rand der visuellen Analogskala und der handschriftlichen Markierung des Probanden wurde ausgemessen. Bei bekannter Gesamtlänge (GL) der gezeichneten Analogskala wurden anschließend die gemessenen Längen nach folgender Formel auf Zahlwerte (ZW_{IAPS}) umgerechnet, die einen direkten Vergleich mit den Zahlwerten des IAPS (1 = max. unangenehm bzw. langweilig; 9 = max. angenehm bzw. aufregend) möglich machten:

$$ZW_{IAPS} = \frac{L}{GL} \cdot 8 + 1$$

Für den Vergleich der Bildbewertung zwischen den Bildgruppen sowie innerhalb der Bildgruppen wurde der Wilcoxon-Test angewendet. Die weitere Bearbeitung der Zahlwerte erfolgte mittels SPSS für Windows.

3.6 Blutentnahmen

Neben den EKP und den Beurteilungswerten wurde mit der Bestimmung der Serumkonzentrationen einer Reihe von Hormonen ein dritter Block an Daten erfasst. Hierzu wurde den nüchternen Probanden jeweils um 8 Uhr morgens Blut entnommen. Folgende Hormonkonzentrationen wurden mittels radioimmunologischer Untersuchung erfasst: Gesamt-Testosteron (ng/dl), freies Testosteron (pg/ml), Follikelstimulierendes Hormon (FSH) (mU/ml), Luteinisierendes Hormon (LH) (mU/ml), Prolaktin (mU/ml), Östradiol (pg/ml), Progesteron (ng/ml), Dehydroepiandrosteron (DHEAS) (mg/dl), Östriol (ng/ml), Cortisol (nmol/l), Sexualhormonbindendes Globulin (SHBG) (nmol/l), Adrenocorticotropes Hormon (ACTH) (pg/ml), Androstendion (ng/ml), freies Trijodthyronin (fT 3) (pg/ml), freies Thyroxin (fT 4) (ng/dl), Thyroidea stimulierendes Hormon (TSH) (mU/ml). Die Auswertung der Blutproben erfolgte durch die Laboratorien der Urologischen Klinik, HNO-Klinik, Gynäkologie und Pädiatrie des Universitätsklinikums des Saarlandes.¹

3.7 Versuchsablauf

Die Untersuchung eines Probanden begann jeweils um 8 Uhr morgens mit der Prüfung der Händigkeit mit dem Edinburgh Inventory und der Blutentnahme.

Die Präsentation der Bilder fand in einem leicht abgedunkelten, weitgehend schallisolierten Raum statt, der über eine Einwegsichtscheibe aus dem Regieraum eingesehen werden konnte (s. Abb. 3.2). Zunächst wurden dem Probanden die Augen-, Ohr-, und Kopfelektroden angelegt.

Die Versuchsperson wurde dann instruiert, sich auf die gezeigten Bilder zu konzentrieren und mit einem Tastendruck jedes gezeigte Bild zu bestätigen. Dadurch sollte ein Mindestmaß an Aufmerksamkeit garantiert werden. Dies stellt zwar eine Aufgabenkopplung dar, da jedoch alle Bilder gleichermaßen bestätigt werden sollten, gab es keine Ziel- und Nicht-Zielreize.

¹ An dieser Stelle möchte ich ausdrücklich Herrn Prof. Dr. H. Derouet und Frau Dr. E. Isenberg, ehemalige Mitarbeiter der Klinik für Urologie und Kinderurologie des Universitätsklinikums des Saarlandes danken. Herr Prof. Derouet war insbesondere in der Vorbereitungsphase ein wichtiger Ratgeber bei der Auswahl der zu untersuchenden Hormone und Sexualhormone. Frau Dr. Isenberg hat die Durchführung der Hormonbestimmungen übernommen und stand immer beratend zur Verfügung.

Um möglichst wenig Augenartefakte zu produzieren, wurden die Probanden angewiesen, das Blinzeln während des Betrachtens der Bilder möglichst zu vermeiden und hierfür die Dunkelzeiten zu nutzen.

Während der Bildpräsentation blieb der Proband alleine in dem Untersuchungsraum. Der Untersucher hielt sich in dem Regieraum auf, in dem sich auch der für den Bildaufbau sowie für die Registrierung der EEG-Ableitungen verwendete Computer befand. Auf dem Bildschirm im Regieraum konnten gleichzeitig zur Ableitung das EEG und das EOG aller Ableitorte beobachtet werden. Auch die Zeitspanne bis zum Tastendruck wurde registriert. Die Software zur Darstellung der Bilder und zur Registrierung des EEG und der Reaktionszeiten wurde von Herrn Dipl.- Phys. M. Rubly erstellt.

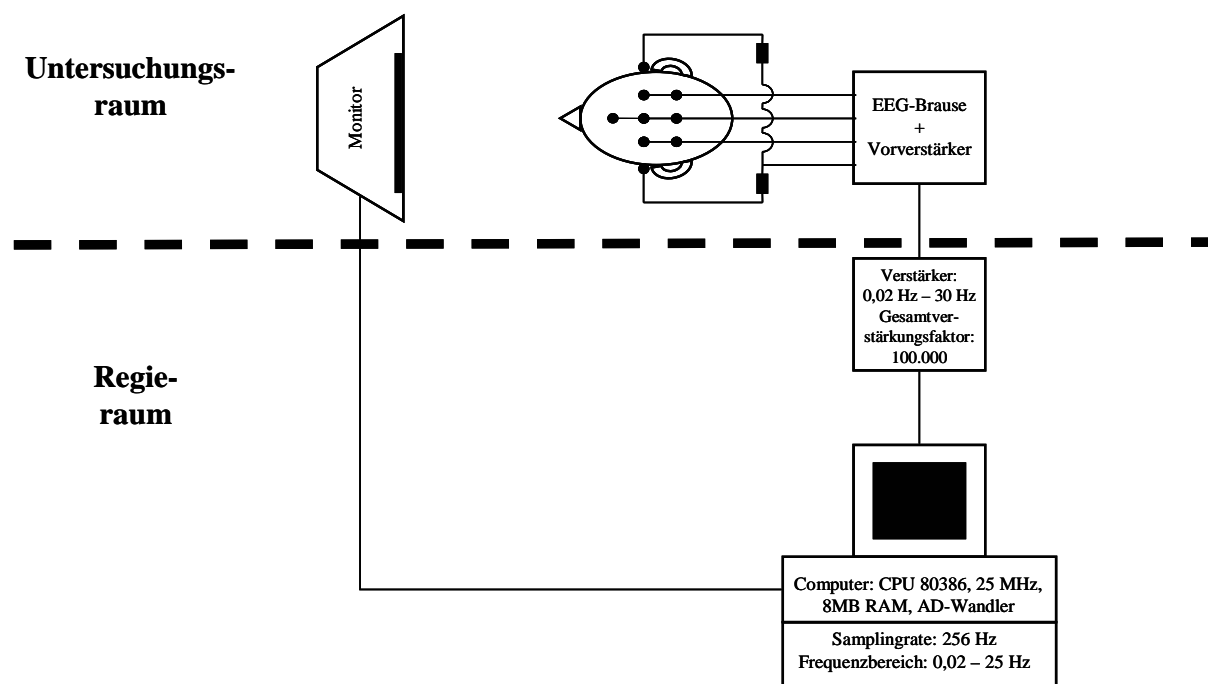


Abb. 3.2: Methode der Ableitung und Registrierung

3.8 Registrierung der Signale

Zur Registrierung der ereigniskorrelierten Potenziale wurde die „Electro-cap“ der Firma Electro-Cap-International, Inc., USA, verwendet. Dabei handelt es sich um eine Textilkappe, in die Silber-/Silberchlorid-Elektroden nach dem internationalen 10-20-System (JASPER, 1958) eingearbeitet sind. Um den Kontakt zwischen den Elektroden und der Haut zu

optimieren, wurde Elektrolyt-Paste derselben Firma auf die entsprechenden Stellen der Kopfhaut aufgetragen.

Abgeleitet wurde von den zentralen Ableitorten Fz (frontal zentral), Cz (central zentral), Pz (parietal zentral) und den lateralen Ableitorten C3 (central links), C4 (central rechts), P3 (parietal links), sowie P4 (parietal rechts). Die „z“entralen Ableitorte liegen in der Sagittalebene durch Cz (Fz, Cz, Pz), die „c“entralen Ableitorte in der Transversalebene durch Cz (C3, Cz, C4) und die parietalen Ableitorte in der Transversalebene durch Pz (P3, Pz, P4) (s. Abb. 3.3). Die Erdelektrode befand sich in Stirnmitte. Als Referenzelektrode dienten die über 2 mal 5 kOhm verbundenen Ohrfläppchen. Mit der Ableitung konnte begonnen werden, wenn die Impedanz an sämtlichen Kopfelektroden unter 5 kOhm lag. Zur Kontrolle von Augenbewegungen und Lidschlag wurde mittels supra- und infraorbitaler Elektroden ein vertikales EOG am rechten Auge abgeleitet.

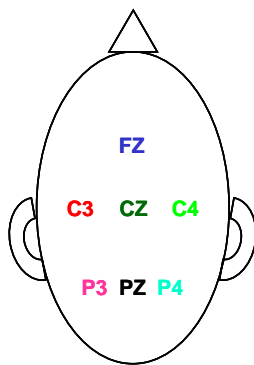


Abb. 3.3: Anordnung und Benennung der Ableitorte

Die Verstärkung des EEG und des EOG erfolgte über ein nach eigenen Spezifikationen der Arbeitsgruppe von der Firma MedNatic (MedNatic GmbH, München, Deutschland) gebautes Verstärkersystem mit einem in die EEG-Brause eingebauten Vorverstärker und einem im Regieraum befindlichen Endverstärker. Vor- und Endverstärker ergaben zusammen eine Verstärkung um den Faktor 100 000. Die Grenzfrequenzen des analogen Bandpassfilters lagen bei 0,02 und bei 30 Hz mit einer Flankensteilheit von 12 db pro Oktave. Die verstärkten Signale wurden auf 8 Kanälen mit einer 12 bit AD- Wandlerkarte der Firma Sorcus (SORCUS Computer/Systemtechnik GmbH, Heidelberg, Deutschland) mit einer Frequenz von 256 Hz digitalisiert. Im Anschluss wurde eine digitale Filterung mit einer oberen Grenzfrequenz von 20 Hz vorgenommen.

Die Gesamtanalysezeit einer Einzelmessung betrug 2000 ms, davon lagen 500 ms vor („Prä-Trigger“) und 1500 ms („Post-Trigger“) nach dem Erscheinen eines Bildes. Die Prä-

Triggerzeit diente der Berechnung der Basislinie, die als Mittelwert der EEG-Kurve im Prä-Trigger-Bereich berechnet wurde.

Das EEG aller Ableitorte und das EOG wurden unmittelbar nachfolgend auf die Ableitung auf dem Monitor des Rechners im Regieraum sichtbar, sodass schon während der Untersuchung z.B. die Häufigkeit der Lidschlagartefakte beurteilt werden konnte.

Sämtliche für die Ableitung und Speicherung der Daten benötigte Software wurde von Herrn Dipl.- Phys. M. Rubly programmiert.

3.9 Auswertung der Ableitungen

Zunächst wurden die Ableitungen eines jeden Probanden zu jedem einzelnen Bild „offline“ an einem Computermonitor auf ihre Verwertbarkeit hin durchgesehen. Ein Proband wurde nur dann in die Studie aufgenommen, wenn mindestens 20 artefaktfreie Einzelableitungen pro Bild vorhanden waren. Aus den einzelnen Reizantworten eines Probanden wurde zu jedem der 10 Bilder und an jedem der 8 Ableitorte eine Mittelwertkurve errechnet (Average). Anschließend wurden wiederum Mittelwertkurven zu jedem Einzelbild sowie zu jeder Bildgruppe über alle Probanden erstellt („Grandaverage“).

3.10 Methode des Kurvenvergleiches

Um die „Grandaverage“-Kurven auf signifikante Unterschiede hin miteinander vergleichen zu können, wurde der von BLAIR und KARNISKI (1993) entwickelte Permutationstest angewandt. Ein konventioneller t-Test für jeden Messpunkt ist problematisch, da der α -Fehler bei einer so hohen Anzahl von Tests zu groß wird (Alphainflation).

Die Methode der Permutation dient der Signifikanzprüfung von Differenzkurven aus psychophysiologischen Untersuchungen. Sie setzt keine bestimmte Datenverteilung (z.B. Normalverteilung) voraus, erfordert keine zugrunde liegende Korrelationsstruktur, ist exakt und ist anwendbar für eine beliebige Anzahl von Objekten und Einzelmessungen (BLAIR und KARNISKI, 1993). Als Permutationstest erlaubt er den direkten Punkt-zu-Punkt-Vergleich kompletter Potentialkurven und ist dabei in der Lage, signifikante Unterschiede auch für sehr kurze Zeitintervalle bis hin zum einzelnen Kurvenpunkt zu ermitteln und das Signifikanzniveau exakt und im Rahmen der durch die Anzahl der Probanden vorgegebenen Grenzen beliebig festzulegen.

Ziel des Verfahrens ist es, zu ermitteln, für welche Kurvenabschnitte die Nullhypothese mit einer definierten Irrtumswahrscheinlichkeit (hier $\alpha \leq 0,05$) widerlegt werden kann. Die Nullhypothese besagt, dass sich die zu vergleichenden Kurvengruppen nur zufällig unterscheiden.

Als Maßzahlen für die Potenzialunterschiede zu den einzelnen Zeitpunkten wird nun zunächst für alle interessierenden Messpunkte eines Kurvenvergleichs ein t-Wert berechnet. Dies geschieht auf übliche Weise mit Hilfe des t-Tests für paarige Stichproben. Diese aus den Originaldaten stammenden t-Werte werden als t-originale oder t-org bezeichnet.

Wenn man nun mit der Nullhypothese davon ausgeht, dass die unter Bedingung A gemessenen Potenzialkurven jedes einzelnen Probanden ebenso gut unter Bedingung B hätten gemessen werden können, so folgt daraus, dass sich auch die t-Werte, die nach einem solchen Vertauschen der Potenzialkurven ermittelt werden, nur zufällig von den t-org-Werten der Originalkurven unterscheiden. Dieser Schluss ist der theoretische Kern des Testverfahrens nach Blair und Karniski.

Beim weiteren Vorgehen werden nun systematisch die Potenzialkurven der Probanden zwischen den zu vergleichenden Bedingungen vertauscht und jedes Mal werden sämtliche t-Werte aller Messpunkte erneut bestimmt. Von weiterer Bedeutung ist jedoch nur der jeweils größte t-Wert einer Permutation, der t-max genannt wird. Insgesamt ergeben sich bei 20 Probanden auf diese Weise 2^{20} mögliche Potenzialkurven-Permutationen und damit t-max-Werte. Da bei einer so großen Anzahl an Berechnungen auch heutige Computer noch überfordert wären, berechnet man nur eine Auswahl von 10 000 zufällig ermittelten Permutationen.

Die Häufigkeitsverteilung der so gewonnenen 10 000 t-max-Werte dient als Normierung zur Berechnung eines Grenzwertes, mit dem die t-org-Werte dann verglichen werden können. Für alle t-org-Werte, die diesen Grenzwert überschreiten, kann nun mit einer exakten Irrtumswahrscheinlichkeit α davon ausgegangen werden, dass sich die Potenzialkurven zu diesem Zeitpunkt mehr als zufällig unterscheiden.

3.11 Bestimmung der Flächenparameter

Anhand der EKP-Kurven wurden eine Reihe von Kurvenparametern berechnet. Diese wurden entsprechend der relevant erscheinenden Kurvenabschnitte ausgewählt. Ziel der Flächenparameterbestimmung war es, die EKP-Kurven in numerische Werte zu überführen, um sie mit den Ergebnissen aus den Fragebögen sowie den Serumkonzentrationen der Hormone in Korrelation setzen zu können.

Alle Parameter wurden auf der Ebene des einzelnen Probanden, für jeden Stimulus und für jeden Ableitort getrennt erfasst.

Folgende Flächenparameter wurden untersucht: die „**frühe Gesamtfläche**“ (FFL) zwischen 280 und 600 ms Post-Trigger bzw. die „**späte Gesamtfläche**“ (SFL) zwischen 600 und 1450 ms Post-Trigger. Hierzu wurden die gesamten positiv und negativ der Basislinie liegenden Flächenbetragswerte in den Zeitintervallen 280-600 ms bzw. 600-1450 ms durch Addition der einzelnen Messpunktwerte erfasst. Auf diese Weise wurden „positive Flächen“ und „negative Flächen“ errechnet.

Im Anschluss wurden jeweils die im negativen Bereich liegenden Flächenbetragswerte mit denen im positiven Bereich liegenden addiert und so eine „Gesamtfläche“ berechnet. Die Flächen für das Zeitintervall zwischen 280 und 600 ms wurde als „frühe Gesamtfläche“ bezeichnet. Der Flächenparameter zwischen 600 und 1450 ms erhielt die Bezeichnung „späte Gesamtfläche“.

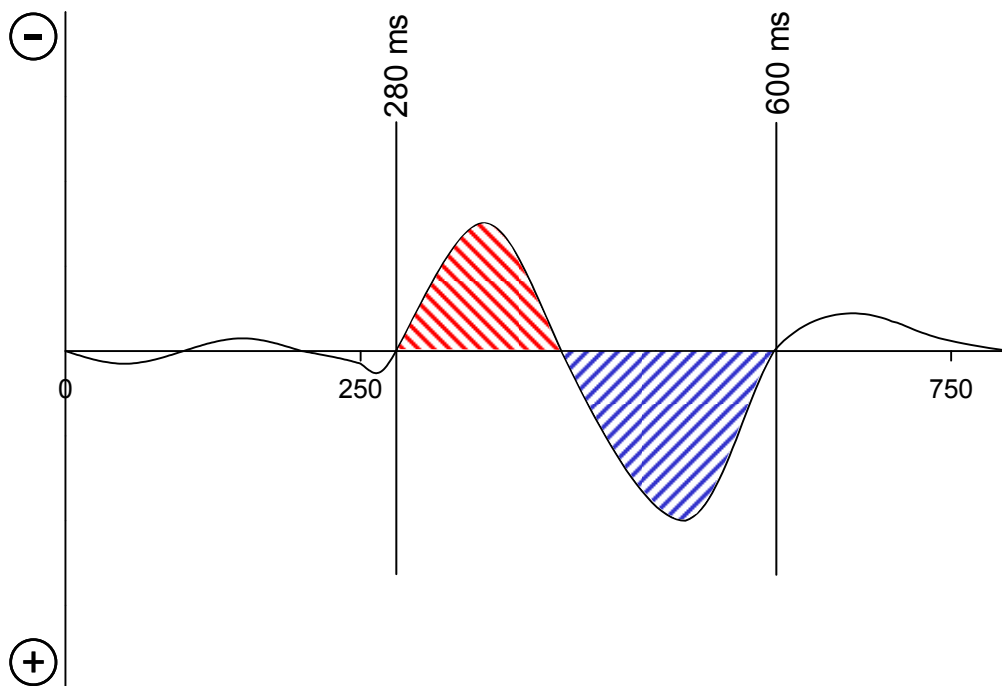




Abb. 3.4: Darstellung einer schematisierten EKP-Kurve zur Veranschaulichung der berechneten Flächenparameter (hier wurde nur das Zeitintervall zwischen 280 und 600 ms berücksichtigt).  = A;  = B; „negativer Anteil der frühen Gesamtfläche“= A; „positiver Anteil der frühen Gesamtfläche“= B; „frühe Gesamtfläche“= $|A| + |B|$; „Integral der frühen Gesamtfläche“= $|B| - |A|$.

Zusätzlich wurden für beide Zeitintervalle jeweils nur die im positiven bzw. im negativen Bereich bezüglich der Basislinie liegenden Anteile der jeweiligen Gesamtflächen getrennt weitergeführt. Diese Flächenanteile wurden als „positiver“ bzw. „negativer Anteil“ der „frühen“ bzw. „späten Gesamtfläche“ bezeichnet.

Ein weiterer Flächenparameter wurde durch die Berechnung der Integrale der „frühen“ sowie der „späten Gesamtflächen“ erfasst. Das Integral der „frühen Gesamtfläche“ errechnet sich durch Subtraktion der negativen von den positiven Flächen zwischen 280 und 600 ms. Das Integral der „späten Gesamtfläche“ wurde entsprechend durch Subtraktion der negativen von den positiven Flächen zwischen 600 und 1450 ms ermittelt.

Insgesamt wurden also folgende 8 Flächenparameter bestimmt (zur Veranschaulichung siehe auch Abb. 3.4) :

- die „frühe Gesamtfläche“ (FFL)
- der „positive Anteil der frühen Gesamtfläche“ (FPL)
- der „negative Anteil der frühen Gesamtfläche“ (FNL)
- das „Integral der frühen Gesamtfläche“ (FI), sowie entsprechend

- die „späte Gesamtfläche“ (SFL)
- der „positive Anteil der späten Gesamtfläche“ (SPL)
- der „negative Anteil der späten Gesamtfläche“ (SNL)
- das „Integral der späten Gesamtfläche“ (SI)

3.12 Flächenvergleiche

Aufgrund der Fallzahlen konnte nicht von einer Gauß'schen Normalverteilung der erhobenen Daten ausgegangen werden. Korrelationskoeffizienten wurden deshalb mit dem Test nach Pearson berechnet. Zur Prüfung von Mittelwertsunterschieden auf Signifikanz wurde der Wilcoxon-Test für zwei verbundene Stichproben angewandt.

3.13 Datenerfassung und Statistik

Die primäre Datenerfassung erfolgte für die Serumhormonkonzentrationen und die Bildbewertung durch manuelle Eingabe der Daten in das Tabellenkalkulationsprogramm Excel (Microsoft Corporation, Unterschleißheim, Deutschland).

Der direkte Vergleich der EKP-Kurven und die Flächenberechnung der EKP-Analyse erfolgte wie oben beschrieben mit von Herrn Dipl.-Phys. M. Rubly erstellten Algorithmen.

Die Länge der Fehlerbalken stellen das Konfidenzintervall für den Mittelwert dar.

Für den Vergleich der Versuchsdaten untereinander wurden die Korrelation nach Pearson (bivariate Korrelationen) und der Wilcoxon-Test (nichtparametrischer Test bei verbundenen Stichproben) genutzt.

Unterschiede wurden ab einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ als signifikant betrachtet.

Alle für die Berechnung der Kurvenparameter notwendigen Programme wurden von Herrn Dipl.-Phys. M. Rubly erstellt.

Für die statistische Auswertung und grafische Darstellung der Daten kam das Programm SPSS Version 10.1 (SPSS GmbH, München, Deutschland) für Windows zur Anwendung.

4 Ergebnisse

4.1 Kurvenanalysen

4.1.1 Allgemeines

Zur übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse werden die „Grandaverages“ verschiedener Untersuchungsbedingungen in einem Diagramm gemeinsam dargestellt.

Die Überschrift des Diagrammes gibt an, welche Bedingungen verglichen werden. Ein solches Diagramm besteht aus zwei Spalten. Dabei werden in der linken Spalte die zentralen Ableitorte Fz, Cz und Pz dargestellt, und in der rechten Spalte die lateralen Ableitorte C3 und C4 sowie P3 und P4. Jedem Ableitort ist eine eigene Farbe zugeordnet. Jede Spalte besteht wiederum aus drei übereinander angeordneten Einzeldiagrammen.

Das erste Einzeldiagramm jeder Spalte zeigt die unter „Bedingung 1“ aufgezeichneten Kurven, das Zweite die unter „Bedingung 2“ gemessenen Daten. Das dritte Einzeldiagramm gibt die Potenzialdifferenzen der beiden EKP-Kurven aus 1 und 2 wieder. Die Differenzkurve für den „Vergleich Bedingung 2 gegen Bedingung 1“ wurde dabei durch Subtraktion der „Bedingung 1“ von „Bedingung 2“ ermittelt. Darunter ist in der Farbe des jeweiligen Ableitortes der Bereich signifikanter Kurvendifferenzen ($p \leq 0,05$) mit einem Balken markiert.

Auf der x-Achse ist die Zeit in Millisekunden (ms) dargestellt. Bei „0 ms“ erscheint der visuelle Stimulus auf dem Bildschirm. Die folgende Zeit ist also die „Post-Trigger-Zeit“ (1500ms). Die Zeit vor dem Nullpunkt ist die „Prä-Trigger-Zeit“ (500ms). Die y-Achse zeigt die Potenzialdifferenzen zwischen Ableit- und Referenzelektrode in μV . Wie in der Elektrophysiologie üblich, werden hier positive Werte nach unten und negative Werte nach oben aufgetragen.

4.1.2 Vergleich der EKP - Kurven der verschiedenen Bildgruppen

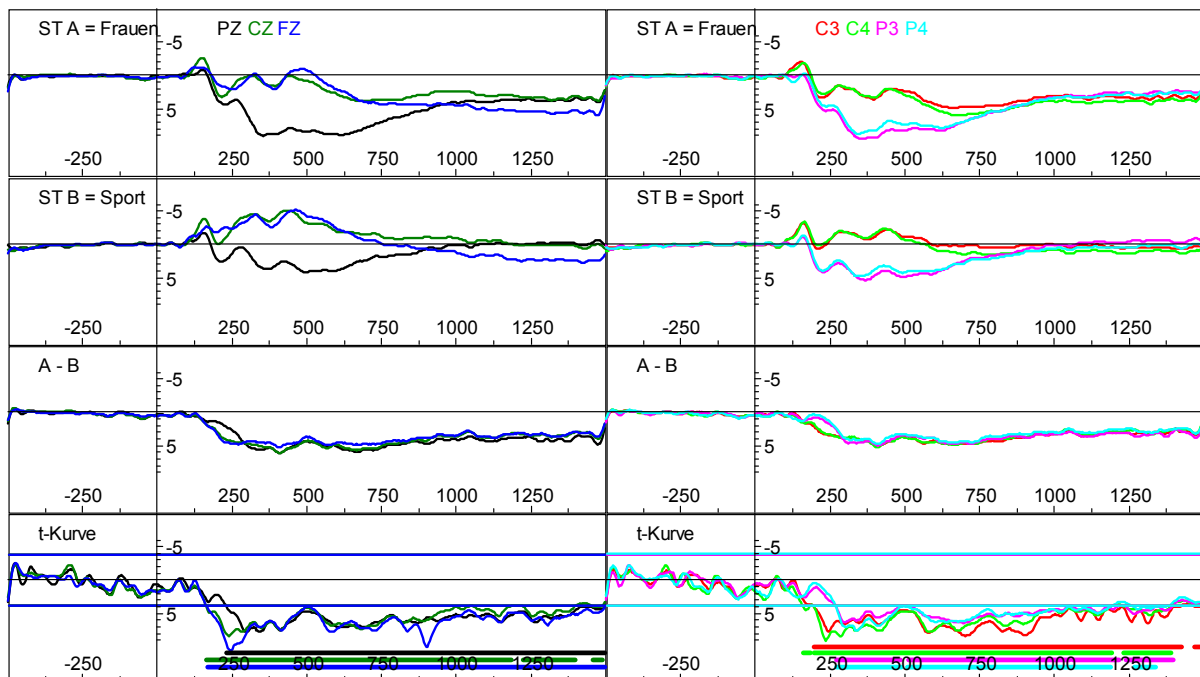


Abb. 4.1: Vergleich der EKP der „**Frauen**“-Bilder und der „**Sport**“-Bilder

Die Kurvenverläufe dieser beiden Bildgruppen zeigen an allen Ableitorten deutliche Unterschiede, die statistisch signifikant werden.

Die Kurven der „Frauen“-Bilder werden bereits ab ca. 150 ms signifikant positiver als die Kurven der „Sport“-Bilder. Dieser Unterschied bleibt bis zum Ende der Registrierzeit bestehen. Dabei beträgt der Potenzialunterschied ab ca. 250 ms ca. 5 μV . Dieser fällt rampenartig nur leicht ab und beträgt bei 1500 ms noch ca. 4 μV . Diese Positivierung der EKP nach „Frauen“-Bildern ist in allen Ableitungen nahezu identisch (s. Abb. 4.1).

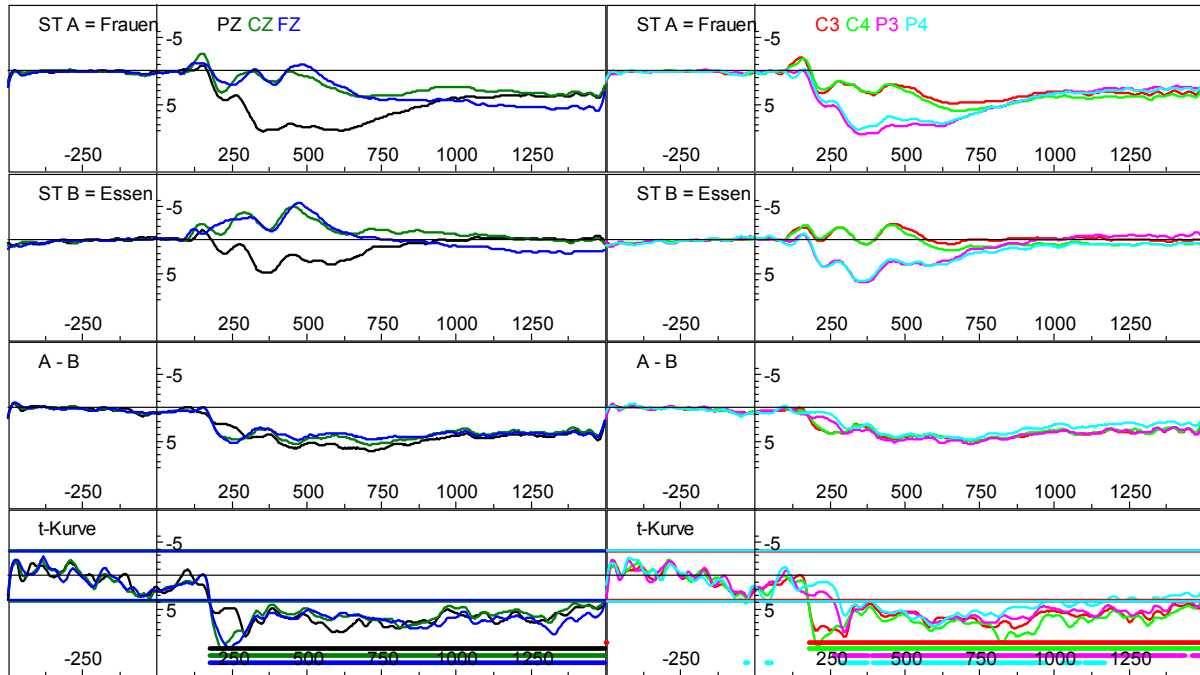


Abb. 4.2: Vergleich der EKP der „Frauen“-Bilder und der „Essen“-Bilder

Im Vergleich der Kurvenverläufe der „Frauen“-Bilder mit denen der „Essen“-Bilder zeigt sich ebenfalls eine ausgeprägte und signifikante Positivierung der Potenzialkurven der „Frauen“-Bilder gegenüber denen der „Essen“-Bilder. Auch hier beginnt die Positivierung etwa bei 150 ms, erreicht bei 250 ms ca. 5 μV , bildet ein Maximum bei etwa 750 ms mit ca. 7 μV und beträgt nach 150 ms noch ca. 4 μV . Auch hier sind die Unterschiede in allen Ableitungen nahezu identisch (s. Abb. 4.2).

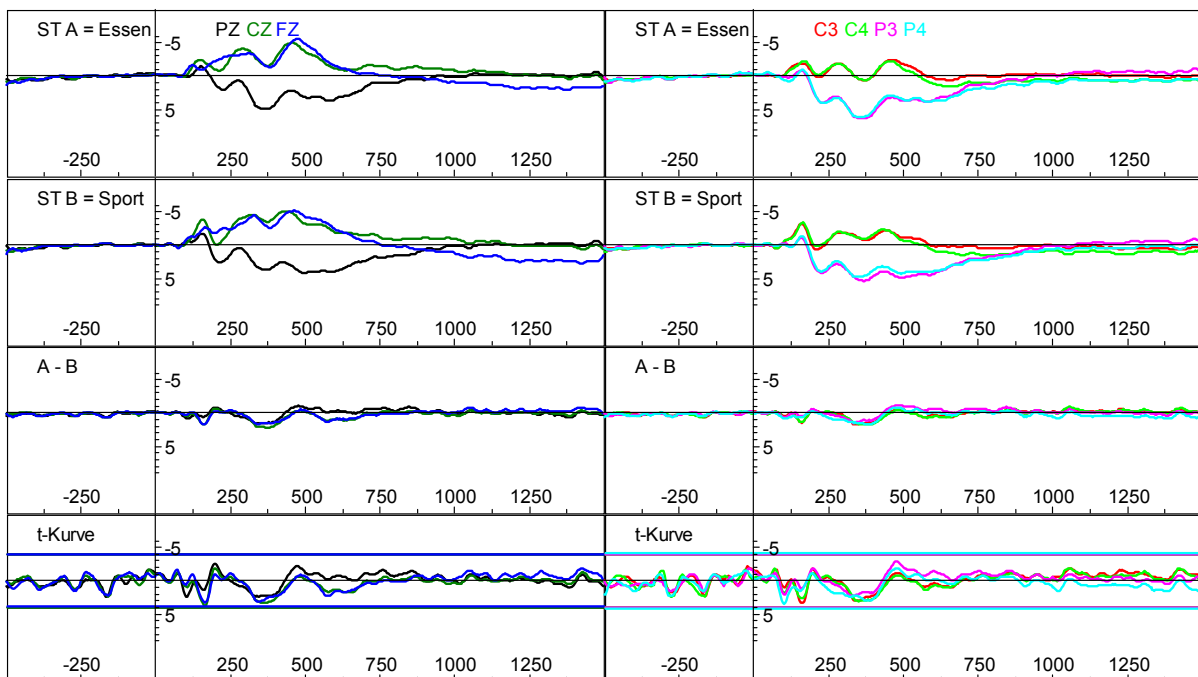


Abb. 4.3: Vergleich der EKP der „Essen“-Bilder und der „Sport“-Bilder

Die Potenzialkurven der „Essen“-Bilder und der „Sport“-Bilder weisen nur geringe Unterschiede auf, die kein signifikantes Niveau erreichen. Die Potentialdifferenzen sind insgesamt sehr gering und erreichen bei ca. 370 ms ein kurzzeitiges Maximum von ca. 2 μV . Diese Differenz wird jedoch nicht signifikant. Ab ca. 750 ms sind die Potentialunterschiede annähernd Null (s. Abb. 4.3).

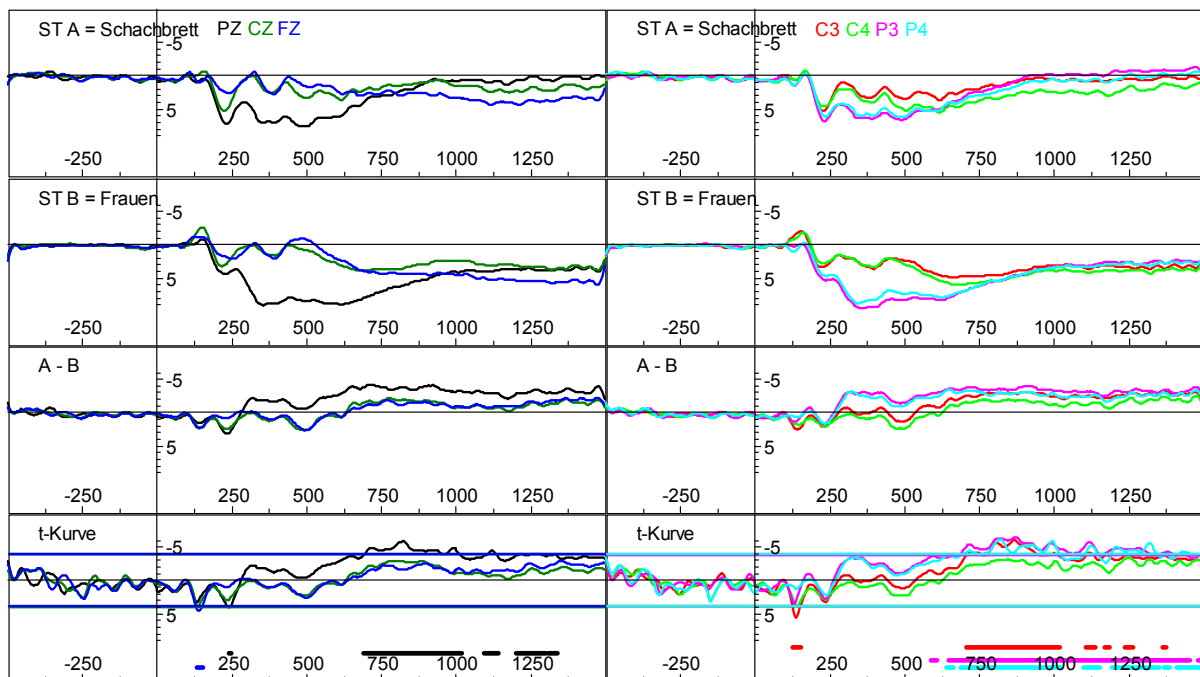


Abb. 4.4: Vergleich der EKP des „Schachbrett“-Bildes und der „Frauen“-Bilder

Signifikante Unterschiede im Vergleich der Potenzialkurven ergeben sich für die zentralen Ableitorte ab ca. 650 ms im parietalen Bereich. Während die Kurve des „Schachbrett“-Bildes an PZ sich ab ca. 900 ms wieder der Basislinie annähert, verläuft die Kurve der „Frauen“-Bilder an diesem Ableitort bis zum Ende der Registrierzeit deutlich im positiven Bereich. Die Potenzialkurven an Fz und Cz zeigen hingegen einen weitgehend vergleichbaren Verlauf. An den lateralen Ableitorten bestehen prinzipiell dieselben Unterschiede. Signifikante Abweichungen zeigen sich auch hier ab ca. 700 ms, betont im parietalen Bereich (s. Abb. 4.4).

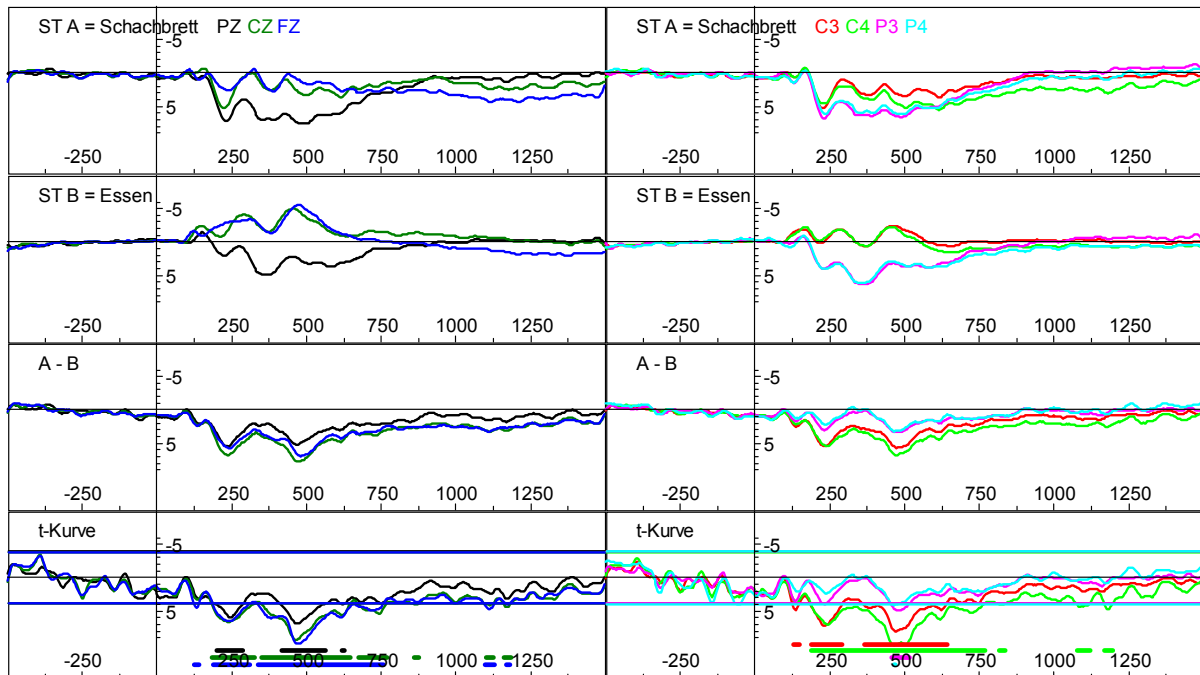


Abb. 4.5: Vergleich der EKP des „Schachbrett“-Bildes und der „Essen“-Bilder

Signifikante Unterschiede in den Kurvenverläufen finden sich im Vergleich der „Essen“-Bilder mit dem „Schachbrett“-Bild betont an Fz und Cz, vor allem im frühen Bereich bis etwa 750 ms. Es zeigt sich hier ein deutlich stärker negativer Kurvenverlauf der „Essen“-Bilder im Vergleich zum Schachbrettmuster. Danach kehren die EKP der „Essen“-Bilder an die Basislinie zurück und verlaufen bis zum Schluss der Ableitung in ihrer Nähe. Auch die EKP des „Schachbrett“-Bildes nähern sich wieder weitgehend der Basislinie an, sodass im restlichen Kurvenverlauf nur noch vereinzelt signifikant unterschiedliche Potenziale an Cz und Fz erreicht werden.

Auch die lateralen Ableitungen zeigen signifikante Unterschiede hauptsächlich im frühen centralen Bereich, wobei die Kurven der „Essen“-Bilder an C3 und C4 bzw. an P3 und P4 einen fast identischen Verlauf aufweisen. Die Kurven an P3 und P4 unterscheiden sich nicht signifikant (s. Abb. 4.5).

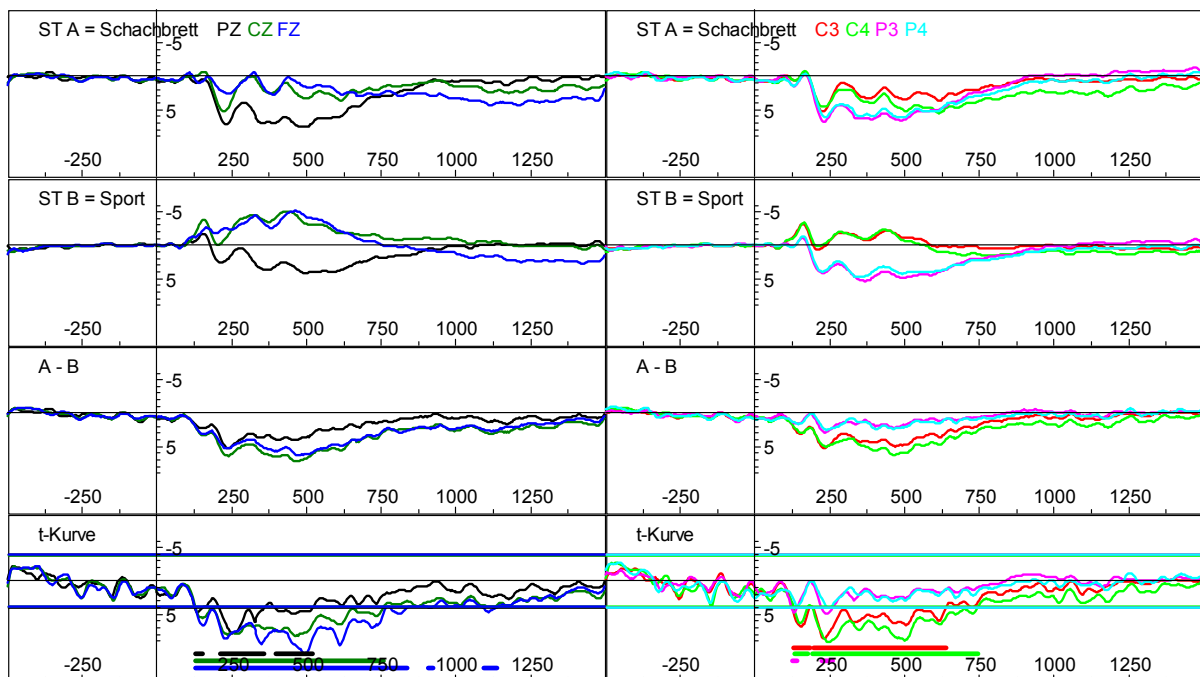


Abb. 4.6: Vergleich der EKP des „Schachbrett“-Bildes und der „Sport“-Bilder

Da die EKP der „Essen“-Bilder und der „Sport“-Bilder einen nahezu identischen Verlauf ohne signifikante Unterschiede zeigen, finden sich beim Vergleich des „Schachbrett“-Bildes mit den „Sport“-Bildern prinzipiell dieselben Unterschiede wie bei den „Essen“-Bildern.

Wie zuvor beschrieben, zeigen sich signifikante Unterschiede sowohl für die zentralen als auch für die parietalen Ableitungen vornehmlich im frontocentralen Bereich zwischen 125 bis ca. 750 ms (s. Abb. 4.6).

Zusammenfassung der EKP- Auswertung der Bildgruppen

Die EKP der „Frauen“-Bilder zeigen einen ausgeprägten und signifikant positiveren Potenzialverlauf als die Kurven der „Essen“- und der „Sport“-Bilder. Diese Positivierung beginnt sehr früh bei ca. 125 ms, wird ab ca. 150 ms signifikant und bleibt für den gesamten Kurvenverlauf nahezu konstant. Er ist für sämtliche Ableitorte nahezu identisch.

Im Vergleich der „Essen“- mit den „Sport“-Bildern ergeben sich keine signifikanten Unterschiede im Kurvenverlauf.

Die Kurven des „Schachbrett“-Bildes unterscheiden sich von denen der „Essen“- und der „Sport“-Bilder durch eine Positivierung, die sich hauptsächlich im frontozentralen Bereich zwischen 200 und 750 ms beobachten lässt.

Die EKP der „Frauen“-Bilder hingegen weisen ab etwa 700 ms einen positiveren Verlauf auf als die des „Schachbrett“-Bildes, wobei signifikantes Niveau vornehmlich im parietalen Bereich erreicht wird.

4.1.3 Vergleich der EKP - Kurven innerhalb der Bildgruppen

Es werden die gemittelten Kurven der Einzelbilder innerhalb einer Bildgruppe über alle Probanden an den Ableitorten FZ, CZ und PZ verglichen.

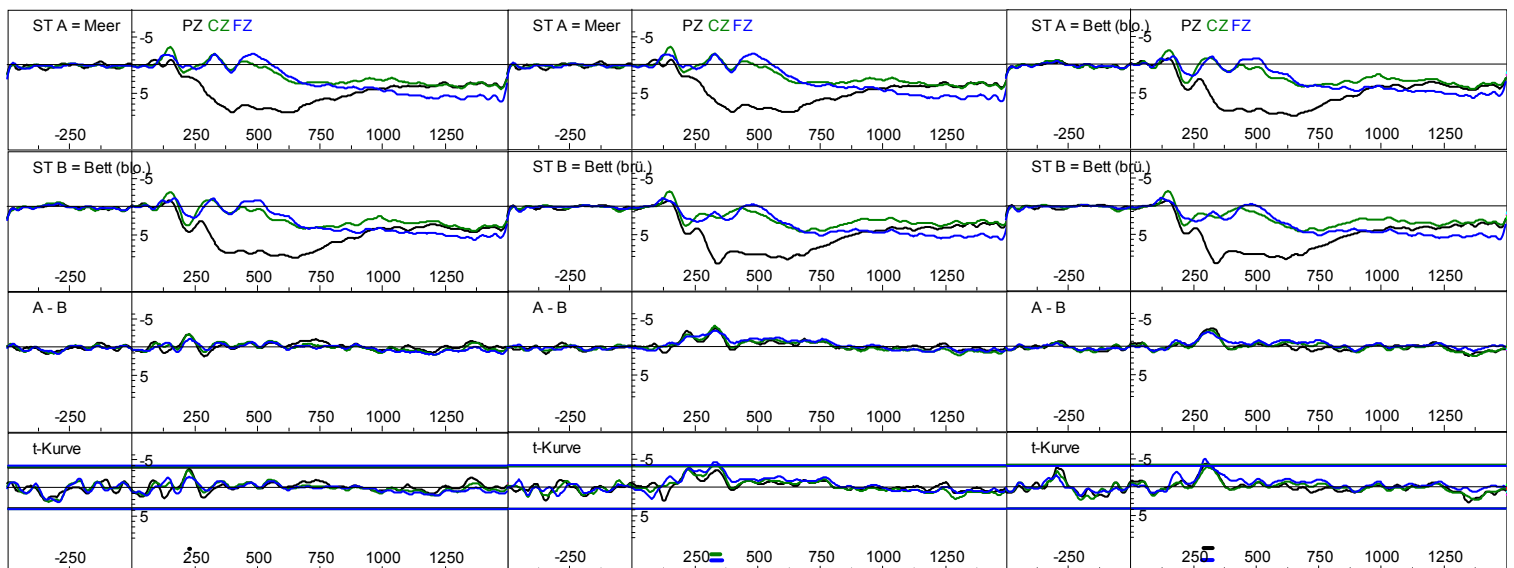


Abb. 4.7: Vergleich der EKP der Bilder innerhalb der „**Frauen**“-Bilder-Gruppe

Die Kurven der Bilder der „Frau im Meer“ und der „blonden Frau im Bett“ zeigen an keinem der Ableitorte einen signifikanten Unterschied im Verlauf. Die Kurven aller Ableitorte kommen nach ungefähr 900 ms zusammen und bleiben während der gesamten Registrierzeit deutlich positiv der Basislinie.

Auch die EKP des Bildes der „brünetten Frau im Bett“ zeigen einen im Wesentlichen identischen Kurvenverlauf mit denen der „Frau im Meer“. Wiederum bleiben die Kurven aller Ableitorte nach ihrer Annäherung bei ca. 900 ms bis zum Schluss im positiven Bereich (s. Abb. 4.7).

Für den Vergleich der Kurven der „blonden“ und der „brünetten Frau“ gilt das oben Gesagte. Bei quasi identischem Verlauf nähern sich die Kurven bei ca. 900 ms einander an und bleiben bis zum Ende der Registrierzeit deutlich positiv der Basislinie.

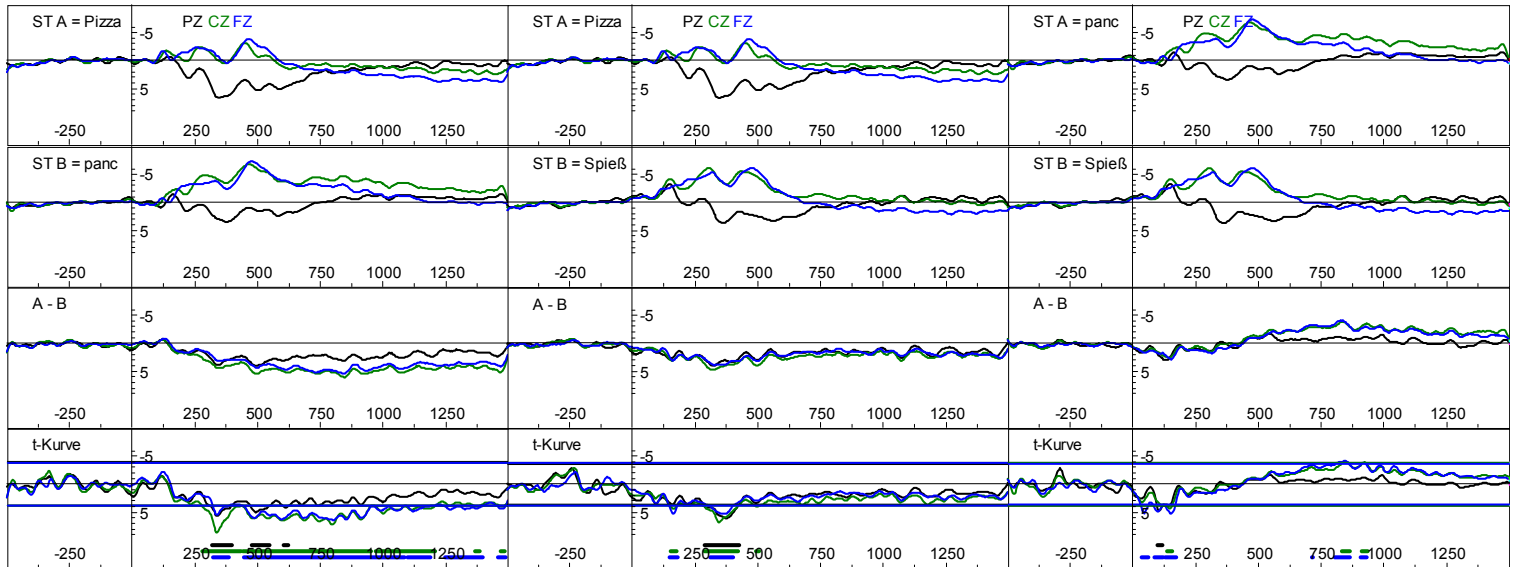


Abb. 4.8: Vergleich der EKP der Bilder innerhalb der „Essen“-Bilder-Gruppe

Beim Vergleich der Abbildung der „Pizza“ mit dem der „Pfannkuchen“ lässt sich über einen Zeitbereich von etwa 200 ms bis zum Ende der Ableitung eine deutliche Positivierung der Differenzkurve erkennen. Somit zeigt sich für die „Pizza“ in diesem Bereich ein positiverer Kurvenverlauf als für die „Pfannkuchen“. Signifikantes Niveau wird dabei hauptsächlich an den Ableitorten CZ und FZ erreicht.

In der Differenzkurve der „Pizza“ und der „Spieße“ zeigt sich ebenfalls diese Positivierung der EKP der „Pizza“, die jedoch nur in der kurzen Zeitspanne zwischen etwa 260 und 400 ms über allen drei Ableitorten signifikant wird.

Betrachtet man die Kurvenverläufe der „Pfannkuchen“ und der „Spieße“ im Vergleich, so sieht man eine bogenförmig verlaufende Differenzkurve vor allem an CZ und FZ, entsprechend einer Negativierung, die ab ca. 500 ms zunimmt und zum Ende der Ableitung hin wieder absinkt. Signifikanz wird jedoch nur vereinzelt zwischen 750 und 1000 ms erreicht (s. Abb. 4.8)

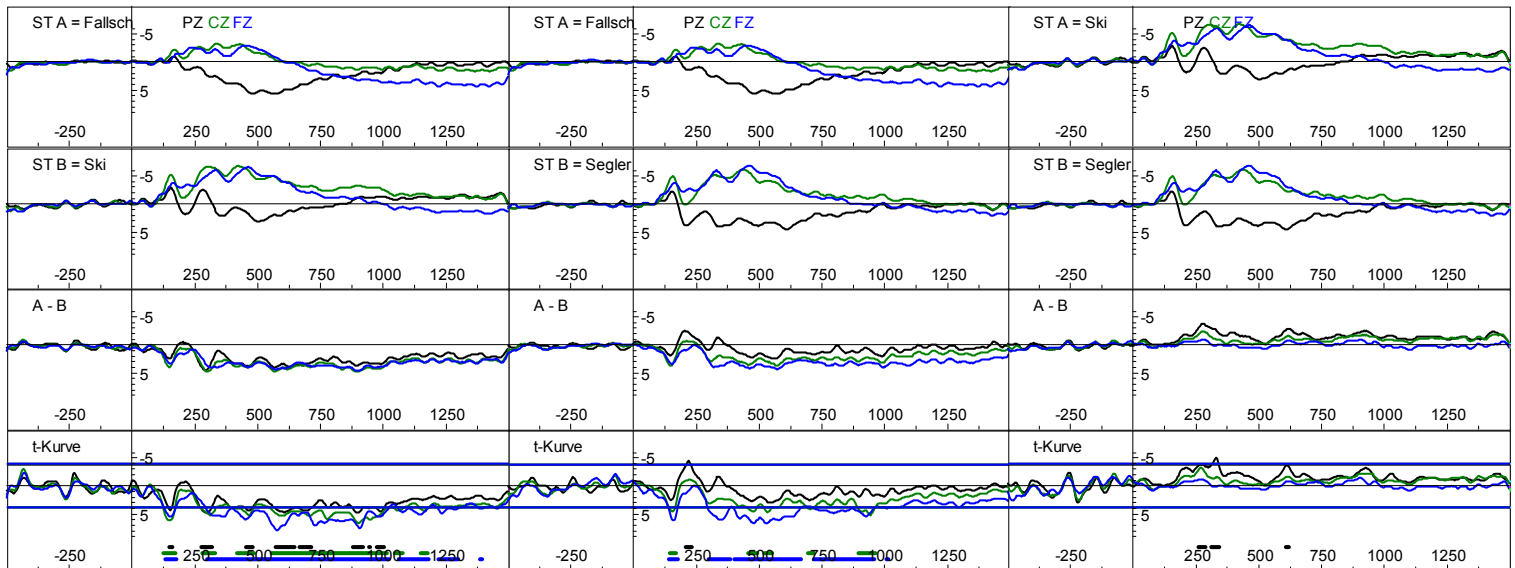


Abb. 4.9: Vergleich der EKP der Bilder innerhalb der „Sport“-Bilder-Gruppe

Das Bild der „Fallschirmspringer“ und das des „Skispringers“ unterscheiden sich durch einen deutlich positiveren Verlauf der EKP der „Fallschirmspringer“. Insbesondere an Fz und Cz zeigt sich eine stark ausgeprägte und lang andauernde signifikante Positivierung der EKP bei Betrachtung des „Fallschirmspringer“-Bildes.

Ebenso findet sich im Vergleich mit dem „Segler“ eine Verschiebung der Kurvenverläufe der „Fallschirmspringer“ in den positiven Bereich. Signifikantes Niveau wird hierbei hauptsächlich an FZ zwischen 250 und 1000 ms erreicht.

Bei vergleichender Betrachtung der EKP des „Skispringers“ und des „Seglers“ findet sich eine diskrete Positivierung des „Seglers“ an PZ, die nur vereinzelt ab 250 ms signifikant wird (s. Abb. 4.9)

Zusammenfassung der EKP-Auswertung der Bildgruppen

Die „Frauen“-Bilder zeigen eine sehr gute Homogenität der Bildgruppe. Es konnten keine wesentlichen Unterschiede der EKP festgestellt werden.

Bei den „Essen“-Bildern zeigen die EKP der „Pizza“ tendenziell einen positiveren Kurvenverlauf als die der beiden anderen Bilder. Dieser Unterschied erlangt in erster Linie im Vergleich mit den „Pfannkuchen“ im frontozentralen Bereich Signifikanz.

„Pfannkuchen“ und „Spieße“ ähneln sich in ihrem Kurvenverlauf; Unterschiede im Sinne einer Negativierung der „Pfannkuchen“ gegenüber den „Spießen“ erreichen nur kurzzeitig signifikantes Niveau.

Bei den „Sport“-Bildern zeigen der „Skispringer“ und der „Segler“ einen ähnlichen Verlauf der EKP.

Die EKP-Kurven der „Fallschirmspringer“ unterscheiden sich durch einen weiter im Positiven liegenden Kurvenverlauf signifikant von denen der beiden anderen Bilder. Damit schwächt dieses Bild die Unterschiede zwischen den „Frauen“-Bildern und den „Sport“-Bildern im Gruppenvergleich ab.

4.2 Flächenberechnungen

Die Art des optischen Stimulus beeinflusst die von der EKP-Kurve umschriebene Fläche. In den folgenden Fehlerbalkendiagrammen wird dies exemplarisch am Ableitort PZ für alle berechneten Flächenparameter veranschaulicht.

4.2.1 Frühe Flächen (280-600 ms)

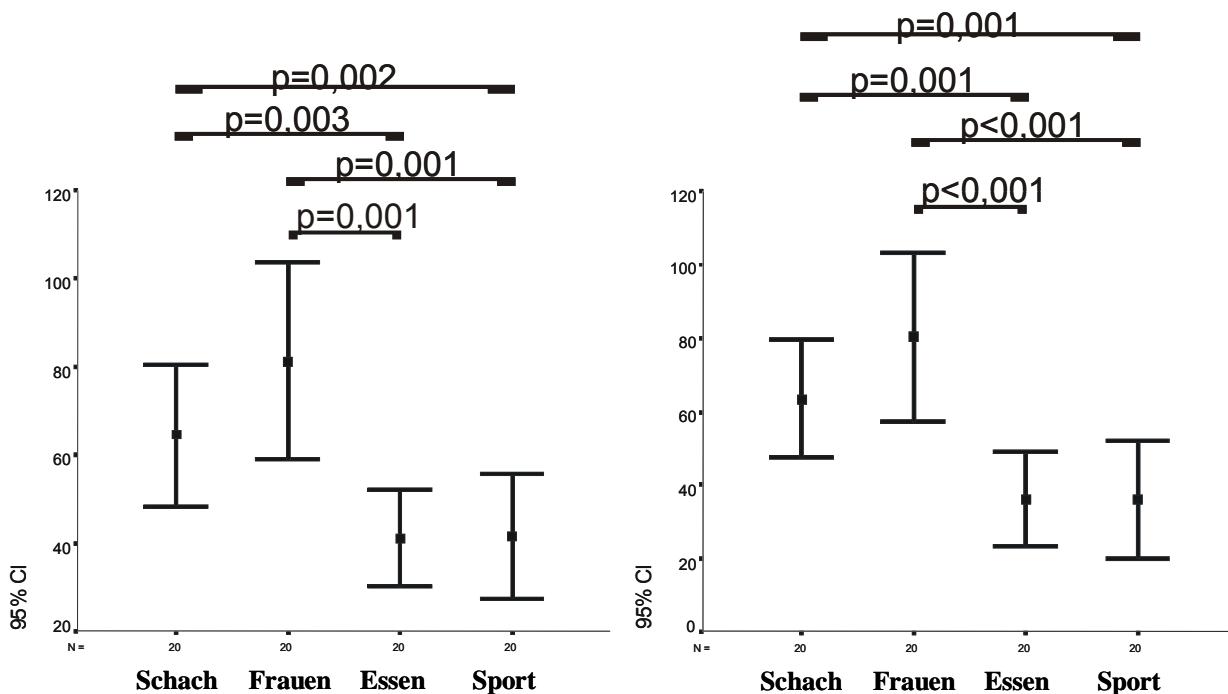


Abb. 4.10 a): EKP („frühe Gesamtfläche“) an PZ

Abb. 4.10 b): EKP („positiver Anteil der frühen Gesamtfläche“) an PZ

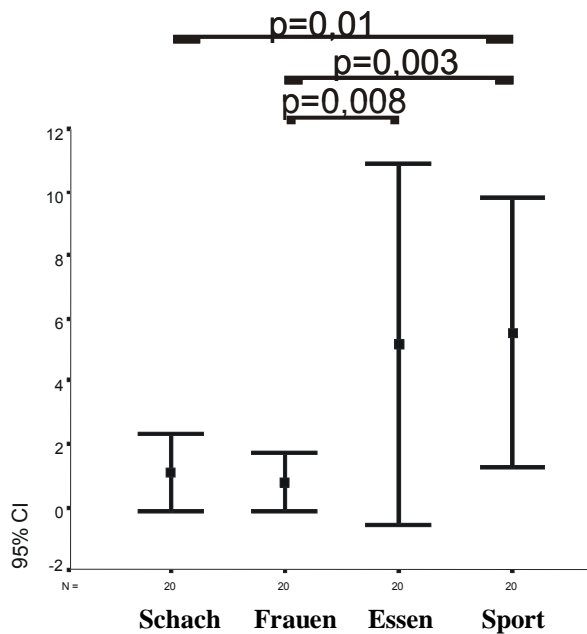


Abb. 4.10 c): EKP („negativer Anteil der frühen Gesamtfläche“) an PZ

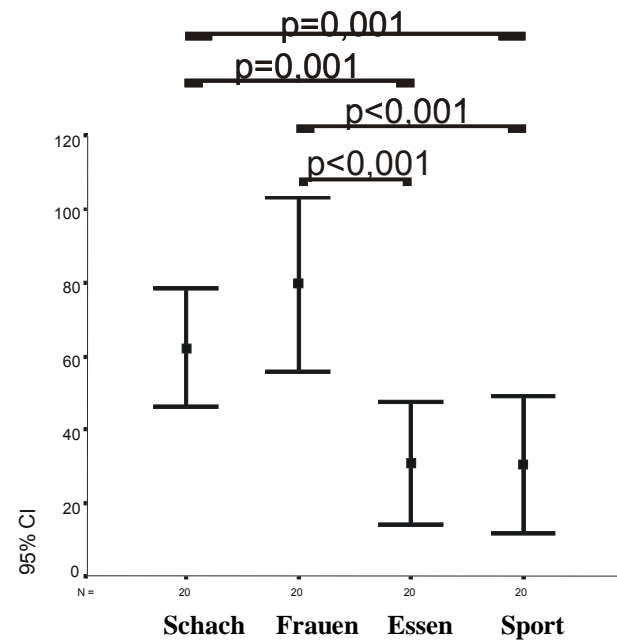


Abb. 4.10 d): EKP („Integral der frühen Gesamtfläche“) an PZ

Es zeigt sich, dass bei Präsentation der „Frauen“-Bildgruppe die positive EKP-Fläche und die Gesamtfläche im Zeitintervall zwischen 280 und 600 ms Post-Trigger am größten war. Am deutlichsten hebt sich die „Frauen“-Bildgruppe dabei von der „Essen“- sowie der „Sport“-Bildgruppe ab, bei welchen die entsprechenden Flächenparameter signifikant kleiner ausfielen. Außerdem zeigen die EKP der „Frauen“-Bilder im Vergleich mit den „Essen“- und „Sport“-Bildern den signifikant kleinsten negativen Anteil an der umschriebenen Gesamtfläche. Im Vergleich mit den entsprechenden EKP-Kurven (s. Abb. 4.1-4.6) wird deutlich, dass der Kurvenverlauf an PZ im beobachteten Zeitintervall praktisch ausschließlich positiv der Basislinie liegt. Entsprechend zeigt sich bei Vergleich der Schaubilder des „positiven Anteils der frühen Gesamtfläche“ und des „Integrals der frühen Gesamtfläche“ weitgehende Übereinstimmung. Der Vergleich der negativen Flächen ist also weitgehend bedeutungslos oder sogar irreführend, und die Vergleiche der positiven Flächen, der Gesamtfläche und der Flächenintegrale ergeben praktisch gleiche Ergebnisse (s. Abb. 4.10 a)-d)).

4.2.2 Späte Flächen (600-1450 ms)

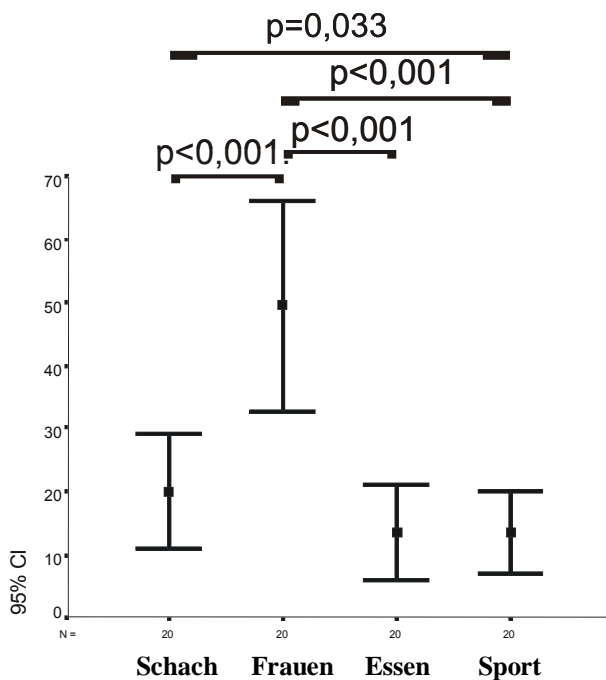


Abb. 4.11 a): EKP („späte Gesamtfläche“) an PZ

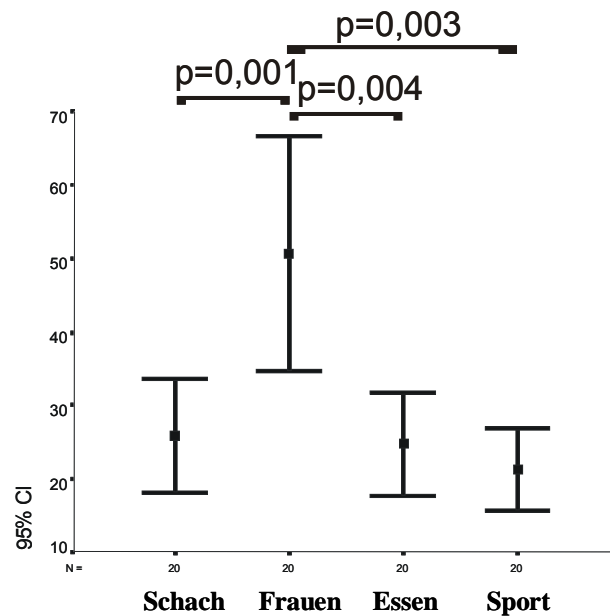


Abb. 4.11 b): EKP („positiver Anteil der späten Gesamtfläche“) an PZ

Die oben genannten Unterschiede bleiben auch im Zeitintervall von 600-1450 ms Post-Trigger ähnlich ausgeprägt bestehen. Zusätzlich setzen sich nun allerdings auch die nach Betrachten der „Frauen“-Bildgruppe erhaltenen Flächenparameter gegenüber dem Schachbrett signifikant ab (s. Abb. 4.11 a-b)). Auch hier sind die negativen Flächen praktisch bedeutungslos und die positive Fläche, die Gesamtfläche und das Flächenintegral ergeben nahezu gleiche Ergebnisse.

4.3 Flächenparameter in Abhängigkeit vom Ableitort

Um Unterschiede der Kurvenverläufe in Abhängigkeit vom jeweiligen Ableitort besser herauszustellen, sind in den folgenden Fehlerbalkendiagrammen ausgewählte Flächenparameter dargestellt, die bei Betrachten der Bilderserie an den Ableitorten CZ (grün) und PZ (schwarz) abgeleitet wurden.

4.3.1 Frühe Flächen (280-600 ms)

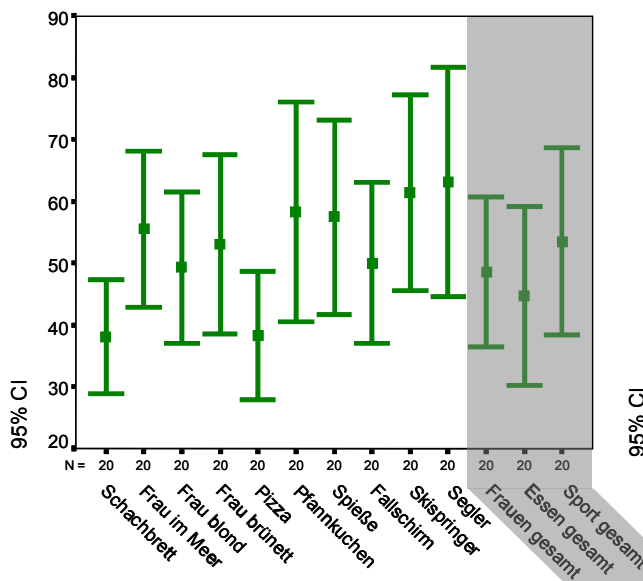


Abb. 4.12 a)
„Frühe Gesamtfläche“ an CZ

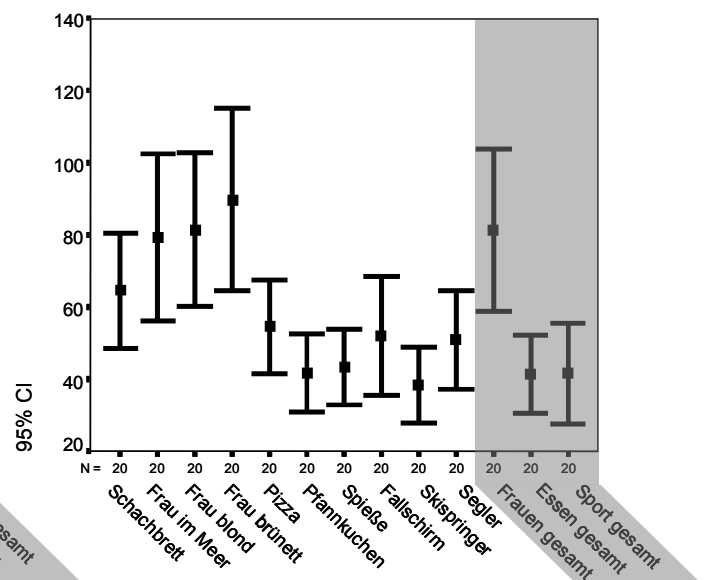


Abb. 4.12 b)
„Frühe Gesamtfläche“ an PZ

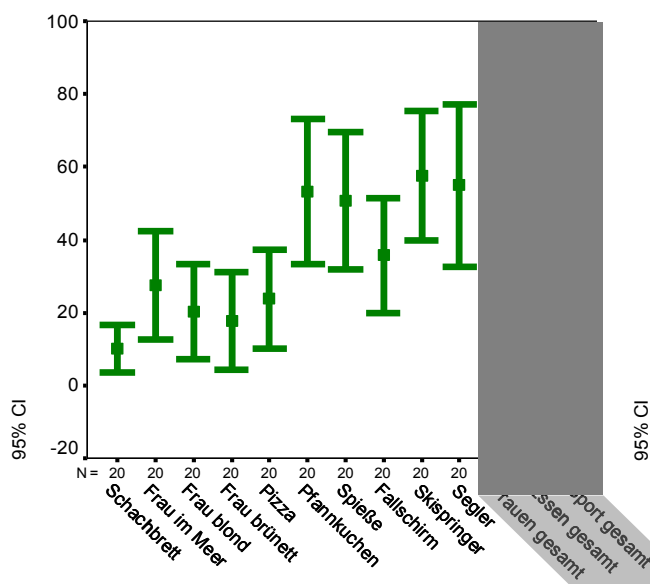


Abb. 4.12 c)
„Negativer Anteil der frühen Gesamtfläche“ an CZ

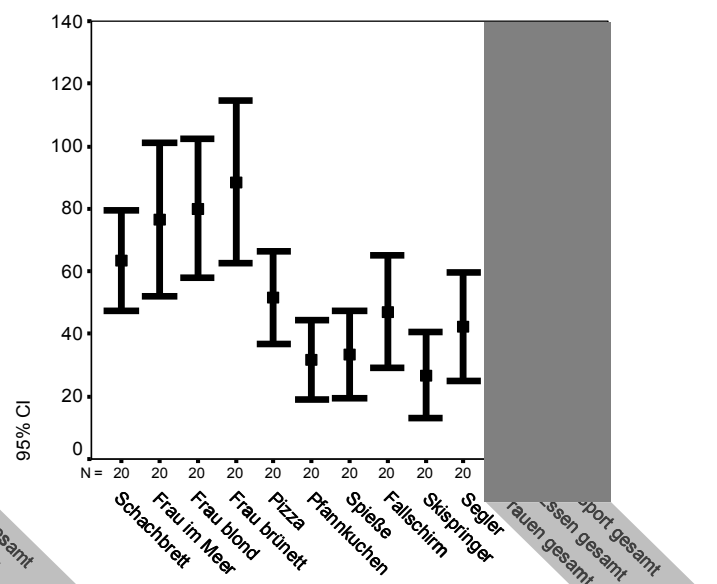


Abb. 4.12 d)
„Positiver Anteil der frühen Gesamtfläche“ an PZ

Für die Abbildungen 4.12 a) und b) wurde als Flächenparameter die „frühe Gesamtfläche“ ausgewählt. Betrachtet man zunächst diese beiden Abbildungen und richtet das Augenmerk dabei auf die Fehlerbalken über den gepoolten Bildgruppen, hier bezeichnet als „Frauen

gesamt“, „Essen gesamt“ und „Sport gesamt“, entsteht der Eindruck, dass sich die Kurvenverläufe am Ableitort CZ kaum voneinander unterscheiden, wohingegen sich an PZ eine sehr scharfe Abgrenzbarkeit der „Frauen“- Bildgruppe gegenüber den beiden anderen Bildgruppen ergibt. Daraus könnte man den falschen Schluss ziehen, dass die Ableitung im parietalen Bereich der im centralen überlegen sein könnte.

Betrachtet man sich allerdings noch einmal die gepoolten Rohkurven der Kurvenanalyse, so wird ersichtlich, dass sich die Kurven der „Frauen“- Bildgruppe auch im centralen und frontalen Bereich deutlich von den anderen unterscheiden. Bei der „Frauen“- Bildgruppe verlaufen die EKP an CZ und FZ dicht an der Nulllinie, während sie bei der „Essen“-, und der „Sport“- Bildgruppe signifikant in den negativen Bereich verschoben sind.

Daher ergeben sich an CZ zwar für die „frühe Gesamtfläche“ keine signifikanten Unterschiede zwischen den gepoolten Bildgruppen, wohl sind sie aber für deren negativen Anteil zu erwarten.

Zieht man als Flächenparameter also den „negativen Anteil der frühen Gesamtfläche“ zur Erstellung des Fehlerbalkendiagramms heran, so wird aus der Abbildung 4.12 c) ersichtlich, dass bei geeigneter Auswahl des Flächenparameters sich auch am Ableitort CZ eine vergleichbar gute Abgrenzbarkeit zwischen den Bildgruppen ergibt.

Für die Abbildung 4.12 d) wurde als Flächenparameter der „positive Anteil der frühen Gesamtfläche“ ausgewählt. Da der Kurvenverlauf an PZ im frühen Zeitintervall für alle Bildgruppen praktisch ausschließlich im positiven Bereich liegt, ergeben sich im Vergleich mit Abbildung 4.12 b) auch keinerlei signifikante Unterschiede.

Um dies zu verdeutlichen, sind in Abbildung 4.13 nochmals die gepoolten EKP-Kurven über die „Frauen“-, die „Essen“-, und die „Sport“- Bildgruppen an den Ableitorten PZ (schwarz), CZ (grün) und FZ (blau) abgebildet. Zur Veranschaulichung wurde die von der Kurve an CZ umschriebene Fläche, also die „frühe Gesamtfläche“ im Zeitintervall zwischen 280 und 600 ms, das durch zwei rote senkrechte Linien markiert ist, rot schraffiert.

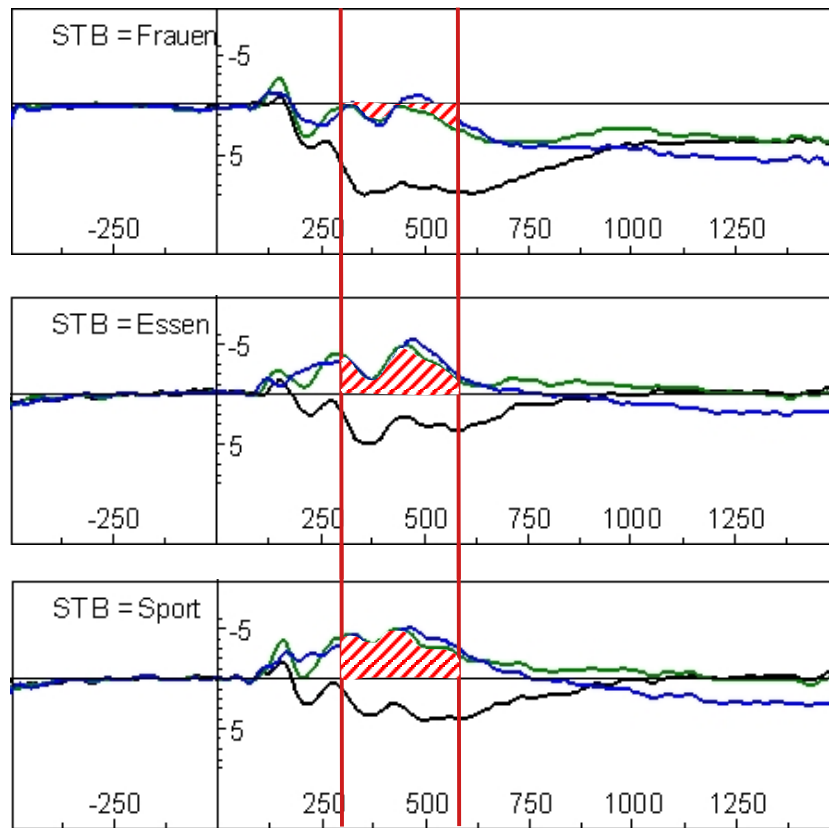


Abb. 4.13: EKP-Kurven der „Frauen“-„Essen“- und „Sport“- Bildergruppen

4.3.2 Späte Flächen (600-1450 ms)

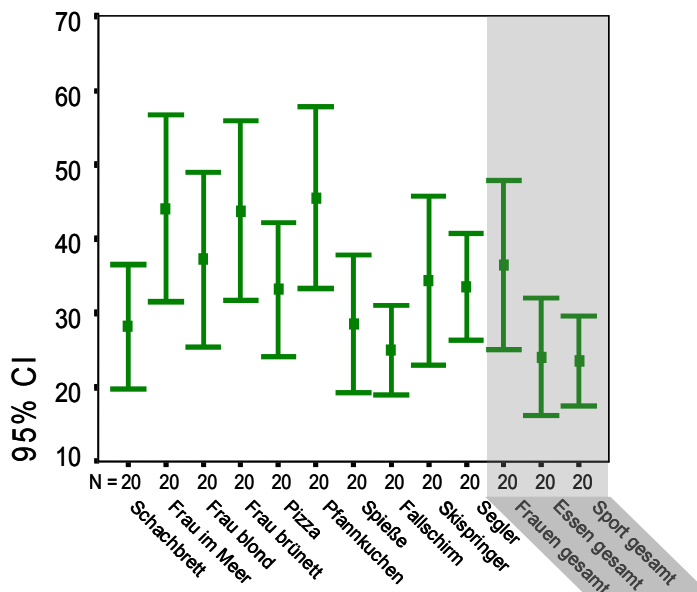


Abb. 4.14 a)

„Späte Gesamtfläche“ an CZ

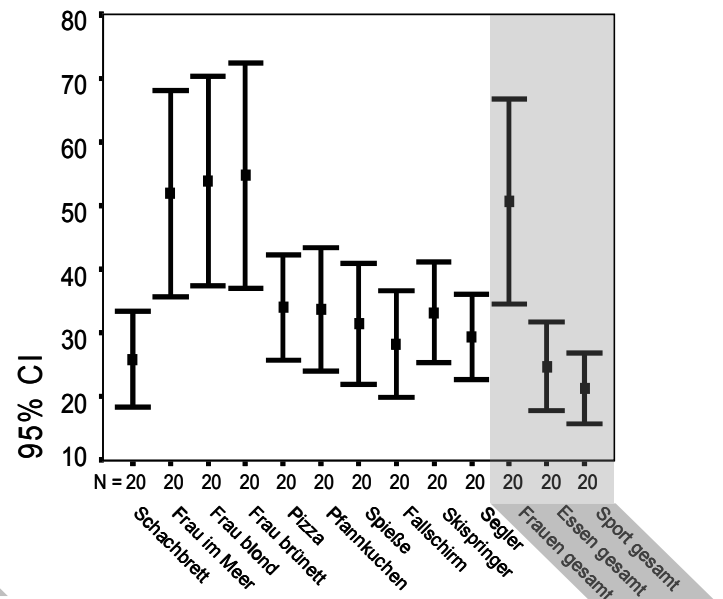


Abb. 4.14 b)

„Späte Gesamtfläche“ an PZ

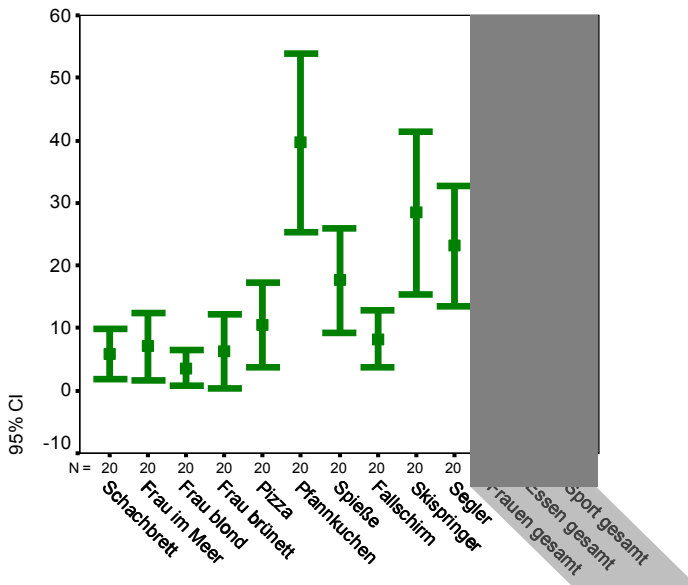


Abb. 4.14 c)

„Negativer Anteil der späten
Gesamtfläche“ an CZ

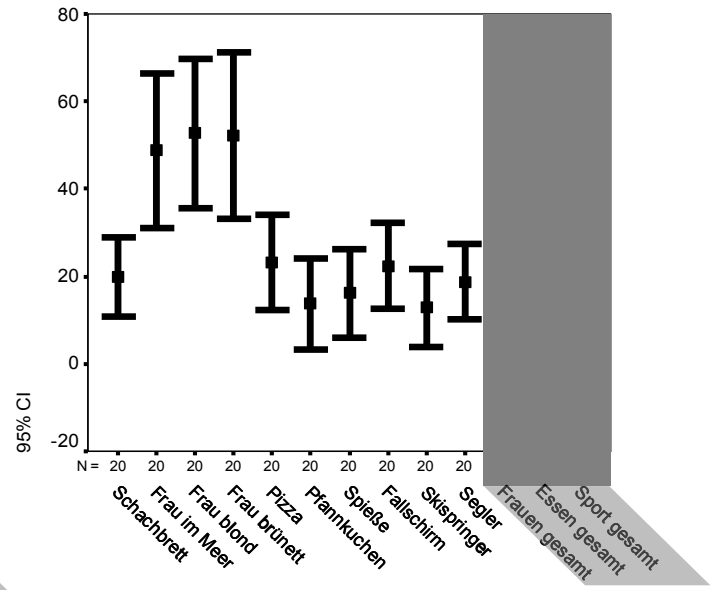


Abb. 4.14 d)

„Positiver Anteil der späten
Gesamtfläche“ an PZ

Auch bei den späten Flächen zeigt sich der positivere Kurvenverlauf nach „Frauen“- Bildern gegenüber den anderen Bildern (s. Abb. 4.14 a-d)).

4.4 Lateralisierung

Zahlreiche Untersuchungen der Affektphysiologieforschung zeigen eine Dominanz der rechten Großhirnhemisphäre bei der Erkennung von affektiven Inhalten (z.B. MANDAL et al., 1991). Um eventuelle Lateralisierungstendenzen bei der vorliegenden Arbeit aufzuzeigen wurden die Abbildungen 4.15 a) bis h) erstellt. Für jeden Stimulus sind zwei Schaubilder nebeneinander abgebildet: links jeweils ein Diagramm für die centralen Ableitorte (C3 und C4), rechts daneben eines für die parietalen Ableitorte (P3 und P4). Die schwarze Kurve bezeichnet jeweils die über der rechten Hemisphäre abgeleiteten Potenziale (C4 bzw. P4), die grüne Kurve die über der linken Hemisphäre abgeleiteten Potenziale (C3 bzw. P3). Die Differenzkurve ist rot, die t-Kurve blau eingezeichnet.

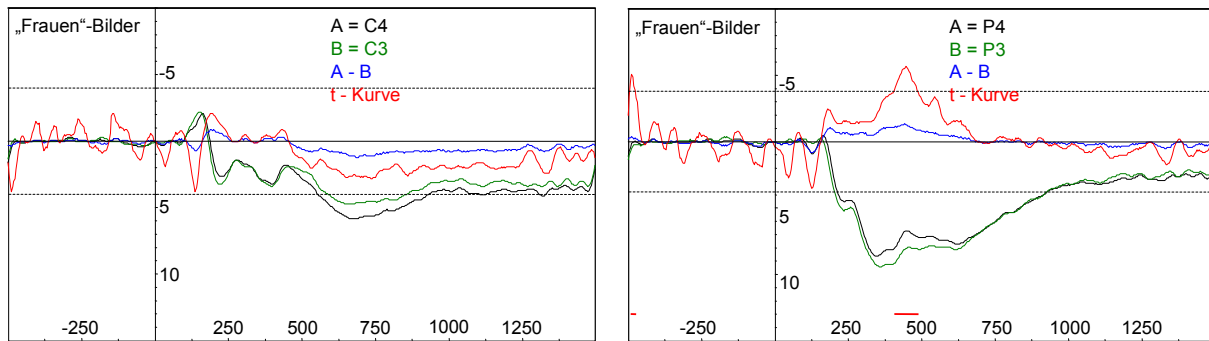


Abb. 4.15 a) und b): Vergleich der Kurvenparameter für den Stimulus „**Frauen**“-Bilder

Es zeigt sich, dass die im centralen Bereich über der rechten Hemisphäre abgeleiteten Potenziale ab ca. 500 ms konstant positiver verlaufen als die über der linken Hemisphäre. Ein signifikantes Niveau wird nicht erreicht. Die parietalen Ableitungen weisen dagegen zwischen ca. 250 und 700 ms einen deutlich positiveren Verlauf über der linken Hemisphäre auf, der ca. zwischen 400 und 500 ms signifikant wird (s. Abb. 4.15 a)-b)).

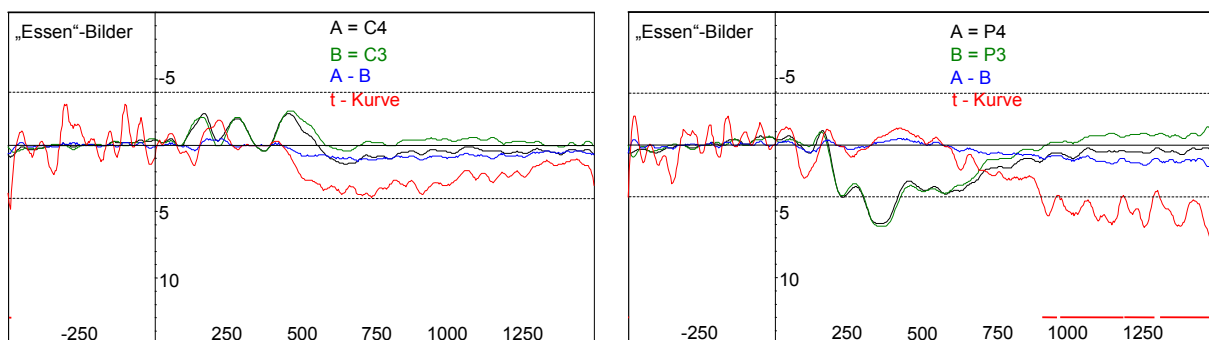


Abb. 4.15 c) und d) : Vergleich der Kurvenparameter für den Stimulus „**Essen**“-Bilder

Für den Reiz der „Essen“-Bilder zeigt sich sowohl an den centralen (ab ca. 500 ms) als auch an den parietalen Ableitungen (ab ca. 625 ms) eine deutlichere Positivierung über der rechten Hemisphäre. Dieser Unterschied erlangt an den parietalen Ableitungen ab ca. 900 ms Signifikanz (s. Abb. 4.15 c)-d)).

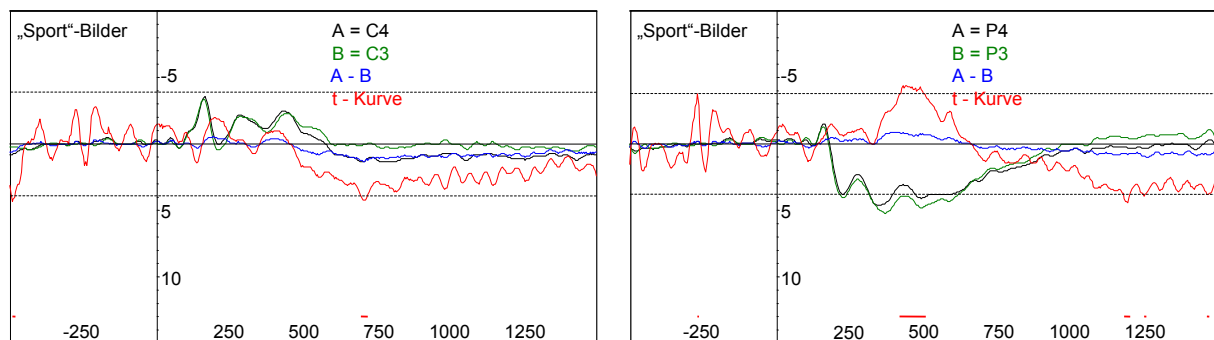


Abb. 4.15 e) und f): Vergleich der Kurvenparameter für den Stimulus „**Sport**“-Bilder

Für die centralen Ableitungen ergibt sich hier ab ca. 500 ms ein konstant positiverer Verlauf der EKP über der rechten Hemisphäre, der aber lediglich für einen kurzen Augenblick bei ca. 700 ms signifikant wird. Die parietalen Ableitungen weisen für die „Sport“-Bilder zunächst eine stärkere Positivierung über der linken Hemisphäre auf, die ca. zwischen 400 und 500 ms Signifikanz erreicht. Ab ca. 750 ms verläuft jedoch die rechtshemisphärische Ableitung deutlich positiver, wobei Signifikanz für einige wenige Augenblicke jenseits von 1150 ms erreicht wird (s. Abb. 4.15 e)-f)).

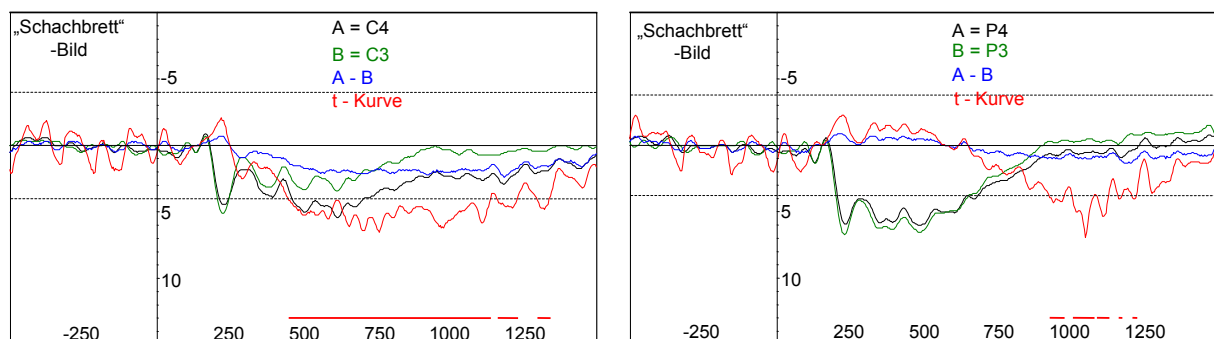


Abb. 4.15 g) und h): Vergleich der Kurvenparameter für den Stimulus „**Schachbrett**“-Bild

Bei Betrachten des „Schachbrett“-Bildes zeigen sowohl die central als auch die parietal abgeleiteten Potenziale eine stärkere Positivierung über der rechten Hemisphäre. Dieser Unterschied erreicht an den centralen Ableitungen über weite Strecken, ca. zwischen 450 und 1200 ms, fast durchgehend ein signifikantes Niveau. Im parietalen Bereich bewegt sich zunächst die linkshemisphärische Ableitung tendenziell weiter im Positiven als die rechtshemisphärische, bevor sich die beiden Kurven dann bei ca. 650 ms überkreuzen. Im weiteren Verlauf zeigt sich dann ebenfalls eine stärkere Positivierung über der rechten Hemisphäre, die zwischen ca. 930 und 1225 ms weitgehend signifikant wird (s. Abb. 4.15 g)-h)).

4.5 Bildbewertung

4.5.1 Auswertung der visuellen Analogskala

4.5.1.1 Bewertung der Bildgruppen

Die Abbildungen 4.16 a) und b) zeigen die Valenz- und Arousalwerte der gepoolten Bildgruppen, die mittels einer visuellen Analogskala ermittelt wurden. Die angegebenen Markierungen lagen entsprechend vorgegebener Skalen zwischen 1 (max. unangenehm bzw. langweilig) und 9 (max. angenehm bzw. aufregend).

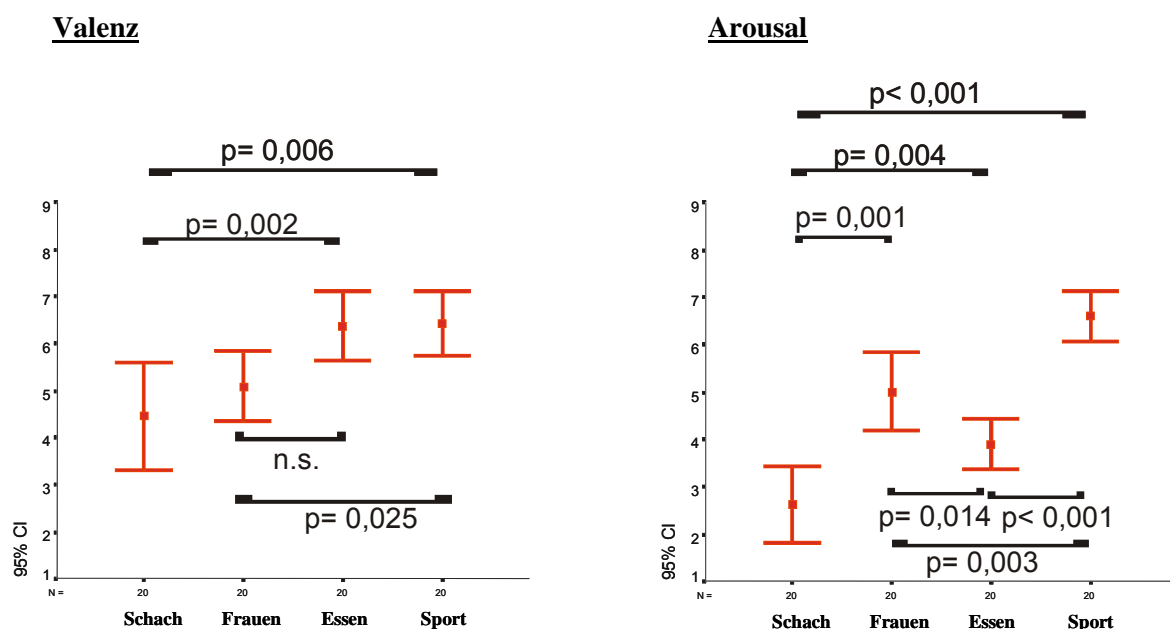


Abb. 4.16 a): Valenzwerte der Bildgruppen **Abb. 4.16 b):** Arousalwerte der Bildgruppen

Es lässt sich erkennen, dass die „Frauen“-Bildgruppe als deutlich weniger angenehm bewertet wurde, als die „Essen“- sowie die „Sport“-Bildgruppe. Signifikanz erlangt dieser Unterschied im Vergleich mit der „Sport“-Bildgruppe, die insgesamt als am angenehmsten eingestuft wurde. Das Schachbrettmotiv wurde hinsichtlich der Valenz als relativ neutral bewertet und wurde hier als signifikant weniger angenehm bewertet als die „Essen“- und die „Sport“-Bildgruppe. Wider Erwarten findet sich im Vergleich des Schachbretts mit den „Frauen“-Bildern kein signifikanter Unterschied in der Valenzbewertung (s. Abb. 4.16 a)).

In der Arousalbewertung zeigen sich in sämtlichen Vergleichen signifikante Unterschiede: Das Schachbrettmotiv wurde insgesamt als am langweiligsten empfunden und setzt sich

signifikant von den drei anderen Bildgruppen ab. Es folgt die „Essen“-Bildgruppe, die als signifikant aufregender als das Schachbrettmotiv, aber auch als signifikant langweiliger als die gepoolten „Frauen“-und „Sport“-Bilder beurteilt wurde. Die „Frauen“-Bildgruppe wiederum wurde als signifikant aufregender bewertet als die gepoolten „Essen“-Bilder und das Schachbrettmotiv. Insgesamt und signifikant als am Aufregendsten gegenüber den anderen Bildgruppen beurteilt wurden die gepoolten „Sport“-Bilder (s. Abb. 4.16 b)).

4.5.1.2 Bewertung der Einzelbilder incl. IAPS - Bewertung

Ein Vergleich mit den entsprechenden IAPS-Daten für weibliche Probanden, hier dargestellt durch den grünen Punkt (●), konnte lediglich zwischen den Einzelbildern stattfinden, da nur hierfür die benötigten Zahlenwerte verfügbar waren.

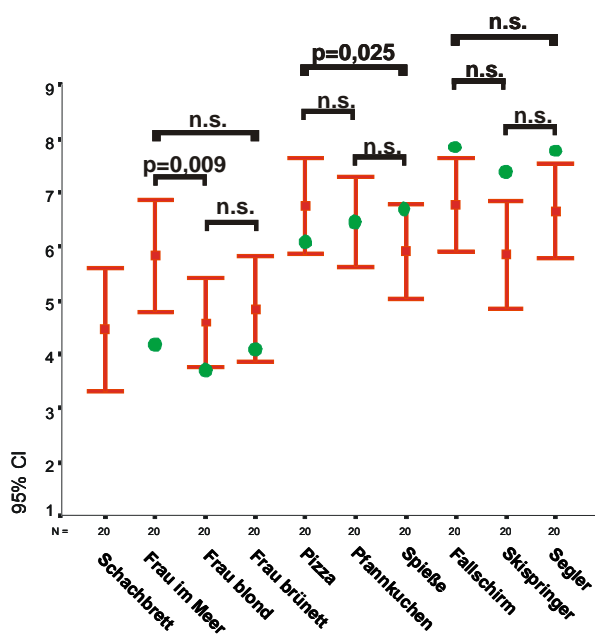


Abb. 4.17 a): Valenzwerte der Einzelbilder

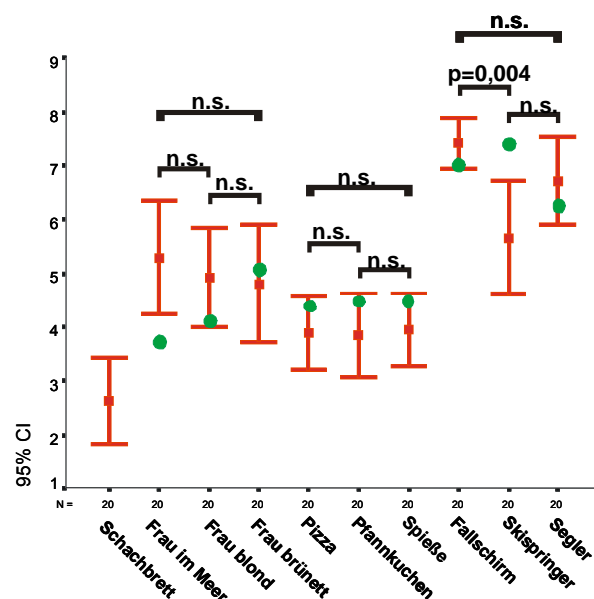


Abb. 4.17 b): Arousalwerte der Einzelbilder

In der Valenzbewertung zeigt sich beim Vergleich der „Frauen“-Bilder nicht dieselbe Homogenität wie sie entsprechend den IAPS-Daten zu erwarten gewesen wäre. Das Bild der „Frau im Meer“ wurde als angenehmer empfunden als die beiden anderen „Frauen“-Bilder, wobei dieser Unterschied nur gegenüber dem Bild der „blonden Frau“ signifikant wurde. Auch bei den „Essen“-Bildern wurde ein Bild als angenehmer bewertet, als die beiden anderen: das „Pizza“-Bild hebt sich signifikant von den „Spießern“ ab. Die „Sport“-Bilder

zeigen in der Valenz-Kategorie eine gute Homogenität. Zwischen allen Bildern dieser Gruppe bestehen keine signifikanten Unterschiede (s. Abb. 4.17 a)).

Betrachtet man die Bildbewertungen in der Kategorie Arousal, so zeigen die „Frauen“-Bilder untereinander keine signifikanten Unterschiede und somit eine gute Gruppenhomogenität. Auch die drei „Essen“-Bilder wurden im Durchschnitt als nahezu gleich aufregend bzw. langweilig beurteilt.

Nur die Gruppe der „Sport“-Bilder weist mit den „Fallschirmspringern“ ein Bild auf, welches sich von den beiden anderen abhebt. Es wurde als signifikant aufregender bewertet als die Abbildung des „Skispringers“ (s. Abb. 4.17 b)).

4.6 Hormonanalyse

Zum besseren Überblick über die in der vorliegenden Studie gemessenen Hormonwerte der einzelnen Probandinnen, sind in den folgenden Balkendiagrammen die Testosteronwerte, die Östradiolwerte, die Prolaktinwerte und die Progesteronwerte der 20 Blutproben grafisch dargestellt.

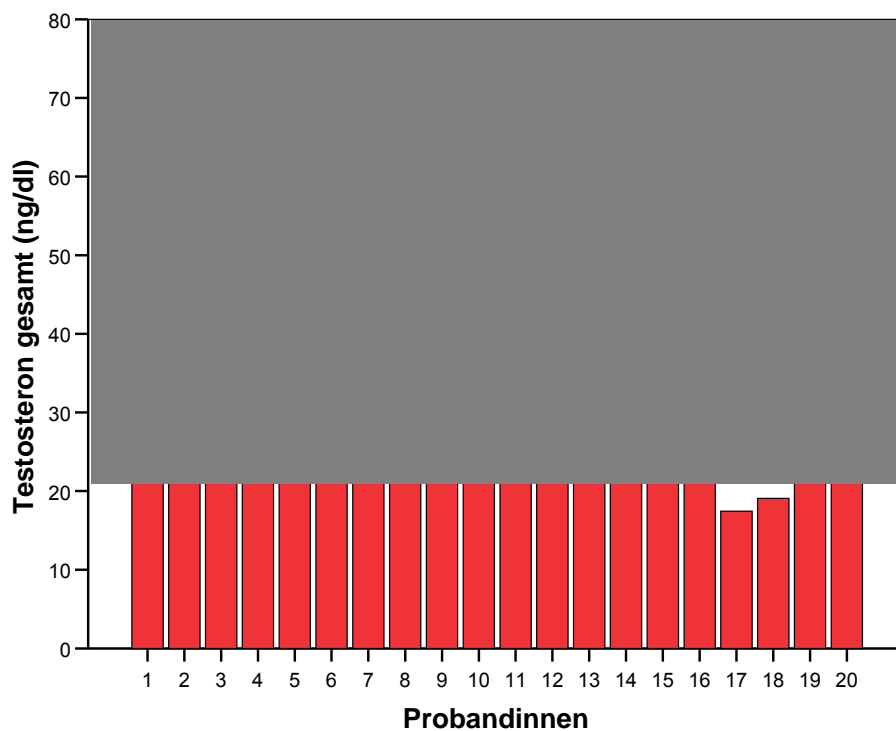


Abb. 4.18 a): Gesamt-Testosteron; Normwerte grau hinterlegt: 22-80 ng/dl

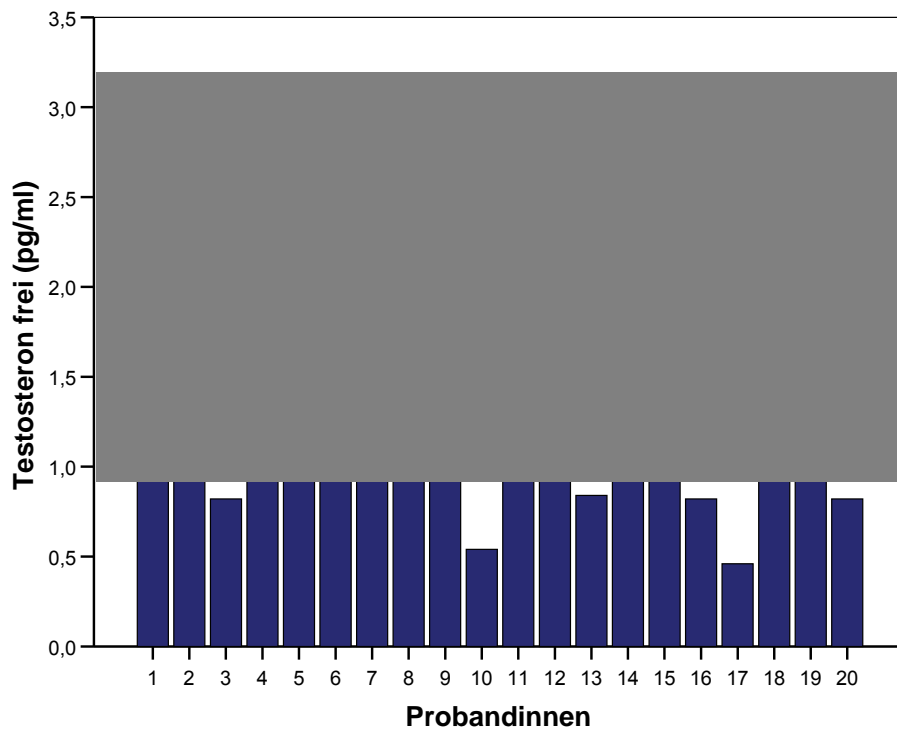


Abb. 4.18 b): Freies Testosteron; Normwerte grau hinterlegt: 0,9-3,2 pg/ml

Gemäß den Laboratorien der Urologischen Klinik, HNO-Klinik, Gynäkologie und Pädiatrie des Universitätsklinikums des Saarlandes liegen die Normwerte für freies Testosteron bei Frauen der Altersgruppe von 20- 29 Jahren im 90%- Bereich bei 0,9- 3,2 pg/ml und für das Gesamt-Testosteron bei 22- 80 ng/dl.

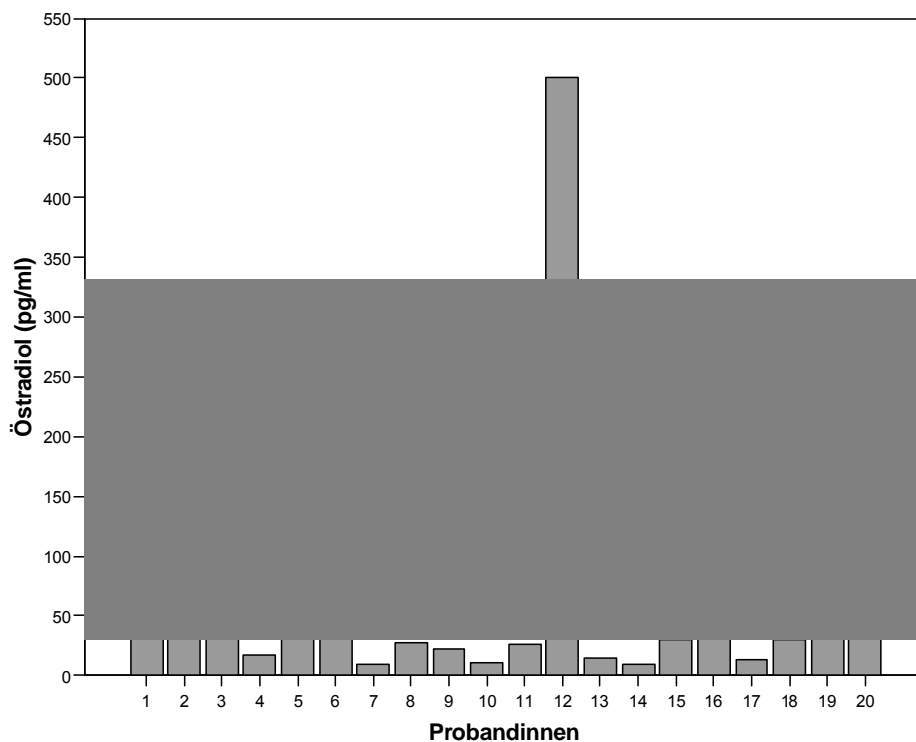


Abb. 4.18 c): Östradiol; Normwerte grau hinterlegt (30-330 pg/ml)

Gemäß den Laboratorien der Urologischen Klinik, HNO-Klinik, Gynäkologie und Pädiatrie des Universitätsklinikums des Saarlandes liegen die Normwerte für Östradiol bei prämenopausalen Frauen in Abhängigkeit vom Zykluszeitpunkt zwischen 30-330 pg/ml mit einem Minimum in der frühen Follikelphase und einem Maximum während des präovulatorischen Peaks.

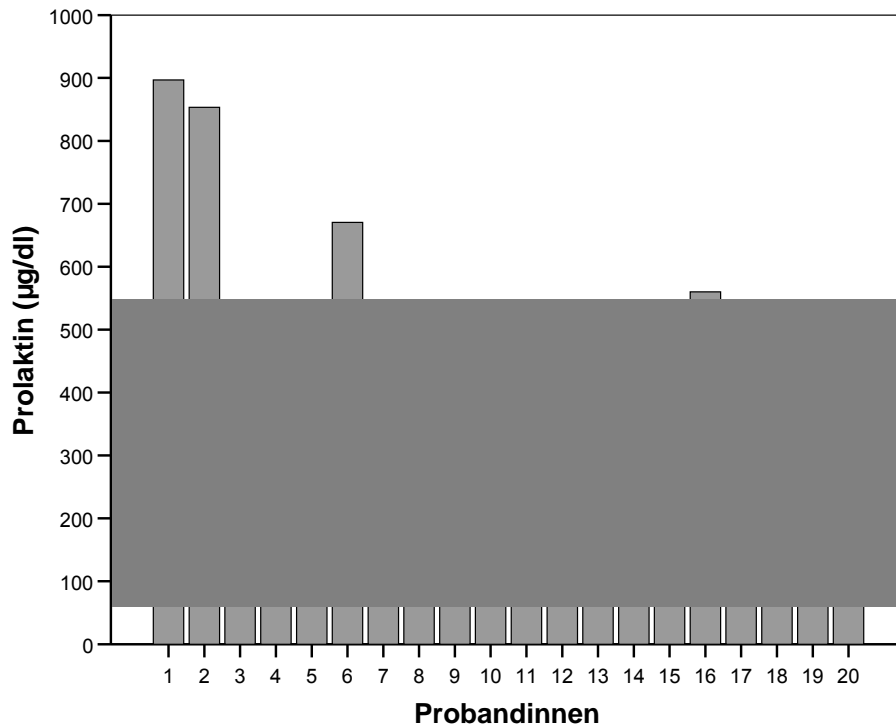


Abb. 4.18 d): Prolaktin; Normwerte grau hinterlegt (53-520 µg/dl)

Gemäß den Laboratorien der Urologischen Klinik, HNO-Klinik, Gynäkologie und Pädiatrie des Universitätsklinikums des Saarlandes liegen die Normwerte für Prolaktin bei Frauen unter 45 Jahren zwischen 53-520 µg/dl.

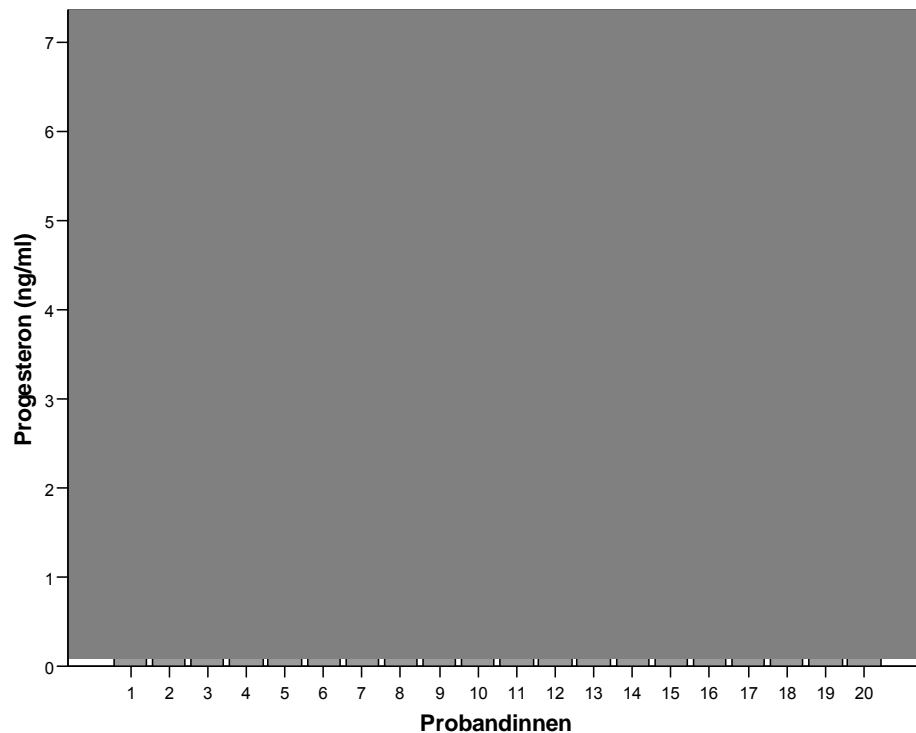


Abb. 4.18 e): Progesteron; Normwerte grau hinterlegt (0,14-28,3 ng/ml)

Gemäß den Laboratorien der Urologischen Klinik, HNO-Klinik, Gynäkologie und Pädiatrie des Universitätsklinikums des Saarlandes liegen die Normwerte für Progesteron bei prämenopausalen Frauen in Abhängigkeit vom Zykluszeitpunkt zwischen 0,14-28,3 ng/ml mit einem Minimum in der frühen Follikelphase und einem Maximum in der Mitte der Lutealphase.

4.7 Korrelationen

4.7.1 Korrelation der Hormonwerte mit Valenz- und Arousalwerten

Die Bildbewertung umfasst die beiden Kategorien Valenz und Arousal. Es wurden in Tab. 4.1 nur die Hormone dargestellt mit denen sich mindestens eine signifikante Korrelation ergab. Angegeben wird das Signifikanzniveau und der Korrelationskoeffizient (in Klammern).

	Testosteron ges.	Testosteron frei	Prolaktin	Progesteron	DHEAS	SHBG
Frauenbilder						
Erregungsbewertung		* (-0,499)	* (-0,496)	* (-0,497)	* (-0,451)	
Valenzbewertung		* (-0,506)	* (-0,558)	* (-0,493)	* (-0,524)	
Essensbilder						
Erregungsbewertung						
Valenzbewertung					* (0,448)	
Sportbilder						
Erregungsbewertung						* (-0,501)
Valenzbewertung						
Schachbrett						
Erregungsbewertung						
Valenzbewertung						

Tab. 4.1: Korrelation der Bewertung der gepoolten Bildgruppen mit den gemessenen Serumkonzentrationen einiger ausgewählter Hormone

Erstaunlich ist, dass sich zwar signifikante Unterschiede mit dem freien Testosteron, nicht aber mit dem Gesamt-Testosteron ergeben. Bei der Korrelationsanalyse zeigt sich ferner, dass sich signifikante Zusammenhänge wesentlich zwischen den Frauenbildern und den Serumkonzentrationen von freiem Testosteron, Prolaktin, Progesteron und DHEAS (Dehydroepiandrosteron) ergeben: je niedriger die Serumkonzentrationen der genannten Hormone ausfielen, als umso angenehmer und aufregender wurden die „Frauen“-Bilder bewertet (s. Tab. 4.1).

4.7.2 Korrelation der Hormonwerte mit EKP-Parametern

In den senkrechten Spalten der folgenden Tabellen 4.2 a) und b) sind jeweils die Hormone aufgeführt, in der waagrechten Zeile stehen unter der jeweiligen gepoolten Bildgruppe die betreffenden Ableitorte. An jedem Ableitort wurde ein ausgewählter Flächenparameter bestimmt: an den parietalen Ableitorten der „positive Anteil der frühen Gesamtfläche“, abgekürzt mit (FPL) und an den centralen und frontalen Ableitorten der „negative Anteil der frühen Gesamtfläche“, abgekürzt mit (FNL). Nur signifikante Korrelationen sind aufgeführt.

	"Frauen"- Bilder (FPL)			"Essen"- Bilder (FPL)			"Sport"- Bilder (FPL)			"Schachbrett"- Bild (FPL)		
	PZ	P3	P4	PZ	P3	P4	PZ	P3	P4	PZ	P3	P4
Testosteron ges.	**	*	*	*	*	*						
	-0,571	-0,523	-0,526	-0,546	-0,487	-0,516						
Testosteron frei												
FSH												
LH												
Prolaktin												
Östradiol												
Progesteron												
DHEAS												
Cortisol												
SHBG												
Androstendion												
FT3												
FT4												
TSH												*
												-0,464

Tab. 4.2 a): Hormonwerte vs. EKP-Parameter (Teil I)

Es finden sich ausschließlich Korrelationen mit den parietalen frühen Flächen, allerdings hier nur mit dem Gesamttestosteron und einmalig mit TSH. Auch hier sind die Korrelationen invers: je niedriger die Testosteronkonzentration, umso größer die EKP-Flächen.

	"Frauen"- Bilder (FNL)			"Essen"- Bilder (FNL)			"Sport"- Bilder (FNL)			"Schachbrett"- Bild (FNL)		
	CZ	C3	C4	FZ	CZ	C3	C4	FZ	CZ	C3	C4	FZ
Testosteron ges.	*											
	0,472											
Testosteron frei												
FSH												
LH												
Prolaktin												
Östradiol									**	**	**	**
									0,625	0,716	0,718	
Progesteron					*			*	*			
					-0,466			0,466	-0,476	-0,452		
DHEAS												
Cortisol												
SHBG												
Androstendion												
FT3												
FT4								**	*			
								0,565	0,475			
TSH												

Tab. 4.2 b): Hormonwerte vs. EKP-Parameter (Teil II)

Auch Tabelle 4.2 b) zeigt, daß offensichtlich mehr als zufällige Zusammenhänge zwischen der Höhe einiger Hormonkonzentrationen und EKP-Flächen bestehen. Diese lassen sich allerdings nicht in Einklang bringen mit den Ergebnissen aus der Bildbewertung. So korreliert beispielsweise der Östradiolspiegel mit Flächenanteilen des „Schachbrett“-Bildes an mehreren Ableitorten. In der Bildbewertung spiegelt sich dies nicht wieder.

4.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

In Tabelle 4.3 wurden die interessantesten Daten zusammengefasst. Die Korrelationskoeffizienten wurden ihrem Signifikanzniveau entsprechend gekennzeichnet und in zwei abgestuften Grautönen hinterlegt.

„Positiver Anteil der frühen Gesamtfläche“ (280 - 600 ms)

		CZ	C3	C4	PZ	P3	P4	Testosteron gesamt	Testosteron frei
Arousal "Frauen"- Bilder gepoolt	Korrelation nach Pearson	0,674 (**)	0,531 (*)	0,625 (**)	0,487 (*)	0,451 (*)	0,448 (*)	- 0,311	- 0,499 (*)
	Signifikanz (2-seitig)	0,001	0,016	0,003	0,029	0,046	0,048	0,181	0,025
Valenz "Frauen"- Bilder gepoolt	Korrelation nach Pearson	0,547 (*)	0,390	0,513 (*)	0,346	0,310	0,325	- 0,159	- 0,506 (*)
	Signifikanz (2-seitig)	0,013	0,090	0,021	0,135	0,184	0,161	0,503	0,023
Testosteron gesamt	Korrelation nach Pearson	- 0,450 (*)	- 0,421	- 0,471 (*)	- 0,571 (**)	- 0,523 (*)	- 0,526 (*)		
	Signifikanz (2-seitig)	0,047	0,064	0,036	0,009	0,018	0,017		
Testosteron frei	Korrelation nach Pearson	- 0,332	- 0,271	- 0,354	- 0,421	- 0,361	- 0,386		
	Signifikanz (2-seitig)	0,153	0,248	0,125	0,064	0,118	0,093		

Tab. 4.3: Korrelationen zwischen der Bildbewertung (Valenz u. Arousal), einem Flächenparameter der EKP (dem „positiven Anteil der frühen Gesamtfläche“) und dem Gesamt-Testosteron sowie dem freien Testosteron

Wie man in der ersten Zeile der Tabelle sehen kann, ergeben sich durchgehend signifikante Korrelationen zwischen dem „positiven Anteil der frühen Gesamtfläche“ an den centralen und den parietalen Ableitorten und der über die „Frauen“-Bilder gepoolten Arousalbewertung durch die Probanden. Das heißt, je größer die abgeleitete Fläche an den genannten Ableitorten, als desto aufregender wurden die „Frauen“-Bilder auch bewertet.

Auch für die Valenzbewertung finden sich signifikante Korrelationen zwischen der berechneten Fläche und der Bildbewertung: Je angenehmer die „Frauen“-Bilder bewertet wurden, umso größer fiel die von der EKP-Kurve umschriebene Fläche an den Ableitorten CZ und C4 aus.

In den beiden unteren Zeilen der Tabelle wurde der Flächenparameter mit der Testosterongesamtkonzentration und der Konzentration des freien Testosterons korreliert. Signifikante Zusammenhänge ergeben sich nur mit der Testosterongesamtkonzentration und zwar in der Hinsicht, dass die von der EKP-Kurve bei Betrachten der „Frauen“-Bilder umschriebene Fläche an den Ableitorten CZ, C4 und an allen parietalen Ableitorten umso kleiner waren, je höher der Testosterongesamtspiegel ausfiel.

Weiterhin ist an der Spalte ganz rechts außen abzulesen, dass die „Frauen“-Bilder als signifikant angenehmer und aufregender bewertet wurden, je niedriger die Serumkonzentration des freien Testosterons ausfiel.

5 Diskussion

5.1 Allgemeines

Eine grundlegende Fragestellung dieser Arbeit ist, inwieweit sich der unterschiedliche affektive Gehalt standardisierter visueller Stimuli in den ereigniskorrelierten Potenzialen (EKP) als ein Korrelat der neuronalen Mechanismen der Affektperzeption abbildet.

Um dies zu untersuchen, wurden je drei Bilder erotischer Frauen, diverser Speisen und sportlicher Aktivitäten der standardisierten Diaserie zur Emotionsinduktion (International Affective Picture System, IAPS) ausgewählt. Die Auswahlkriterien wurden im Kapitel Material und Methodik erläutert. Mit Bildern dieser Serie konnte bereits die enge Korrelation zwischen motorisch expressivem Verhalten (mimisches EMG) und der Valenz sowie zwischen vegetativer Reaktion (Hautwiderstand und Herzfrequenz) und der durch die Bilder ausgelösten Erregung gezeigt werden (GREENWALD et al. 1989).

Zusätzlich zu den ausgewählten Bildern wurde den gesunden Probanden ein Schachbrettmuster als einfacher visueller Kontrollreiz während der Untersuchung präsentiert. Die Betrachtung der Bilder war an keine Aufgabe im Sinne eines speziellen Paradigmas gekoppelt; alle Bilder wurden gleich häufig gezeigt und sollten von den Probanden lediglich aufmerksam betrachtet und mit einem Knopfdruck quittiert werden. Während der Untersuchung wurde keine Benennung der verschiedenen Affekte von den Probanden verlangt, sodass keine Verbalisierungsvorgänge die Ableitungen beeinflussten.

Zur Überprüfung, in welcher Weise die Versuchspersonen die affektiven Stimuli erlebten, wurde ihr Eindruck mithilfe eines Fragebogens am Ende der Untersuchung erfasst.

Ein weiteres zentrales Ziel dieser Studie bestand darin, einen eventuellen Einfluss der Serumkonzentrationen diverser Hormone sowohl auf die Affektperzeption als auch auf die Bildbewertung zu erfassen. Das Hauptaugenmerk galt dabei dem Sexualhormon Testosteron.

Die beschriebenen Untersuchungen wurden in einer weiteren Versuchsreihe unserer Arbeitsgruppe in gleicher Weise an männlichen Probanden durchgeführt. In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse aus der weiblichen Vergleichsgruppe dargestellt.

5.2 Bildbewertung durch die Probandinnen anhand der visuellen Analogskala

Ein Ergebnis der Emotionsforschung ist, dass dieselben visuellen Stimuli bei Männern und Frauen unterschiedliche Valenz- und Arousaleinstufungen auslösen können (WRASE et al., 2003).

Durch die Beurteilung der Bilder in den Kategorien Valenz und Arousal sollte in der vorliegenden Studie der individuell wahrgenommene affektive Gehalt bei weiblichen Probandinnen erfasst werden.

Die Arousalbewertung durch die Probandinnen erbrachte in Übereinstimmung mit den von HAMM und VAITL (1993) angegebenen Bewertungen die für die weiblichen Probandinnen erwarteten Ergebnisse.

Was die Valenzbewertung angeht, so zeigt die „Frauen“- Bildgruppe nicht die erwartete klare Abgrenzbarkeit gegenüber dem Schachbrett und der „Essen“- Bildgruppe. Diese Gruppen zeigen gegenüber den „Frauen“- Bildern hinsichtlich der Valenzbewertung keine signifikanten Unterschiede.

Auf die mögliche Bedeutung der Fragebogenergebnisse wird im Zusammenblich mit den Ergebnissen der EKP-Untersuchung und der Hormonanalyse im Folgenden noch eingegangen.

5.3 EKP- Ergebnisse

5.3.1 Allgemeines

In Untersuchungen von ereigniskorrelierten Potenzialen, die durch visuelle Stimuli ausgelöst wurden, zeigte sich eine stärker ausgeprägte Positivierung auf emotionale Reize als auf neutrale, auch wenn vom emotionalen Gehalt der Stimuli abgelenkt wurde.

In diesem Zusammenhang sind die Ergebnisse einer Studie von MINI et al. (1996) interessant, die bei Präsentation visueller Stimuli mit emotionalem Gehalt ebenfalls die stärkste Positivierung an Pz erhielten, während sich Fz und Cz nicht signifikant voneinander unterschieden. Der „emotionale Gehalt“ eines Bildes bezeichnet in diesem Zusammenhang seine Beurteilung durch den Probanden als entweder angenehm (z.B. Babies) oder unangenehm (z.B. dermatologische Patienten) im Gegensatz zu einem „neutralen“ Bild (z.B. gewöhnliche Menschen).

Auch JOHNSTON et al. (1986) fanden höhere Amplituden an Pz als an Cz und Fz, wobei die stärkste Positivierung wiederum von als unangenehm bzw. als angenehm empfundenen Bildern verursacht wurden im Vergleich zu neutralen Bildern.

Der Bedeutung dieser kortikalen Positivierung wurde in mehreren Studien nachgegangen, die unter anderen zu der Annahme führten, dass sie Ausdruck einer Deaktivierung neuraler Netzwerke ist, welche für die zur Gedächtnisbildung erforderlichen updating- Prozesse nicht relevant sind. Mit anderen Worten, während die Anzahl der deaktivierten Netzwerke ansteigt, ein Prozess der mit stärkerer kortikaler Positivierung einhergeht, werden die der Gedächtnisspeicherung dienlichen Vorgänge effizienter (SCHUPP et al., 1994).

Nach NAUMANN et al. (1997) folgt auf die automatische, vorbewusste Verarbeitung des emotionalen Gehalts eines Reizes eine bewusste, kontrollierte Informationsverarbeitung. Diese zusätzliche, kontrollierte Verarbeitung resultiert demnach in positiveren Amplituden. Die Konsequenz dieser Verarbeitung kann die Kontrolle der automatisch initiierten emotionalen Reaktion sein, damit der laufende Fluss situationsangemessenen Verhaltens weiter verfolgt werden kann.

Ein charakteristisches Problem früherer Studien zu diesem Thema war der Einsatz nicht-standardisierter visueller Stimuli. LIFSHITZ (1966) und BEGLEITER et al. (1967) berichteten als Erste von einem Einfluss von emotionalen visuellen Stimuli auf ereigniskorrelierte kortikale Hirnaktivität. Weitere Experimente zeigten eine stärkere Positivierung der P3-Komponente durch erotisches sowie unangenehmes Bildmaterial als durch nicht-erotische Bilder, wie z.B. von Landschaften und Blumen (RADILOVA et al., 1982).

Diese frühen Untersuchungen führten zu der Schlussfolgerung, dass der emotionale Gehalt visueller Stimuli die Amplitude der P3 erhöht, unabhängig vom angenehmen oder aversiven Charakter der induzierten Emotion.

Es besteht also eine generelle Übereinstimmung, dass emotionshaltiges Bildmaterial stärkere Positivierung hervorruft als neutrales, und dass sich dieser Effekt hauptsächlich in der P3 und späteren Komponenten niederschlägt (PALOMBA et al., 1997). Allerdings berichten MINI et al. (1996) außerdem von einer weniger ausgeprägten N400-Komponente bei Präsentation von emotionalen als von neutralen Stimuli.

5.3.2 Geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Verarbeitung erotischen Stimulusmaterials

Verschiedene Studien deuten darauf hin, dass Männer generell stärker auf erotisches Stimulus-Material reagieren als Frauen. CUTHBERT et al. (2000) fanden beispielsweise bei Männern eine stärkere mittlere Positivierung der ereigniskorrelierten Potenziale auf visuelle

erotische Stimuli als bei Frauen. Dieses Ergebnis bestätigt die Annahme, dass das Aussehen der EKP vom emotionalen Gehalt eines Bildes für den jeweiligen Betrachter stark beeinflusst wird. Denn wenn allein die geringere Auftretenswahrscheinlichkeit von Stimuli mit hohem emotionalem Gehalt im Gegensatz zu gewöhnlichem „Alltags-input“ dafür verantwortlich wäre, müssten laut CUTHBERT et al. (2000) die weiblichen Probanden die stärkere Positivierung der EKP gegenüber den männlichen aufweisen, da letztere vermutlich mehr Zeit mit der Betrachtung erotischer Bilder zubringen würden.

In mehreren Studien ergaben sich Hinweise darauf, dass die Geschlechtsunterschiede bei der Verarbeitung von Emotionen ein neuroanatomisches Korrelat haben könnten (KLEIN et al., 2003). Bisher sind jedoch nur einige wenige Studien verfügbar, die bildgebende Verfahren in Kombination mit visuellen erotischen Stimuli einsetzen (WRASE et al., 2003).

KARAMA et al. (2002) bedienten sich der Magnetresonanz-Functional-Imaging-Technik, welche die bildliche Abgrenzung aktivierter Hirnrindenareale ermöglicht. Die Aktivierung der entsprechenden Neuronen erfolgt dabei über äußere Stimulation, wie z.B. optische Reize. KARAMA et al. fanden eine signifikant stärkere hypothalamische Aktivierung der männlichen Probanden beim Betrachten erotischen Bildmaterials im Vergleich zu weiblichen Probanden. Außerdem fand sich lediglich beim männlichen Kollektiv eine positive Korrelation zwischen der Stärke der hypothalamischen Aktivierung und der Arousal-Bewertung.

Diese Feststellung wurde durch eine Reihe weiterer Studien bestätigt:

Die Arousalbewertung durch männliche Probanden bei visueller Präsentation erotischer Stimuli korrelierte meist hoch mit physiologischen Parametern, während bei weiblichen Probanden generell eine niedrige Korrelation festgestellt wurde.

Dies führte zu der Theorie, dass Frauen das subjektiv empfundene Ausmaß an Arousal weniger über physiologische Parameter definieren, sondern vielmehr an affektiven Kriterien ausrichten. Das heißt, dass eine hohe Konkordanz zwischen subjektivem Arousal und den mit dem Stimulus verknüpften, mehr oder weniger ausgeprägten positiven Emotionen zu erwarten wäre (KOKOUNAS et al., 1997).

An dieser Stelle können interessante Ergebnisse aus der vorliegenden Studie angeführt werden, die ebenfalls eine deutliche Diskrepanz zwischen der Arousal-Bewertung und den EKP-Kurvenverläufen aufweisen: Zwar zeigt sich bei Auswertung der ereigniskorrelierten Potenziale eine positive Korrelation mit der Arousal-Bewertung, wobei die EKP der „Frauen“-Bilder einen signifikant positiveren Potenzialverlauf als die Kurven der „Essen“- und der „Sport“-Bilder zeigen.

Signifikant als am aufregendsten und als am angenehmsten beurteilt wurden jedoch die gepoolten „Sport“-Bilder. Trotz gegenteiliger Behauptung scheinen die Probandinnen also doch von den erotischen „Frauen“-Bildern am stärksten „beeindruckt“ worden zu sein.

Allerdings muss auch die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass bei der Bildbewertung im Sinne der sozialen Erwünschtheit geantwortet wurde. Dies könnte zu der Vermutung Anlass geben, dass eine Probandin es nicht unbedingt zugeben würde, wenn sie das erotische Bild einer anderen Frau als aufregend empfinden würde.

Auf dieses Problem weisen auch KOUKOUNAS et al. (2001) hin, die ihren ausschließlich männlichen Probanden erotische Filmausschnitte präsentierten und durch einen von den Probanden auszufüllenden Fragebogen verschiedene hierdurch ausgelöste Emotionen erfassten. Die Auswertung der Fragebögen zeigte, dass das Arousalniveau positiv mit dem empfundenen Ausmaß an Neugier sowie auch Angst korrelierte. Die Autoren führten diese Konstellation an Emotionen darauf zurück, dass die Probanden auf Grund ihrer Erziehung und den religiösen und moralischen Normen ihres sozialen Umfeldes den pornografischen Charakter des Filmmaterials als aversiv identifizierten.

Welche Faktoren könnten die deutliche Positivierung der EKP-Kurven angesichts der „Frauen“-Bilder eventuell noch verursacht haben?

Zwar tendieren Frauen dazu, beim Betrachten erotischen Bildmaterials mehr Abscheu zu empfinden als Männer (KOUKOUNAS et al., 1997), doch darin ist der Grund vermutlich nicht zu finden, denn keines der „Frauen“-Bilder wurde als unangenehm bewertet. Im Gegenteil, die Bewertung tendierte eher zum „angenehmen“ Pol.

Auch gab es in der vorliegenden Studie keine Aufgabenkoppelung, durch die die Stimulusrelevanz hätte beeinflusst werden können. Jedoch könnte argumentiert werden, dass die eventuell geringere Auftretenswahrscheinlichkeit von weiblichen erotischen Modells im Vergleich zu Essen oder Sportlern in der natürlichen Umgebung der Probandinnen den Kurvenverlauf erklären könnte.

Interessanterweise fanden OLIVER-RODRIGUEZ et al. (1999) bei weiblichen und männlichen Probanden unerwartet eine größere P300 beim Anblick weiblicher Gesichter als beim Anblick männlicher. Dies lässt sich kaum durch eine höhere Auftretenswahrscheinlichkeit in der Umwelt erklären, denn dort sind männliche Gesichter ebenso häufig wie weibliche Gesichter zu erwarten. So wird in dieser Studie dann auch wie in vielen anderen die These unterstützt, dass die Stimulusrelevanz, und damit auch die Varianz der P300, tatsächlich vorwiegend durch den emotionalen Gehalt des Stimulus bestimmt wird.

Eine Untersuchung von JOHNSTON et al. (1986) erbrachte die in dieser Hinsicht eher zu erwartenden Resultate: weibliche Probanden beurteilten anhand eines Fragebogens, der die Emotionsdimension Valenz erfasste, Fotos von männlichen Modells als angenehmer als Fotos von weiblichen Modells. Für männliche Probanden galt der umgekehrte Fall. Außerdem standen diese Daten mit den Ergebnissen aus den EKP-Ableitungen in Einklang, die bei

Fotos von jeweils gegengeschlechtlichen Models größere P300 und P400 ergaben als bei Betrachtung von gleichgeschlechtlichen Models.

In einer weiteren Untersuchung von JOHNSTON et al. (1991) fanden sich in der Bildbewertung durch die diesmal ausschließlich weiblichen Probandinnen signifikant höhere Valenzwerte bei der Beurteilung von Bildern männlicher Models als bei Bildern von weiblichen Models. Von Interesse ist, dass in dieser Studie die weiblichen Models von den Probandinnen als unangenehm bewertet wurden und auch eine größere Positivierung der EKP hervorriefen als die Bilder der männlichen Models. Hier könnten unbewusste Emotionen der Probandinnen, wie Neid oder Rivalität, eine Rolle gespielt haben.

5.4 Der Einfluss der Serumtestosteronkonzentration auf die Bildbewertung und die EKP

In der vorliegenden Studie fand sich folgende signifikante Korrelation zwischen der Arousal- und Valenzbewertung der gepoolten „Frauen“-Bilder und der Serumkonzentration des freien Testosterons: je niedriger dieser Hormonspiegel ausfiel, als umso aufregender und angenehmer wurden die erotischen Bilder bewertet.

Korreliert man die Daten der Bildbewertung mit der Testosterongesamtkonzentration, so gehen die errechneten Werte tendenziell in die gleiche Richtung; das heißt, je niedriger das Gesamttestosteron, desto aufregender und angenehmer die „Frauen“-Bilder. Es wurde jedoch kein signifikantes Niveau erreicht.

Die Korrelation der Daten aus den EKP-Ableitungen mit denen aus den Hormonbestimmungen erbrachte folgenden signifikanten Zusammenhang:

Je niedriger die Testosterongesamtkonzentration ausfiel, desto größer fiel der „positive Anteil der frühen Gesamtfläche“ (zwischen 280 und 600 ms) der EKP-Kurven bei Betrachtung der „Frauen“-Bilder an den Ableitorten Cz, C4, Pz, P3 und P4 aus. Am deutlichsten tritt diese Korrelation an Pz zutage. An C3 findet sich eine vergleichbare Tendenz, die jedoch nicht signifikant wird.

Auch hier kann man beim Vergleich der Ergebnisse eine Tendenz in die gleiche Richtung für die Serumkonzentration des freien Testosterons ablesen. Signifikantes Niveau wird aber nicht erreicht. Dies ist ein eher unerwartetes Ergebnis, zumal in einigen Studien an lesbischen Frauen erhöhte Testosteronwerte gefunden wurden (BANCROFT, 1984).

Im Unterschied zu der wachsenden Menge an Daten über den Einfluss der Östrogene sind die Informationen über die Effekte von Androgenen auf Gehirnfunktionen und Verhalten eher spärlich. Insbesondere ist bei Frauen die Rolle der Hormone bezüglich sexueller Verhaltensmuster nicht so gut definiert wie bei Männern. Traditionell wurde das Testosteron

als das typisch männliche Geschlechtshormon betrachtet und das Östrogen als das typisch weibliche. In mancherlei Hinsicht ist diese Ansicht durchaus zutreffend. Neuere Studien stimmen jedoch darin überein, dass die Rollen von Testosteron und Östrogen in der männlichen und weiblichen Embryonalentwicklung und später im Sexualverhalten der Erwachsenen komplexer und bei weitem nicht so exklusiv sind wie ursprünglich angenommen (KAPLAN et al., 1993; ALMEIDA, 1999).

Studien über die Auswirkung von Kastration, Behandlung mit Antiandrogenen und der Testosterontherapie bei Hypogonadismus bescheinigen dem Testosteron einen entscheidenden Einfluss auf das männliche Sexualverhalten.

In Analogie hierzu wurde in einigen frühen Studien versucht, entsprechende Auswirkungen von Östrogenen auf den weiblichen Organismus nachzuweisen. Auch in neueren Untersuchungen konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen Plasma-Östradiolspiegeln bei Frauen und einer Reihe sexueller Verhaltensweisen nachgewiesen werden.

Es wurde daher zunehmend der Möglichkeit nachgegangen, dass die weibliche Libido ebenfalls eher Androgen- als Östrogen-abhängig sein könnte (PERSKY et al., 1982).

Bei Frauen stammt ein sehr viel größerer Anteil der zirkulierenden Androgene aus der Nebennierenrinde als bei Männern. Dehydroepiandrosteron, Androstendion und Dihydrotestosteron werden neben Testosteron zu 50-90 % von der Nebennierenrinde produziert. Ihre Konzentrationen in den Körperflüssigkeiten und ihre relative Wirkpotenz bezogen auf das Testosteron machen sie zu wichtigen Quellen androgener Aktivität bei der Frau (PERSKY et al., 1982). Nach einer Adrenalectomie fällt die Androgenausscheidung bei Frauen im Urin auf sehr niedrige Werte, wohingegen sich nach einer Kastration oder der Menopause die Ausscheidung nicht signifikant verringert (WAXENBERG et al., 1959).

Die Serumtestosteronkonzentration ist ebenfalls zyklusabhängigen Schwankungen unterworfen, mit einem Maximum um den Tag der Ovulation herum. Zu diesem Zeitpunkt entstammt das Testosteron hauptsächlich den Ovarien, welche ab der Pubertät zunehmende Mengen an Testosteron sezernieren. Weiterhin wurde in Studien mittels biomolekularer Techniken belegt, dass sowohl das männliche als auch das weibliche Gehirn über Östrogen- und Testosteronrezeptoren verfügt. Ein direkter Effekt der Sexualhormone auf das Gehirn konnte nachgewiesen werden (PERSKY et al., 1978; OLIVER-RODRIGUEZ et al., 1999; KAPLAN et al., 1993).

Bixo et al. berichteten 1995, dass die Testosteronkonzentrationen im Gehirn sehr stabil und von Schwankungen der peripheren Testosteronkonzentration weitgehend unabhängig sind. Die Autoren verweisen außerdem auf eine frühere Studie, die gezeigt habe, dass sogar die

Testosteronkonzentrationen männlicher und weiblicher Gehirne nur erstaunlich geringfügige Unterschiede aufwiesen.

Die verfügbaren Daten über die Rolle von Testosteron im weiblichen Hormonhaushalt und dessen Einfluss auf Psyche und Verhaltensweisen des Individuums entsprangen über geraume Zeit zunächst hauptsächlich folgenden drei Quellen:

Studien, in denen synthetisiertes Testosteron verabreicht wurde, um eine Vielzahl gynäkologischer Probleme anzugehen, einschließlich menopausaler Symptome. Weitere klinische Berichte entstammen der Behandlung von Östrogen-abhängigem Brustkrebs mit Androgenen und eine dritte Serie von Studien beschäftigte sich mit dem plötzlichen und totalen Libidoverlust nach Adrenalektomie bei Patientinnen mit metastasiertem Brustkrebs, die zuvor schon ohne eine vergleichbare Auswirkung ovariectomiert worden waren (SHERWIN et al., 1985, WAXENBERG et al., 1959).

Nachfolgende systematische Untersuchungen zu diesem Thema lassen sich grob in zwei Gruppen einteilen: kontrollierte Studien über die Effekte einer externen Applikation von Androgenen und zweitens Studien, die darauf abzielten, Korrelationen zwischen physiologischen Androgenspiegeln und Verhaltensmustern aufzudecken (BANCROFT et al., 1991).

Verschiedene Studien führten übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass die Applikation von Östrogenen bei Frauen mit gynäkologischen Erkrankungen oder Carcinomen keine Auswirkung auf das Sexualleben hat. Zahlreiche Autoren berichten allerdings von einer signifikanten Libidosteigerung bei Frauen, denen Androgene zugeführt wurden (WAXENBERG et al., 1959).

Um der Bedeutung des Testosterons im weiblichen Organismus auf den Grund zu gehen, machten sich BANCROFT et al. (1991) den Umstand zunutze, dass orale Kontrazeptiva die Serumkonzentration an biologisch aktivem Testosteron signifikant senken.

Wie sich anhand mehrerer Fragebögen herausstellte, zeigte die Gruppe der Pillen-Benutzerinnen im Vergleich zu den Nicht-Pillen-Benutzerinnen ein größeres sexuelles Interesse an anderen Frauen. Einschränkend muss dazu gesagt werden, dass ein Vergleich zwischen diesen beiden Gruppen schwerlich nur auf hormonelle Effekte reduziert werden kann. Ebenso gut könnten bestimmte Persönlichkeitsstrukturen dazu beitragen, sich für Antikonzeptiva zu entscheiden oder dagegen.

In einer weiteren Untersuchung derselben Arbeitsgruppe fand sich bei Pillen-Benutzerinnen keine Korrelation zwischen der Plasmakonzentration an freiem Testosteron und homosexuellen Interessen. Je höher die Testosteronkonzentration bei den Pillen-

Benutzerinnen ausfiel, umso weniger restriktiv zeigten sie sich in ihrer sexuellen Moralität. Insofern bestätigt diese Studie die 1984 von BANCROFT aufgestellte Hypothese von der „Hoch-Testosteron“-Frau, die weniger dazu bereit sei, die traditionelle weibliche Rolle zu akzeptieren.

ALEXANDER et al. (1993) konnten bei Pillen-Benutzerinnen eine signifikante positive Korrelation zwischen dem freien Testosteron und sexuellem Verlangen und sexueller Aktivität feststellen. Die Autoren dieser Studie sprechen dem Testosteron einen Einfluss auf die kognitiven Aspekte des weiblichen Sexualverhaltens zu, geben allerdings zu bedenken, dass vermutlich nicht von einer linearen Beziehung zwischen Hormonkonzentrationen und allen Aspekten des Sexualverhaltens auszugehen sei.

PERSKY et al. (1978) fanden bei jungen Frauen in Zyklusmitte einen signifikanten positiven Zusammenhang zwischen der Testosteronkonzentration und dem Ausmaß ihrer sexuellen Aktivität. In dieser Studie wurde die sexuelle Aktivität über die Häufigkeit von Geschlechtsverkehr definiert. BANCROFT (1984) konnte dieses Ergebnis bestätigen und berichtete außerdem von einer signifikanten Korrelation zwischen der Testosteronkonzentration bei Frauen und subjektivem sexuellem Interesse.

UDRY et al. (1985, 1986) postulierten, dass der beste Prädiktor für das sexuelle Interesse und Verhalten junger Männer im Pubertätsalter ein Index der Aktivität an freiem Testosteron sei. Bei jungen Frauen fanden sich zwar auch einige Korrelationen zwischen der Konzentration an freiem Testosteron und sexuellen Interessen, allerdings wurden bei ihnen als aussagekräftigste Prädiktoren ihres Sexualverhaltens die Interaktionen innerhalb ihrer Bezugsgruppen identifiziert, also beispielsweise die Tatsache, ob enge Freunde auch sexuell aktiv waren oder nicht. Zusammenfassend führte diese Studie somit zu dem Ergebnis, dass sich, zumindest zu diesem Zeitpunkt der Entwicklung, bei jungen Männern ein relativ gut zu belegender hormoneller Einfluss auf das Sexualverhalten feststellen lässt. Bei den jungen Frauen jedoch schienen die psychosozialen Einflüsse entweder zu dominieren oder zumindest die hormonellen Auswirkungen zu überdecken.

Zum Einfluss von Androgenen auf ereigniskorrelierte Potenziale sind in der aktuellen Literatur nur wenige Informationen zu finden:

WOLF et al. (1998) fanden in einer auditorischen EKP-Untersuchung eine Zunahme der P3-Amplitude nach Applikation von DHEAS bei älteren Männern.

Für das DHEAS fanden sich in unserer Arbeit zwei signifikante Korrelationen: zwischen der im früheren Zeitabschnitt an C4 abgeleiteten Gesamtfläche bei Betrachten der gepoolten

„Frauen“-Bilder und dem DHEAS-Spiegel sowie demselben Flächenparameter an C3 bei Betrachten der gepoolten „Sport“-Bilder und dem Androgen. In beiden Fällen lag eine negative Korrelation vor.

In einer Untersuchung an Männern mit Hypogonadismus fanden OZATA et al. (1999) verlängerte P300-Latenzen und vergrößerte P300-Amplituden bei den Probanden mit idiopathischem hypogonadotropem Hypogonadismus im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe. Drei Monate nach einer Therapie mit Gonadotropinen fand sich keine signifikante Änderung der P300-Latenz. Die P300-Amplituden fielen nun jedoch signifikant kleiner aus. Auch konnte in dieser Studie ein positiver Zusammenhang zwischen der Testosteronkonzentration der Probanden und dem sexuellen Interesse festgestellt werden. Zur Stimulation der ereigniskorrelierten Potenziale dienten auch in dieser Untersuchung auditorische Signale.

Klinischen Erfahrungen mit der Therapie des Hypogonadismus bei männlichen Patienten entspringt auch die Erkenntnis, dass die Schwankungen der Testosteronkonzentration bei Männern, die sich innerhalb der Normgrenzen bewegen, nicht mit der Häufigkeit an Geschlechtsverkehr oder der Intensität des subjektiv empfundenen sexuellen Verlangens korrelieren (KAPLAN et al., 1993).

Umso interessanter ist die Tatsache, dass in der vorliegenden Untersuchung an Frauen Korrelationen zwischen den Reaktionen auf erotische Fotos und den Testosteronkonzentrationen, die zumeist innerhalb der Grenzwerte lagen, gefunden werden konnten.

5.5 Ausblick

Die hier angewandte Methode ermöglicht es auf einfache und minimal invasive Art, Einblicke in das Zusammenspiel von Hormonen und der Affektperzeption zu erlangen.

Auch wenn es sich bei der hier vorgestellten Arbeit „nur“ um eine Vergleichsgruppe handelt, so sind doch die gewonnenen Daten als interessant und zum Teil als überraschend zu bewerten. Mit der Untersuchung des Einflusses von Androgenen auf die ereigniskorrelierten Potenziale bei den weiblichen Probanden wurde Neuland betreten.

In weiteren Untersuchungen zu diesem Thema wäre es von Interesse, die Bilderserie durch Bilder von männlichen Models zu ergänzen.

6 Abkürzungsverzeichnis

ACTH	-	Adrenocorticotropes Hormon
“Cz”	-	Central zentral
DHEAS	-	Dehydroepiandrosteron
EEG	-	Elektroenzephalographie/Elektroenzephalogramm
EKP	-	Ereigniskorrelierte Potenziale
EOG	-	Elektrookulographie
ERP	-	Event- Related Potentials (englisch für Ereigniskorrelierte Potenziale)
„FFL“	-	„frühe Gesamtfläche“
„FI“	-	„Integral der frühen Gesamtfläche“
„FNL“	-	„negativer Anteil der frühen Gesamtfläche“
„FPL“	-	„positiver Anteil der frühen Gesamtfläche“
FSH	-	Follikelstimulierendes Hormon
FT 3	-	Freies Trijodthyronin
FT 4	-	Freies Tetrajodthyronin (=Thyroxin)
“Fz”	-	Frontal zentral
IAPS	-	International Affective Picture System
LH	-	Luteinisierendes Hormon
MHz	-	Megahertz
„Pz“	-	Parietal zentral
„SFL“	-	„späte Gesamtfläche“
SHBG	-	sex-hormone binding globuline
„SI“	-	„Integral der späten Gesamtfläche“
„SNL“	-	„negativer Anteil der späten Gesamtfläche“
„SPL“	-	„positiver Anteil der späten Gesamtfläche“
TSH	-	Thyreostimulierendes Hormon

7 Danksagung

Mein Dank gilt dem ehemaligen Direktor der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Universität des Saarlandes, Herrn Professor Dr. med. P. Falkai, sowie seinem Vorgänger, Herrn Professor Dr. med. K. Wanke, unter dessen Direktorat diese Arbeit begonnen wurde, für die Möglichkeit, diese Studie durchzuführen.

Besonders danken möchte ich Herrn Privatdozent Dr. med. G. Heinz, dem kommissarischen Direktor der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Universität des Saarlandes, für seine Betreuung während der Durchführung dieser Studie und seiner Bereitschaft, mir über mehrere Jahre hinweg bei der Fertigstellung der Arbeit behilflich zu sein.

Herzlich danken möchte ich auch Herrn Dipl.-Phys. M. Rubly, der stets die Zeit aufbrachte mir bei der Lösung technischer oder statistischer Probleme zu helfen und alle diesbezüglichen Fragen mit viel Geduld zu beantworten.

Großer Dank gebührt auch meinem Ehemann Sascha Pradarutti für seine unentbehrliche Hilfe bei der Bearbeitung der erhobenen Daten am PC und deren grafischer Darstellung.

Auch möchte ich mich bei meiner Freundin Tanya Siebel für ihre Hilfe bei der englischen Übersetzung der Zusammenfassung herzlich bedanken.

8 Anhang

8.1 Der „Edinburgh Inventory“ (OLDFIELD, 1971)

Fragebogen

Familienname:

Vorname:

Geburtsdatum:

Geschlecht: M W

Bitte kennzeichnen Sie durch Ankreuzen (+) mit welcher Hand Sie die untenstehende Tätigkeit durchführen. Setzen Sie zwei Kreuze (++) in das entsprechende Kästchen, wenn Sie die Tätigkeit nur mit einer Hand ausführen können, und es mit der anderen nur versuchen würden, wenn man Sie dazu auffordern würde. Wenn Sie sich bei einer Antwort nicht im klaren sind, kreuzen Sie beide Kästchen an. Bitte versuchen Sie alle Fragen zu beantworten, und lassen Sie das Kästchen nur frei, wenn Sie mit der gefragten Tätigkeit keinerlei Erfahrungen haben.

	RECHTS	LINKS
1. Mit welcher Hand schreiben Sie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Mit welcher Hand zeichnen Sie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Mit welcher Hand werfen Sie (z.B. einen Ball)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Mit welcher Hand halten Sie eine Schere?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Welche Hand hält die Zahnbürste beim Zähneputzen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. In welcher Hand halten Sie das Messer, wenn Sie keine Gabel benutzen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Welche Hand hält den Löffel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Welche Hand umfasst beim Kehren das obere Stielende des Besens?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Mit welcher Hand entzünden Sie ein Streichholz?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Welche Hand hebt den Deckel beim Öffnen einer Schachtel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8.2 Muster des Fragebogens zur Bildbewertung (beispielhaft hier nur die erste von zwei Seiten)

Bild 1

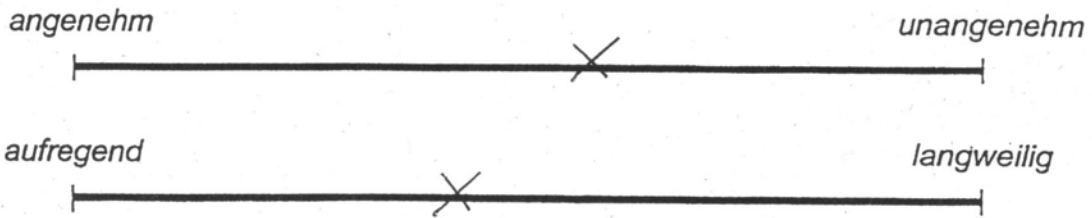


Bild 2

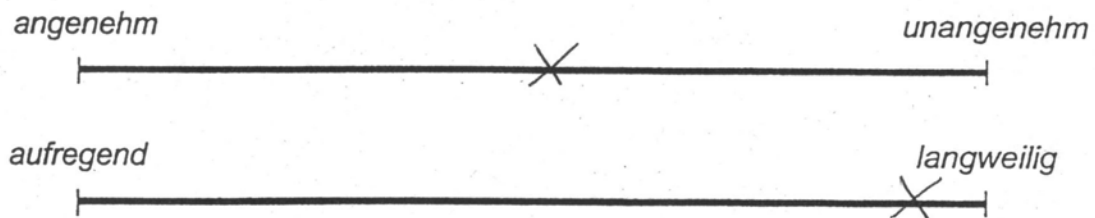


Bild 3

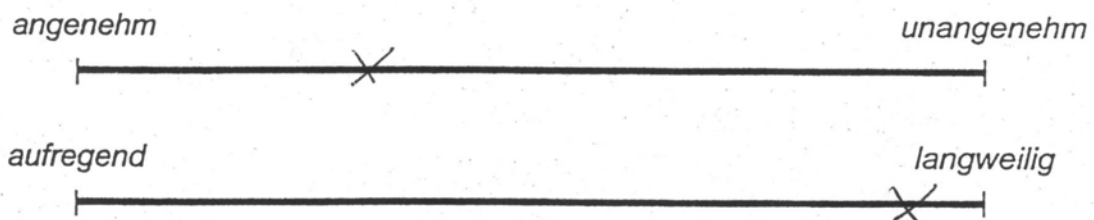


Bild 4

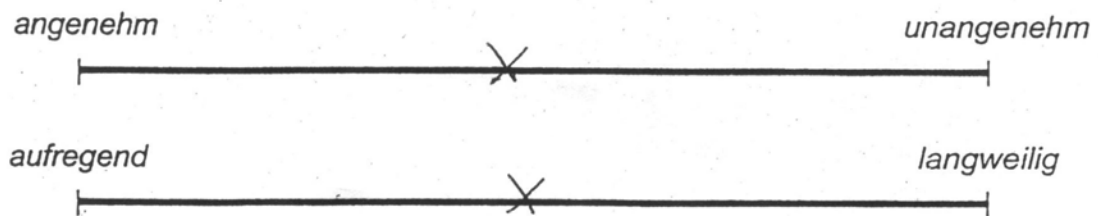
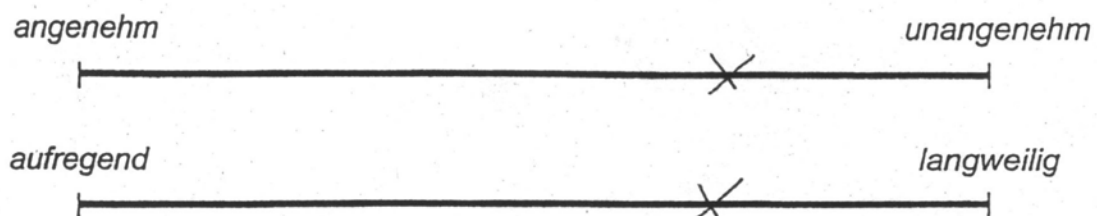


Bild 5



9 Literaturverzeichnis

1. **AFTANAS LI, VARLAMOV AA, PAVLOV SV, MAKHNEV VP, REVA NV** (2002) Time-dependent cortical asymmetries induced by emotional arousal: EEG analysis of event-related synchronization and desynchronization in individually defined frequency bands. *Int J Psychophysiol* 44:67-82.
2. **ALEXANDER GM, SHERWIN BB** (1993) Sex steroids, sexual behavior, and selection attention for erotic stimuli in women using oral contraceptives. *Psychoneuroendocrinology* 18:91-102.
3. **ALMEIDA OP** (1999) Sex playing with the mind. Effects of oestrogen and testosterone on mood and cognition. *Arq Neuropsiquiatr* 57:701-6. Review.
4. **ALTENMÜLLER E** (1996) Ereigniskorrelierte Potentiale. In: Stöhr, M./Dichgans, J./Buettner, U.W./Hess,C.W./Altenmüller, E.: *Evozierte Potentiale, SEP-VEP-AEP-EKP-MEP*. Springer, 3. Auflage, 557-587.
5. **ANDERER P, SEMLITSCH HV, SALETU B, SALETU-ZYHLARZ G, GRUBER D, METKA M, HUBER J, GRASER T, OETTEL M** (2003) Effects of hormone replacement therapy on perceptual and cognitive event-related potentials in menopausal insomnia. *Psychoneuroendocrinology* 28:419-45.
6. **ANDERER P, SALETU B, SALETU-ZYHLARZ G, GRUBER D, METKA M, HUBER J, PASCUAL-MARQUI RD** (2004) Brain regions activated during an auditory discrimination task in insomniac postmenopausal patients before and after hormone replacement therapy: low-resolution brain electromagnetic tomography applied to event-related potentials. *Neuropsychobiology* 49:134-53.

7. **BANCROFT J** (1984) Hormones and human sexual behavior. *J Sex Marital Ther* 10:3-21.
8. **BANCROFT J, SHERWIN BB, ALEXANDER GM, DAVIDSON DW, WALKER A** (1991) Oral contraceptives, androgens, and the sexuality of young women: I. A comparison of sexual experience, sexual attitudes, and gender role in oral contraceptive users and nonusers. *Arch Sex Behav* 20:105-20.
9. **BANCROFT J, SHERWIN BB, ALEXANDER GM, DAVIDSON DW, WALKER A** (1991) Oral contraceptives, androgens, and the sexuality of young women: II. The role of androgens. *Arch Sex Behav* 20:121-35.
10. **BARRETT G, NESHIGE R, SHIBASAKI H** (1987) Human auditory and somatosensory event-related potentials: effects of response condition and age. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 66:409-19.
11. **BEGLEITER H, GROSS MM, KISSIN B** (1967) Evoked cortical responses to affective visual stimuli. *Psychophysiology* 3:336-44.
12. **BIXO M, BACKSTROM T, WINBLAD B, ANDERSSON A** (1995) Estradiol and testosterone in specific regions of the human female brain in different endocrine states. *J Steroid Biochem Mol Biol* 55:297-303.
13. **BLAIR RC, KARNISKI W** (1993) An alternative method for significance testing of waveform difference potentials. *Psychophysiology* 30:518-24.
14. **BORN J, KERN W, FEHM-WOLFSDORF G, FEHM HL** (1987) Cortisol effects on attentional processes in man as indicated by event-related potentials. *Psychophysiology* 24:286-92.
15. **CANNON WB** (1927) The James-Lange theory of emotions: a critical examination and an alternative theory. *Am J Psychol* 100:567-86.

16. **CUTHBERT BN, SCHUPP HT, BRADLEY MM, BIRBAUMER N, LANG PJ** (2000) Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report. *Biol Psychol* 52:95-111.
17. **DAWSON GD** (1954) A summation technique for detection of small evoked potentials. *EEG-Clin.-Neurophysiol* 6:65-84.
18. **DONCHIN E, RITTER W, MCCALLUM P** (1978) Cognitive psychophysiology: the endogenous components of the ERP. Callaway, E., Tueting, P., Koslow, S.H.: *Event related brain potentials in man*. Academic press, New York, San Francisco, London, 349-411.
19. **DONCHIN E, COLES MGH** (1981) Surprise!...Surprise? *Psychophysiology* 18: 495-513.
20. **DUJARDIN K, DERAMBURE P, BOURRIEZ JL, JACQUESSON JM, GUIEU JD** (1993) P300 component of the event-related potentials (ERP) during an attention task: effects of age, stimulus modality and event probability. *Int J Psychophysiol* 14:255-67.
21. **DUNCAN-JOHNSON CC, DONCHIN E** (1977) On quantifying surprise: the variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology* 14:456-67.
22. **ERTEL S** (1965) Standardization of an impression differential. *Z Exp Angew Psychol* 12:22-58.
23. **FARRAG AK, KHEDR EM, ABDEL-ALEEM H, RAGEH TA** (2002) Effect of surgical menopause on cognitive functions. *Dement Geriatr Cogn Disord* 13:193-8.
24. **FEDERMEIER KD, KIRSON DA, MORENO EM, KUTAS M** (2001) Effects of transient, mild mood states on semantic memory organization and use: an event-related potential investigation in humans. *Neurosci Lett* 305:149-52.

25. **GAILLARD AW** (1988) Problems and paradigms in ERP research. *Biol Psychol* 26:91-109. Review.
26. **GOTT PS, BOYARSKY LL** (1972) The relation of cerebral dominance and handedness to visual evoked potentials. *J Neurobiol* 3:65-77.
27. **GREENWALD MK, COOK EW, LANG PJ** (1989) Affective judgement and psychophysiological response: dimensional covariation in the evaluation of pictorial stimuli. *J-Psychophysiol* 3:51-64.
28. **GUILLEM F, N'KAOUA B, ROUGIER A, CLAVERIE B** (1995) Intracranial topography of event-related potentials (N400/P600) elicited during a continuous recognition memory task. *Psychophysiology* 32:382-92.
29. **GUNTER TC, JACKSON JL, MULDER G** (1995) Language, memory, and aging: an electrophysiological exploration of the N400 during reading of memory-demanding sentences. *Psychophysiology* 32:215-29.
30. **HAMM AO, VAITL D** (1993) Emotionsinduktion durch visuelle Reize: Validierung einer Stimulationsmethode auf drei Reaktionsebenen. *Psychologische Rundschau* 44:143-161.
31. **HEINZ G** (1995) Aktuelle Vorstellungen über die Bedeutung der Ereigniskorrelierten Potentiale in der Psychiatrischen Diagnostik. In: Rösler M (ed) *Psychopathologie*. Psychologie Verlags Union, Weinheim: 261-274.
32. **HEINZE HJ, MUNTE TF, KUTAS M, BUTLER SR, NAATANEN R, NUWER MR, GOODIN DS** (1999) Cognitive event-related potentials. The International Federation of Clinical Neurophysiology. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl* 52:91-5.
33. **HILLYARD SA, HINK RF, SCHWENT VL, PICTON TW** (1973) Electrical signs of selective attention in the human brain, *Science* 182: 177-180.

34. **JASPER HH** (1958) The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 10:371-375.
35. **JENSOVSKY J, RUZICKA E, SPACKOVA N, HEJDUKOVA B** (2002) Changes of event related potential and cognitive processes in patients with subclinical hypothyroidism after thyroxine treatment. *Endocr Regul* 36:115-22.
36. **JOHNSON R JR** (1986) A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology* 23:367-84.
37. **JOHNSON R JR** (1990) Long-term recognition memory in temporal lobectomy patients: An event-related potential study. *Psychophysiology* 27:42.
38. **JOHNSON R JR** (1993) On the neural generators of the P300 component of the event-related potential. *Psychophysiology* 30:90-7.
39. **JOHNSTON VS, MILLER DR, BURLESON MH** (1986) Multiple P3s to emotional stimuli and their theoretical significance. *Psychophysiology* 23:684-94.
40. **JOHNSTON VS, WANG XT** (1991) The relationship between menstrual phase and the P3 component of ERPs. *Psychophysiology* 28:400-9.
41. **JUDD HL, YEN SS** (1973) Serum androstenedione and testosterone levels during the menstrual cycle. *J Clin Endocrinol Metab* 36:475-81.
42. **KAPLAN HS, OWETT T** (1993) The female androgen deficiency syndrome. *J Sex Marital Ther* 19:3-24.
43. **KARAMA S, LECOIRS AR, LEROUX JM, BOURGOUIN P, BEAUDOIN G, JOUBERT S, BEAUREGARD M** (2002) Areas of brain activation in males and females during viewing of erotic film excerpts. *Hum Brain Mapp* 16:1-13.

44. **KEIL A, MULLER MM, GRUBER T, WIENBRUCH C, STOLAROVA M, ELBERT T** (2001) Effects of emotional arousal in the cerebral hemispheres: a study of oscillatory brain activity and event-related potentials. *Clin Neurophysiol* 112:2057-68.
45. **KEMP AH, GRAY MA, EIDE P, SILBERSTEIN RB, NATHAN PJ** (2002) Steady-state visually evoked potential topography during processing of emotional valence in healthy subjects. *Neuroimage* 17:1684-92.
46. **KEMP AH, SILBERSTEIN RB, ARMSTRONG SM, NATHAN PJ** (2004) Gender differences in the cortical electrophysiological processing of visual emotional stimuli. *Neuroimage* 21:632-46.
47. **KLEIN S, SMOLKA MN, WRASE J, GRUSSER SM, MANN K, BRAUS DF, HEINZ A** (2003) The influence of gender and emotional valence of visual cues on fMRI activation in humans. *Pharmacopsychiatry* 36:191-4. Erratum in: (2004) *Pharmacopsychiatry* 37:138. Grusser SM [corrected to Grusser SM].
48. **KLUCK N, O'CONNOR S, HESSELBROCK V, TASMAN A, MAIER D, BAUER L** (1992) Variation in evoked potential measures over the menstrual cycle: a pilot study. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 16:901-11.
49. **KOK A** (1980) Changes in components of the event-related potential (ERP) during visual recognition: effects of stimulus degradation and stimulus familiarity. *Prog Brain Res* 54:640-6.
50. **KOUKOUNAS E, MCCABE M** (1997) Sexual and emotional variables influencing sexual response to erotica. *Behav Res Ther* 35:221-30.
51. **KOUKOUNAS E, MCCABE MP** (2001) Sexual and emotional variables influencing sexual response to erotica: a psychophysiological investigation. *Arch Sex Behav* 30:393-408.

52. **KUTAS M, IRAGUI V, HILLYARD SA** (1994) Effects of aging on event-related brain potentials (ERPs) in a visual detection task. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 92:126-39.
53. **KUTAS M** (1997) Views on how the electrical activity that the brain generates reflects the functions of different language structures. *Psychophysiology* 34:383-98. Review.
54. **LANG PJ, ÖHMANN A, VAITL D** (1988) The international affective picture system. Gainesville: Center for research in psychophysiology. University of Florida, USA, 1988.
55. **LANG PJ, GREENWALD MK, BRADLEY MM, HAMM AO** (1993) Looking at pictures: affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology* 30:261-73.
56. **LIFSHITZ K** (1966) The averaged evoked cortical response to complex visual stimuli. *Psychophysiology* 3:55-68.
57. **LOWITZSCH K, MAURER K, HOPF HC, TACKMANN W, CLAUS D** (1993) Evozierte Potentiale bei Erwachsenen und Kindern. 2. Auflage. Thieme Verlag.
58. **MANDAL MK, TANDON SC, ASTHANA HS** (1991) Right brain damage impairs recognition of negative emotions. *Cortex* 27:247-253.
59. **MECACCI L, SPINELLI D, VIGGIANO MP** (1990) The effects of visual field size on hemispheric asymmetry of pattern reversal visual evoked potentials. *Int J Neurosci* 51:141-51.
60. **MINI A, PALOMBA D, ANGRILLI A, BRAVI S** (1996) Emotional information processing and visual evoked brain potentials. *Percept Mot Skills* 83:143-52.

61. **MONK CS, NELSON CA** (2002) The effects of hydrocortisone on cognitive and neural function: a behavioral and event-related potential investigation. *Neuropsychopharmacology* 26:505-19.
62. **NÄÄTÄNEN R, GAILLARD AW, MANTYSALO S** (1978) Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychol (Amst)* 42:313-29.
63. **NÄÄTÄNEN R** (1986) A classification of N2 kinds of ERP-components. In: McCallum WC, Zappoli R, Denoth F (eds) *Cerebral Psychophysiology: Studies in event-related potentials*. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Supplement* 38: 169-172
64. **NAUMANN E, BECKER G, MAIER S, DIEDRICH O, BARTUSSEK D** (1997) Event related potentials and emotional pictures:effect of stimulus presentation time. *Z Exp Psychol* 44:163-85.
65. **NETO MRL, MAURER K, NEUHAUSER B** (1989) Normative Aspekte der somatosensorisch evozierten P300-Komponente. *Z EEG-EMG* 20:92-98.
66. **OLBRICH HM** (1989) Ereigniskorrelierte Potenziale (EKP). In: *Evozierte Potenziale*, Hrsg.: Stöhr,M., Dichgans,J., Diener,H.C., Buettner,U.W. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, pp 513-587.
67. **OLDFIELD RC** (1971) The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 9:97-113.
68. **OLIVER-RODRIGUEZ JC, GUAN Z, JOHNSTON VS** (1999) Gender differences in late positive components evoked by human faces. *Psychophysiology* 36:176-85.

69. **OSTERHOUT L, HOLCOMB PJ, SWINNEY DA** (1994) Brain potentials elicited by garden-path sentences: evidence of the application of verb information during parsing. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 20:786-803.
70. **OZATA M, ODABASI Z, CAGLAYAN S, BEYHAN Z, VURAL O, OZDEMIR C** (1999) Event-related brain potentials in male hypogonadism. *J Endocrinol Invest* 22:508-13.
71. **PALOMBA D, ANGRILLI A, MINI A** (1997) Visual evoked potentials, heart rate responses and memory to emotional pictorial stimuli. *Int J Psychophysiol* 27:55-67.
72. **PERSKY H, LIEF HI, STRAUSS D, MILLER WR, O'BRIEN CP** (1978) Plasma testosterone level and sexual behavior of couples. *Arch Sex Behav* 7:157-73.
73. **PERSKY H, DREISBACH L, MILLER WR, O'BRIEN CP, KHAN MA, LIEF HI, CHARNEY N, STRAUSS D** (1982) The relation of plasma androgen levels to sexual behaviors and attitudes of women. *Psychosom Med* 44:305-19.
74. **PFEFFERBAUM A, FORD JM, WELLER BJ, KOPELL BS** (1985) ERPs to response production and inhibition. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 60:423-34.
75. **PICTON TW, BENTIN S, BERG P, DONCHIN E, HILLYARD SA, JOHNSON R Jr, MILLER GA, RITTER W, RUCHKIN DS, RUGG MD, TAYLOR MJ** (2000) Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: recording standards and publication criteria. *Psychophysiology* 37: 127-52.
76. **POLICH J** (1986) Attention, probability, and task demands as determinants of P300 latency from auditory stimuli. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 63:251-9.

77. **POLICH J, BURNS T** (1987) P300 from identical twins. *Neuropsychologia* 25:299-304.
78. **RADILOVA J, FIGAR S, RADIL T** (1983) Sexual Arousal and visual perception. *Activitas Nervosa Superior* 25:168-170.
79. **RADILOVA J, FIGAR S, RADIL T** (1984) Emotional states influence the visual evoked potentials. *Activitas Nervosa Superior* 26:159-160.
80. **REBAI M, LANNOU J, BERNARD C, BONNET C, ROCHETTI G** (1997) Hemispheric asymmetries of visual evoked potentials in relation to spatial frequency, handedness and familial left-handedness. *Int J Psychophysiol* 25:85-95.
81. **ROGERS TD, DEARY I** (1991) The P300 component of the auditory event-related potential in monozygotic and dizygotic twins. *Acta Psychiatr Scand* 83:412-6.
82. **RUCHKIN DS, JOHNSON R JR, GRAFMAN J, CANOUNE H, RITTER W** (1992) Distinctions and similarities among working memory processes: an event-related potential study. *Brain Res Cogn Brain Res* 1:53-66.
83. **SCHANDRY R** (1989) *Lehrbuch der Psychophysiologie: Körperliche Indikatoren psychischen Geschehens*. 2. Auflage, Psychologie Verlags Union.
84. **SCHUPP HT, LUTZENBERGER W, RAU H, BIRBAUMER N** (1994) Positive shifts of event-related potentials: a state of cortical disfacilitation as reflected by the startle reflex probe. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 90:135-44.
85. **SCHMIDT RF** (1995) *Neuro- und Sinnesphysiologie*. 2. Auflage, Springer-Verlag.

86. **SHERWIN BB, GELFAND MM, BRENDER W** (1985) Androgen enhances sexual motivation in females: a prospective, crossover study of sex steroid administration in the surgical menopause. *Psychosom Med* 47:339-51.
87. **SUTTON S, BRAREN M, ZUBIN J, JOHN ER** (1965) Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science* 150:1187-8.
88. **SUTTON S, TUETING P, ZUBIN J, JOHN ER** (1967) Information delivery and the sensory evoked potential. *Science* 155:1436-9.
89. **UDRY JR, BILLY JO, MORRIS NM, GROFF TR, RAJ MH** (1985) Serum androgenic hormones motivate sexual behavior in adolescent boys. *Fertil Steril* 43:90-4.
90. **UDRY JR, TALBERT LM, MORRIS NM** (1986) Biosocial foundations for adolescent female sexuality. *Demography* 23:217-30.
91. **WAXENBERG SE, DRELLICH MG, SUTHERLAND AM** (1959) The role of hormones in human behavior. I. Changes in female sexuality after adrenalectomy. *J Clin Endocrinol Metab* 19:193-202.
92. **WOLF OT, NAUMANN E, HELLHAMMER DH, KIRSCHBAUM C** (1998) Effects of dehydroepiandrosterone replacement in elderly men on event-related potentials, memory, and well-being. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 53:385-90.
93. **WOOD CC, ALLISON T, GOFF WR, WILLIAMSON PD, SPENCER DD** (1980) On the neural origin of P300 in man. *Prog Brain Res* 54:51-56.
94. **WRASE J, KLEIN S, GRUESSER SM, HERMANN D, FLOR H, MANN K, BRAUS DF, HEINZ A** (2003) Gender differences in the processing of standardized emotional visual stimuli in humans: a functional magnetic resonance imaging study. *Neurosci Lett* 348:41-5.

-
95. **YAMAGUCHI S, KNIGHT RT** (1991) Age effects on the P300 to novel somatosensory stimuli. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 78:297-301.
 96. **YINGLING CD, HOSOBUCHI Y** (1984) A subcortical correlate of P300 in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 59:72-6.

10 Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Julia Carolin Pradarutti, geb. Bastong
Adresse	Hirschbergerstr. 1, 66424 Homburg
Familienstand	verheiratet, 3 Kinder
Geburtsdaten	04. November 1976 in Radolfzell am Bodensee

Schulische Ausbildung

08/1983 – 07/1987	Grundschule Mahlspüren/Zizenhausen
08/1987 – 07/1996	Nellenburg-Gymnasium Stockach

Studium

10/1996	Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Universität des Saarlandes
03/2000	1. Staatsexamen mit der Examensnote „befriedigend“
09/2002	2. Staatsexamen mit der Examensnote „befriedigend“
04-08/2003	Elternzeit
05/2004	3. Staatsexamen mit der Examensnote „gut“
05/2004	Abschluss des Studiums mit der Examensnote „gut“
05/2004-04/2005	Elternzeit

Beruf

04/2005-03/2006	Assistenzärztin an der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie in St. Wendel
seit 03/2006	Elternzeit