

Universitätskliniken des Saarlandes, Homburg/SAAR

Radiologische Klinik

Abteilung für Neuroradiologie

-Direktor: Univ.-Prof. Dr. W. Reith

Funktionelle Analyse geschlechtsspezifischer Verarbeitung erotischer Stimuli.

**Funktionelle Magnetresonanztomographie und ereigniskorrelierte Potentiale im
Vergleich.**

Dissertation zu Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät

der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2009

vorgelegt von

Vanessa Portugall

geb. am 06.11.1978 in Ottweiler

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	- 3 -
1.1	Deutsch	- 3 -
1.2	Englisch.....	- 4 -
2	Einleitung.....	- 5 -
2.1	Vorausgegangene Studien.....	- 6 -
2.2	Der Begriff der Emotion.....	- 7 -
2.3	Der Nucleus accumbens und das menschliche Belohnungssystem.....	- 9 -
2.4	Ziel der Arbeit	- 14 -
3	Material und Methode.....	- 15 -
3.1	Probanden.....	- 15 -
3.1.1	Auswahlkriterien.....	- 15 -
3.1.2	Psychometrische Tests	- 16 -
3.2	Stimulationsmaterial	- 17 -
3.3	Methoden	- 19 -
3.3.1	Die funktionelle Magnetresonanztomographie	- 19 -
3.3.2	Versuchsaufbau fMRT	- 22 -
3.3.3	Funktionsprinzip EKP.....	- 23 -
3.3.4	Versuchsaufbau EKP	- 25 -
3.4	Datenaufbereitung und statistische Verfahren	- 28 -
4	Ergebnisse	- 32 -
4.1	Erotik > Sport	- 33 -
4.2	Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht	- 36 -
4.3	Eigengeschlecht > Fremdgeschlecht	- 39 -
4.4	Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, geschlechtsabhängig	- 40 -
4.4.1	Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, Männer > Frauen, n=14/14 ..	- 40 -
4.4.2	Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, Frauen > Männer, n=14/14 ..	- 43 -
4.5	Korrelation mit EKP – Integralen	- 45 -
5	Diskussion	- 49 -
5.1	Erotik > Sport	- 49 -
5.2	Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht	- 53 -
5.3	Eigengeschlecht > Fremdgeschlecht	- 55 -
5.4	Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, geschlechtsabhängig	- 57 -
5.5	Korrelation mit EKP-Integralen	- 60 -
5.6	Schlussfolgerung.....	- 63 -
5.7	Limitationen und Ausblicke.....	- 64 -
6	Literatur	- 66 -
7	Dank.....	- 78 -
8	Lebenslauf.....	- 79 -
9	Anhang.....	- 80 -

1 Zusammenfassung

1.1 Deutsch

Die vorliegende Dissertation hat zum Ziel, Regionen des Gehirns zu kartieren, in denen erotische oder ähnliche Reize verarbeitet werden.

Es konnte gezeigt werden, dass es abhängig vom Geschlecht des Betrachters unterschiedliche Wege dieser Verarbeitung gibt.

Wir bedienten uns zweier Untersuchungsmethoden, zum einen der fMRT und zum anderen EKPs. Die fMRT bietet eine sehr gute räumliche Auflösung, wohingegen EKPs eine sehr gute zeitliche Auflösung besitzen. Beide Untersuchungen wurden an den gleichen Probanden getrennt voneinander durchgeführt und im Nachhinein miteinander korreliert. So konnten Übereinstimmungen beider Methoden aufzeigt werden. Es wurden insgesamt 28 gesunde heterosexuelle Probanden untersucht. Als Stimulationsmaterial dienten 12 Bilder aus dem IAPS, von denen sechs erotische Abbildungen von Männern und Frauen zeigten.

Es konnte aufgezeigt werden, dass viele Teile des menschlichen Belohnungssystems an der Verarbeitung erotischer Stimuli beteiligt sind, was vor allem visuelle, limbische und präfrontale Regionen betrifft.

Im Vergleich zu Sportbildern rufen erotische Stimuli eine deutliche Mehraktivierung des präfrontalen Kortex und des ventralen Striatums hervor. Auch bei gegengeschlechtlichen Stimuli im Vergleich zu eigengeschlechtlichen Stimuli zeigt sich eine verstärkte Aktivierung des präfrontalen Kortex und des ventralen Striatums. Es konnte gezeigt werden, dass erotisches Bildmaterial auch eine Aktivierung des Nucleus accumbens hervorruft. Diese Aktivierung liegt bei Männern und Frauen vor und unterliegt somit keiner Geschlechtsabhängigkeit.

Weiterhin zeigt sich, dass Männer im Gegensatz zu Frauen beim Betrachten gegengeschlechtlicher erotischer Stimuli den ventralen visuellen Pathway und den orbitofrontalen Kortex mit anteriorem Cingulum aktivieren.

Auch die Korrelation der fMRT-Datensätze mit den EKP-Integralen zeigte eine Übereinstimmung mit den zuvor gefundenen Ergebnissen mit einer geschlechtsspezifischen Aktivierung des orbitofrontalen Kortex mit anteriorem Cingulum.

1.2 *Englisch*

This thesis aims to map regions of the brain which process erotic or similar stimuli. It could be demonstrated that depending on the sex of the test subject there are different pathways for the processing of these stimuli. We have employed two different modes of diagnosis, the fMRI (functional magnetic resonance imaging) and the ERP (event related potentials). The fMRI provides a very good spatial resolution, while ERP have a very good temporal resolution. Both studies were performed separately using the same subjects and were afterwards correlated. This allowed to highlight similarities between both methods. In total, 28 healthy heterosexual subjects were investigated. The data for the stimuli consisted of 12 images from the IAPS, of which six showed erotic pictures of man or women. It could be demonstrated that many parts of the human reward system are involved in the processing of erotic stimuli, in particular visual, limbic and prefrontal regions. In comparison to images depicting sports activities, erotic stimuli cause a substantial increase in activation of the prefrontal Cortex and the ventral striatum. In addition, a stronger activation of the prefrontal cortex and of the ventral striatum was observed with stimuli of the opposite sex than with stimuli depicting same sex images. It could be demonstrated that erotic images can also lead to an activation of the nucleus accumbens. This activation was present in male and female subjects and is thus independent of sex.

Also, it could be demonstrated that male subjects, but not female subjects, activate the ventral visual pathway and the orbitofrontal cortex with anterior cingulum, when shown erotic stimuli involving the opposite sex.

The correlation of the fMRI data with the ERP-integrals was in agreement with the previously observed results with a sex specific activation of the orbitofrontal cortex with anterior cingulum.

2 Einleitung

Moderne bildgebende Techniken wie die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) bieten neue Einblicke in die Funktionsweise von Gehirnstrukturen, die relevant für die Verarbeitung von Emotionen sind, und können daher helfen, gegenwärtige Modelle der affektiven Verarbeitung zu verbessern.

Ältere Methoden wie das EEG (Elektroencephalographie) versuchten schon früh, verschiedene Hirnfunktionen zu untersuchen, um neurologische oder psychiatrische Erkrankungen erforschen zu können, allerdings mit mäßigem Erfolg, da die resultierenden Kurven als reine Summenpotentiale elektrischer neuronaler Aktivität lediglich eine grobe Zuordnung zu Oberflächenpotentialen erlaubt, aber keine Information über tiefer gelegene Hirnzentren ermöglicht. Die zeitliche Auflösung des EEG liegt im Bereich von Millisekunden. Damit ist der Untersucher quasi „live“ und in Realzeit bei den Verarbeitungsprozessen dabei. Im Gegensatz zu der hohen zeitlichen Auflösung des EEG besitzt die fMRT eine sehr hohe räumliche Auflösung bis in den Bereich von Millimetern.

In diesem Zusammenhang ist es interessant, zu untersuchen, ob es möglich ist, eine Korrelation solcher separat aufgezeichneten EEG-Kurven mit fMRT-Datensätzen herzustellen.

Wir benutzen einfach aufgebaute und leicht aufzunehmende Bilder, um zu sehen, was auf Leute in ihrem täglichen Leben eindringen kann. Szenen ähnlich unserer Stimulationsbilder sind über Printmedien, Fernsehen oder Werbung jederzeit leicht zugänglich bzw. im Alltagsleben integriert. Denn Menschen sind vor allem passiv mit emotional gefärbten Stimuli konfrontiert, mit denen sie bzw. ihr Gehirn dann umgehen muss.

Als positiv und emotional gefärbte Bilder wählten wir erotische Bilder von Männern und Frauen und beobachteten wo bzw. in welchen Strukturen im Gehirn gesunde, heterosexuelle Menschen unbewusst auf mögliche Sexualpartner reagieren.

Viele Studien untersuchen Unterschiede bei Männern und Frauen in der Wahrnehmung positiver, negativer oder neutraler Stimuli (Bradley et al., 2001, Meseguer et al., 2007). Oftmals werden auch gleichzeitig vegetative Reaktionen wie Herzschlag, Puls, genitale Reaktionen, Augenbewegungen usw. untersucht (Ferretti et al., 2005, Arnou et al., 2002, Lykins et al., 2008).

Es zeigte sich z.B., dass Männer Frauen signifikant länger ansehen als umgekehrt (Lykins et al., 2008) und bei visuellen erotischen Stimuli eine intensivere körperliche Aktivierung zeigen (Karama et al., 2002). Aber unterscheiden sich Männer und Frauen auch in den Hirnregionen der Wahrnehmung solcher Stimuli? Welche Gehirnregionen sind spezifisch für das männliche Geschlecht, welche für das weibliche?

Was haben Drogen, Geld und erotische Bilder gemeinsam? Auf den ersten Blick nicht sehr viel, aber sie aktivieren alle mehr oder minder den Nucleus accumbens (NAcc) und damit das menschliche Belohnungssystem (Kampe et al., 2001).

Oftmals wird der NAcc in Verbindung mit emotionalen Prozessen gebracht. Er gehört zu den sog. „Pleasure-Centers“ des Körpers und ist unter anderem zuständig für die Vermittlung von Freude und Annehmlichkeit. Daher soll hier untersucht werden, ob seine Aktivierung in unserer Studie ebenfalls vorliegt und ob seine Rolle einer Geschlechtsabhängigkeit unterliegt.

Wir suchen Gehirnareale, die bei der Wahrnehmung von erotischen Stimuli beteiligt sind. Dabei interessiert uns besonders, ob und wo geschlechtsabhängige Aktivierungen vorliegen.

2.1 Vorausgegangene Studien

Zahlreiche Studien arbeiten mit emotionalem Bildmaterial, oftmals aus dem IAPS (International Affective Picture System, siehe Kapitel 3.2). Sehr oft werden positive Bilder im Vergleich zu negativen oder neutralen gewählt (Dolcos&Cabeza, 2002, Dolcos et al., 2004, Bradley et al., 2001). Aber auch viele Studien arbeiten mit positiven Bildern mit erotischem Kontext (Hamann et al., 2004, Walter et al., 2008, Denter 2009 uvm.).

Bei der Interpretation der gewonnenen Daten ist es oftmals schwierig zu entscheiden, ob das beobachtete Aktivierungsmuster vom Kontext abhängt oder ein Resultat der Eigenschaften des Bildmaterials ist. Diese Einschränkung muss man berücksichtigen. Nichtsdestotrotz zeigen zahlreiche Studien, die sich mit der Verarbeitung von emotionalen Bildern beschäftigen, identische oder ähnliche Ergebnisse.

Die Stimulation mit positivem, emotionalem Bildmaterial, hauptsächlich mit erotischen Stimuli, zeigt eine erhöhte kortikale Aktivierung im Bereich der occipital-parietal-

temporal Region (Bradley et al., 2003, Karama et al., 2002, Arnow et al., 2002), der Insel-Region (Karama et al., 2002, Arnow et al., 2002, Redouté et al., 2000, Park et al., 2001), im Bereich des Cingulums (Rauch et al., 1999) und im präfrontalen Kortex (Park et al., 2001, Karama et al., 2002, Redouté et al., 2000).

Subkortikal wurde eine erhöhte Aktivierung in den Basalganglien, im Thalamus, den Amygdalae (Beauregard et al., 2001, Schneider et al., 1997, Stark et al., 2004), dem Hypothalamus und dem Hirnstamm registriert.

In diesem Zusammenhang untersuchen viele Studien häufig getrennt die Aktivierungsmuster bei männlichen (Safron et al., 2007, Arnow et al., 2002, Paul et al., 2008) und weiblichen (Maravilla et al., 2000, Park et al., 2001, Hamilton et al., 2008) Testpersonen. Aber auch mehrere Studien beschäftigen sich mit dem Geschlechtervergleich bezüglich sexueller Erregung. Dabei wird oft die Intensität der Aktivierung, die zeitliche Abfolge oder die Ausprägung körperlicher Reaktionen untersucht (Leon-Carrion et al., 2007, Holstege et al., 2003). Unsere Untersuchungen dagegen beziehen sich rein auf unterschiedliche Hirn-Areale der erotischen Wahrnehmung. Auf zusätzliche Messung der Augenbewegungen, genitaler Reaktionen oder Herzfrequenz wurde bewusst verzichtet.

2.2 Der Begriff der Emotion

An dieser Stelle soll ein kurzer Überblick über den komplexen Begriff der Emotion gegeben werden. Eine knappe Definition hierfür lautet: „Eine Emotion ist ein psychophysiologischer Prozess, der durch die bewusste und/oder unbewusste Wahrnehmung und Interpretation eines Objekts oder einer Situation ausgelöst wird und mit physiologischen Veränderungen, spezifischen Kognitionen, subjektivem Gefühlserleben und einer Veränderung der Verhaltensbereitschaft einhergeht“ (aus: www.wikipedia.org/wiki/emotion).

Schon diese Definition macht klar, dass eine Emotion auf verschiedenen Funktionsebenen abläuft. Davon abzugrenzen sind Gefühle wie z.B. Liebe, Trauer, Lust, Ärger etc., die das subjektive Erleben der Emotion darstellen.

Theorien über „Hauptgruppen“ oder „Grundgefühle“ gibt es viele (Goleman, 1997, Izard, 1994, Ekman, 1980, Plutchnik, 1980). Über ihre Anzahl herrscht Uneinigkeit. So existieren nach Izard (1994) weltweit und kulturübergreifend zehn unterschiedliche Grundgefühle, nämlich Schuldgefühl, Verachtung, Freude,

Interesse, Leid, Zorn, Überraschung, Furcht, Scham und Widerwillen. Goleman (1997) unterscheidet vier Basisemotionen: Wut, Angst, Trauer und Freude.

Das Erleben von Emotionen spielt sich in zwei Dimensionen ab, einer Qualität und einer Intensität. So wird ein Gefühl z.B. als angenehm versus unangenehm (Valenz oder Qualität eines Gefühls) und/oder als erregend versus deaktivierend (Arousal oder Stärke/Intensität eines Gefühls) erlebt (Ertel, 1965, Lang et al., 1993). Durch diese Einteilung ist ein Proband auch in der Lage, den Gehalt emotionaler Bilder bei Befragung in diesen Dimensionen anzugeben (vgl. Visuelle Analogskala in 3.3.4).

Die Forschungen bezüglich emotionalem, affektivem und motivalem Verhalten haben in den letzten Jahren stark zugenommen und gewinnen zunehmend für die Erforschung von psychiatrischen Erkrankungen wie z.B. der Schizophrenie an Bedeutung.

Gefühle und vegetative Erregung treten gleichzeitig auf. Reize werden unbewusst bewertet. Dies zeigen auch mehrere Studien, die mit emotionalen Bildern und der gleichzeitigen Messung der Herzfrequenz, des facialis EMG oder genitaler Reaktionen usw. arbeiten (Holstege et al., 2003, Ferretti et al., 2005, Chivers, 2005, Lykins et al., 2008).

Wozu benötigt man Emotionen? Welche exakten Funktionen sie einnehmen, kann bis heute nicht sicher gesagt werden. Schneider (1990) unterscheidet zwischen schlechten, was Vermeidung bedeutet, und guten Emotionen, was Annäherung bedeutet. Hierzu zählt auch das Annähern an einen möglichen Geschlechtspartner, Sexualpartner und dem eventuellen „Paaren“, was Freude, Glück, Erregung hervorruft.

Weiterhin regulieren Emotionen die Ausdauer und Intensität verschiedener Verhaltensweisen und bewirken ihr Abspeichern bzw. ihr Erlernen. Somit lernt der Mensch situationsgerecht zu handeln.

Wo entstehen Emotionen? Welche Strukturen sind daran beteiligt? Schon 1937 entdeckte Papez die besondere Bedeutung des limbischen Systems für die Entstehung von Emotionen. Das limbische System ist eine funktionelle Einheit. Es umfasst u.a. den Hippocampus, den Gyrus parahippocampalis, den Gyrus cinguli, die Amygdala, die Corpora mamillaria, Teile des Thalamus, des Mittelhirns und verschiedene andere Faserverbindungen (LeDoux, 2001, Trepel, Neuroanatomie, Zilles&Rehkämper, Lehrbuch). Die limbischen Strukturen sind afferent und efferent mit bestimmten subkortikalen Strukturen verbunden, die deshalb ebenfalls zum

limbischen System gerechnet werden: das Septum precommissurale, der Nucleus accumbens, die Area preoptica, weitere Hypothalamuskern und der Nucleus anterior des Thalamus (Kretschmann, 1996).

In einer Übersicht über 55 PET- und fMRT-Studien (Phan et al., 2002), die Emotion und deren Entstehung bei gesunden Versuchspersonen untersucht haben, fanden sich tatsächlich bei allen gestellten Aufgaben emotionsbezogene Zunahmen des zerebralen Blutflusses und eine Aktivierung in kortikalen, limbischen und paralimbischen Regionen.

Insgesamt ist eine klare Zuordnung von einzelnen Emotionen zu ganz speziellen Gehirnstrukturen nicht möglich. Vielmehr ist ein Zusammenspiel mehrerer Strukturen notwendig für das Erzeugen, Erleben und Aufrechterhalten von Emotionen, für angepasste Reaktionen und somit letztendlich das Überleben des Organismus.

2.3 Der Nucleus accumbens und das menschliche Belohnungssystem

Der Nucleus accumbens (NAcc) stellt eine Kernstruktur im basalen Vorderhirn dar (vgl. Abb. 1) und wird zu den sogenannten „Pleasure centers“ (Genuss-/Annehmlichkeitszentren) gezählt (Wise, 1980). Er spielt eine wichtige Rolle in emotionalen Prozessen und ist an vielen neurologisch-psychiatrischen Erkrankungen wie z.B. Schizophrenie, Depression oder Sucht beteiligt (Boileau et al, 2003, Cami et al, 2003, Carelli, 2002, Heimer, 2000, Heimer, 2003, uvm).

Der Nacc befindet sich medial des Claustrums und lateral des medialen Septums und diagonalen Bandes von Broca. Dorsolateral erstreckt er sich ohne scharfe Abgrenzung ins Putamen und dorsomedial bis in den Nucleus caudatus (Mai et al, 2004, Sturm et al, 2003). Wegen seiner anatomischen Lage und seiner Verschaltungen wird er zum ventralen Striatum und somit zu den Basalganglien gezählt (Gerfen et al, 1996). Statistische Analysen zeigen, dass es keine signifikanten Unterschiede in der Gestalt des NAcc bei Männern und Frauen gibt (Koikkalainen et al., 2007).

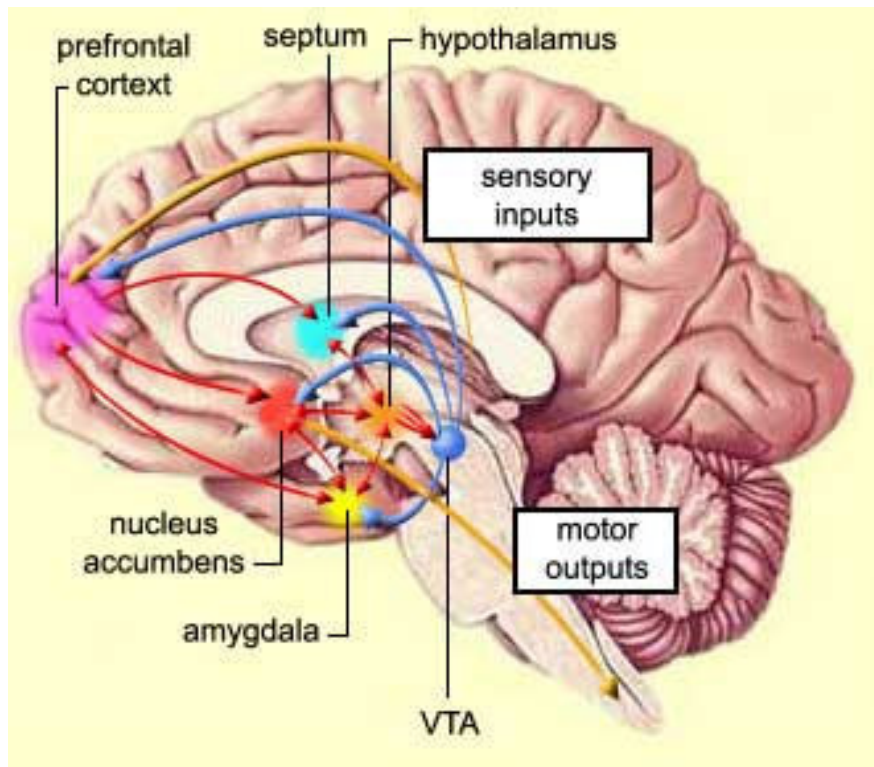


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Nucleus accumbens und seiner Verschaltungen
(Quelle: www.allgroundup.com/vn/health/popup/nucleus.html)

Es lassen sich zwei morphologisch unterschiedliche Neuronenpopulationen innerhalb des NAcc unterscheiden. Zum größten Teil sind dies Projektionsneuronen zum andern Teil Interneurone.

Histochemisch wird der NAcc in zwei Subregionen unterteilt (Zahm und Brog, 1992), die „Core“ (Kern) und die „Shell“ (Schale) Region. Die „Core“ Region wird in Verbindung gebracht mit dem extrapyramidal motorischen System (Basalganglienkerne einschließlich ventrales Pallidum, Globus pallidus und Substantia nigra), wohingegen die „Shell“ Region mit dem limbischen System (Hypothalamus, ventrale tegmentale Area und Teile des Pallidums) assoziiert wird (Di Chiara, 2002, Bassareo et al., 2002).

Die stereotaktischen Koordinaten werden in der Literatur unterschiedlich angegeben. Meseguer et al. (2007) geben als Koordinaten $x=-5$, $y=16$, $z=1$ an. Cloutier et al., 2008 fanden ihn bei $x=-9$, $y=8$, $z=-8$ links und $x=9$, $Y=14$, $z=-6$ rechts. Knutson et al. (2008) geben zum einen $x=-12$, $y=11$, $z=-4$ und $x=7$, $y=8$, $z=-6$ an. Eine neue Studie, die sich mit der Lokalisation des NAcc beschäftigt (Neto et al., 2008) sieht seine stereotaktischen Koordinaten in voller Ausdehnung zwischen $x=3,7$ bis $15,1$, $y=0$ bis 11 und $z=2,2$ bis $-10,2$. Auf exakte stereotaktische Werte konnte sich bislang noch nicht geeinigt werden. (siehe auch Abb. 2)

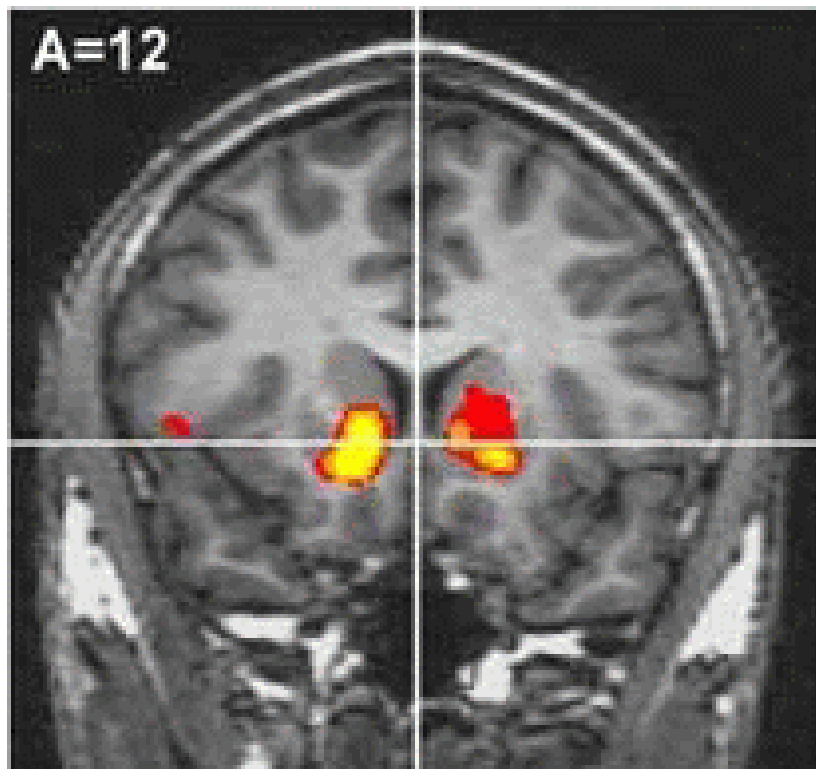


Abbildung 2: fMRI Aufnahme des Nucleus accumbens in aktiviertem Zustand
 (Quelle: www.glueck-und-wohlbefinden.de/tunnell.htm)

Der NAcc wird von einer Reihe Transmittern beeinflusst, worauf aber hier nicht näher eingegangen werden soll. Wichtige Innervierungen, sind u.a. dopaminerge, GABAerge, serotonerge und glutamaterge Einflüsse.

Der dopaminerge Einfluss (Sitz von D2 Rezeptoren im NAcc) scheint bei Belohnungs- und Motivationseffekten von natürlichen Verstärkern und Suchtmitteln eine große Rolle zu spielen (Robbins und Everitt, 1999). Das „High“-Gefühl beim Konsum von Drogen, das verstärkte Empfinden von Glück, Freude, Zufriedenheit und Zuversicht, wird auf eine verstärkte Dopaminausschüttung zurückgeführt.

Afferenzen erhält der NAcc von der basolateralen Amygdala, dem präfrontalen Kortex, vom ventralen Pallidum und den thalamischen Nuclei (Groenewegen et al., 1996, Ferré, 1997, Gerfen und Wilson, 1996). Efferenzen projizieren zum ventralen Pallidum, der primären Ausgangsstruktur des Motivationsschaltkreises (Kalivas&Nakamura, 1999).

Er kann daher als Schnittstelle zwischen limbischen Strukturen, die eine belohnungsbezogene Analyse von sensorischen Signalen vornehmen, und dem motorischen System angesehen werden (Groenewegen et al., 1996). Er vermittelt den motivationalen Einfluss von emotional bedeutenden Reizen auf das Verhalten

(Everitt und Wolf, 2002, Cardinal et al., 2002) und spielt eine zentrale Rolle im menschlichen Belohnungssystem (Spanagel & Weiss, 1999).

Die ursprüngliche Annahme von Wise (1980) der den NAcc als kritischen Knotenpunkt bezeichnete, durch den „durch das dopaminerge Signal aus wertfreier sensorischer Information hedonische Information“ gemacht würde, gilt mittlerweile als zu stark (Salamone & Correa, 2002).

Festzuhalten ist jedoch, dass der NAcc wie alle Hirnregionen nicht allein bzw. isoliert arbeitet, sondern in Verbindung mit anderen Zentren steht, die mit Wohlgefallen (Pleasure), Freude, Euphorie, Befriedigung usw. zu tun haben.

Das Belohnungssystem

In der Literatur werden für dieses neuronale Netzwerk aufgrund struktureller und funktioneller Merkmale verschiedene Bezeichnungen verwendet: Motivationsschaltkreis (motive circuit) (Kalivas&Nakamura, 1999), limbisches System (Zilles und Rehkämper, 1998), limbisch-cortikostriatal Funktionsschleife (limbic corticostriatal loop) (Cardinal et al., 2002), limbisch striatal pallidaler Schaltkreis (limbic striatal pallidal circuitry) (Robins&Everitt, 1996) oder Belohnungssystem (reward system) (Rolls, 1999)

Im Folgenden wird der Begriff „Belohnungssystem“ verwendet.

Was ist „Belohnung“? Allgemeiner ausgedrückt kann man darunter eine positive Verstärkung verstehen. Dies stellt Motivationen und Handlungsanreize dar, was unser tägliches Leben stark beeinflusst.

Eine wichtige Voraussetzung für effektives, zielgerichtetes Verhalten und damit eine Entscheidungsfindung sind angemessene Reaktionen auf lohnende Anreize.

Somit kann „unter Belohnung ganz allgemein all das zusammengefasst werden, was Verhalten verstärkt, das heißt, dessen Häufigkeit und Intensität erhöht“ (Abler et al., 2005, S.1).

Beteiligte Strukturen sind der orbitofrontale (präfrontale) Kortex, die Amygdala, der mediodorsale Thalamus, das ventrale Pallidum und das ventrale Striatum (NAcc) (Abler et al., 2005, Kalivas&Nakamura, 1999). Die wichtigsten Transmitter dieses Netzwerks sind GABA, Glutamat und Dopamin, aber auch andere Transmitter wie Serotonin und Acetylcholin kommen darin vor (Kalivas&Nakamura, 1999). Vor allem

Störungen im Dopaminsystem spielen bei vielen neurologisch-psychiatrischen Erkrankungen eine große Rolle.

Tierexperimentelle Forschungen haben schon früh dazu beigetragen, die neuronalen Grundlagen des Belohnungssystems aufzuzeigen (Olds&Millner, 1958, Schultz, 1986, Romo et al., 1990). Zum Beispiel konnte bei Affen mit Hilfe von Einzel-Zell-Ableitungen gezeigt werden, dass dopaminerge Neurone im Mesencephalon nach dem Erhalt einer Belohnung sowie auch nach visuellen und auditorischen Stimuli verstärkt feuerten, wenn diese auf eine zukünftige Belohnung hindeuteten (Ljungberg et al., 1992).

Die neuronalen Grundlagen des Belohnungssystems konnten mittlerweile auch beim Menschen mittels fMRT untersucht werden. Bei Tieren wurden eher primäre Verstärker untersucht (Nahrung, Wasser, sexuelle Stimuli), die mit Überleben und Arterhaltung zusammenhängen und die Verhalten verstärken ohne gelernt zu sein. Beim Menschen spielen auch sog. sekundäre Verstärker (wie z.B. Geld, Herausforderung, Macht, Sicherheit oder Schönheit), die erst durch Lernvorgänge Bedeutung erhalten, eine große Rolle.

Aber auch für Nahrungsmittel wie Schokomilch, Schokolade oder Fruchtsaft, die ja einen primären Verstärker darstellen, konnte parallel zum Tierexperiment gezeigt werden, dass die bekannten Regionen auch beim Menschen reagieren (Small et al., 2001, O'Doherty et al., 2002, Kringelbach et al., 2003).

Hierbei scheint besonders der präfrontale Kortex (PFC) für die Bewertung des Verstärkers wichtig zu sein. Der PFC scheint also die Valenz (Attraktivität) eines Stimulus festzulegen (Rolls, 2000, Hornak et al., 2004)

In weiteren Untersuchungen mit sekundären Verstärkern konnte gezeigt werden, dass auch sie Regionen des Belohnungssystems insbesondere das ventrale Striatum bzw. den NAcc und auch den PFC aktivieren. So reagieren diese Regionen auf Sportwagen, Geld oder auch Cartoons (Knutson et al., 2001, Elliott et al., 2003, Knutson et al., 2000, Erk et al., 2002, Mobbs et al., 2003).

Aharon et al. (2001) konnten zeigen, dass das menschliche Belohnungssystem auch bei sozialen Verstärkern (dort: attraktive Frauengesichter) aktiviert ist. Bei männlichen Probanden riefen attraktive Frauen eine Aktivität im ventralen Striatum hervor. Unattraktive taten dies hingegen nicht. Vergleichbare Effekte erzielten auch positive Worte (Hamann & Mao, 2002).

Abler et al. (2005, S. 5) schrieben dazu folgendes: „Diese sekundären Verstärker haben möglicherweise über die primäre Verstärkerfunktion der Arterhaltung, für die soziale Interaktionen unerlässlich sind, den Wert eines unconditionierten Verstärkers erhalten.“

Dieses System ist also wichtig für effektives Verhalten und somit der Fähigkeit einzuschätzen, was der Mühe wert ist.

2.4 Ziel der Arbeit

Die vorliegende Arbeit soll dabei helfen, Regionen des Gehirns der erotischen Wahrnehmung aufzuzeigen. Dabei interessiert uns besonders, ob es Hirnareale gibt, die vom Geschlecht des Betrachters abhängig sind und wenn ja, wo diese liegen.

Es soll gezeigt werden wie gesunde Probanden auf erotische Bilder des eigenen und des gegensätzlichen Geschlechts reagieren. Wo reagiert unser Gehirn beim Betrachten des uns verwandten Geschlechts und wo beim Betrachten des Fremdgeschlechts?

Zusätzlich wird versucht eine Korrelation zu den separat aufgezeichneten EKP – Kurven der Versuchspersonen herzustellen. Diese Korrelation bezieht sich auf die Mehraktivierung der männlichen Probanden beim Betrachten weiblicher erotischer Stimuli gegenüber männlicher erotischer Stimuli. Dadurch soll eine Kartierung der beteiligten Areale erreicht werden und eine Übereinstimmung der beiden etablierten Untersuchungsmethoden aufgezeigt werden.

3 Material und Methode

3.1 Probanden

3.1.1 Auswahlkriterien

Insgesamt nahmen 33 heterosexuelle Probanden an der Studie teil, 18 Männer und 15 Frauen. Von diesen Teilnehmern konnten jedoch nur 28 in die Auswertung einbezogen werden. Für den EKP-Teil wurden wegen Ausschluss der Linkshänder nur 26 Teilnehmer ausgewertet.

Eine Probandin schied aufgrund einer depressiven Erkrankung aus der Studie aus. Bei einem Probanden wurde anlässlich der Studie ein Hämangioblastom diagnostiziert. Zwei Probanden mussten die fMRT Messung aufgrund einer Platzangst – Attacke abbrechen. Die EKP – Untersuchung eines Teilnehmers konnte wegen zu vieler Lidschlagartefakte nicht verwertet werden. Alle diese Probanden wurden aus der Studie ausgeschlossen.

Übrig bleiben 14 Männer und 14 Frauen (für den EKP-Teil 12 Männer und 14 Frauen). Alle Teilnehmer waren zum Zeitpunkt der Messung zwischen 20 und 35 Jahre alt. Das Durchschnittsalter der Männer lag bei 26 Jahren ($SD \pm 3,59$), das Durchschnittsalter der Frauen bei 25,8 Jahren ($SD \pm 2,91$).

Es handelte sich größtenteils um Medizinstudenten – und Studentinnen der Universität des Saarlandes, sowie Studierende anderer Fächer, eine Stylistin, einen Industriekaufmann, einen Erzieher und einen Mediengestalter.

Eine Medikamenten- oder Drogenanamnese wurde mittels Fragebogen ausgeschlossen (siehe Anhang).

Für dieses Kollektiv gab es zum Zeitpunkt der Messung keine Hinweise auf neurologische oder psychiatrische Erkrankungen. Ebenso war keine der Teilnehmerinnen zu diesem Zeitpunkt schwanger.

Fehlsichtigkeiten wurden mit einer MR – tauglichen „Schwimmbrille“ von Optik Fichtenmayer, Homburg oder eigenen Kontaktlinsen ausgeglichen. Bei der EKP - Untersuchung wurden alle fehsichtigen Probanden mit der eigenen Brille untersucht. Alle Teilnehmer wurden ausführlich über Inhalt und Zweck der Untersuchungen informiert und gaben ihr schriftliches Einverständnis zur wissenschaftlichen Nutzung der Daten.

Die Teilnahme an der Studie erfolgte freiwillig und unentgeltlich.

3.1.2 Psychometrische Tests

Vor den Messungen wurden den Probanden mehrere psychometrische Tests vorgelegt.

Im Wortschatztest (Schmidt & Metzler, 1992) musste aus Reihen mit jeweils sechs Wortbildungen das reale Wort herausgestrichen werden. Dieser Test misst die verbale Intelligenz.

Die beiden Zahlenverbindungstests („Trail making test“, Reitan, 1992), bei denen unregelmäßig verteilte Zahlen und Buchstaben mit einer fortlaufenden Linie maximal schnell in aufsteigender Reihenfolge verbunden werden mussten, messen die kognitive Leistungs- und Verarbeitungsgeschwindigkeit (Grehl, Checkliste Neurologie).

Zur Testung des räumlichen Vorstellungsvermögens mussten innerhalb 90 Sekunden aus jeweils fünf Zahlen oder Buchstaben in einer Reihe das jeweilige Spiegelbild gefunden und durchgestrichen werden. Zusätzlich bestand eine Aufgabe darin, bei geometrischen Figuren die sichtbaren als auch die nicht sichtbaren Flächen zu zählen (LPS, Horn, 1983).

Diese Tests dienten als grob orientierende Untersuchung des kognitiven Leistungsvermögens, um kognitive Beeinträchtigungen wegen eines unterschiedlichen Bildungsstandes, auszuschließen. Es wurde gezeigt, dass alle Probanden durchschnittliche Leistungen erbringen können.

Da Linkshänder für den EKP - Teil der Studie ausgeschlossen wurden, wurde vor der EKP – Untersuchung die Händigkeit der Probanden anhand des Edinburgh Inventory (Oldfield, 1971) überprüft. Bei diesem Fragebogen muss für zehn alltägliche Tätigkeiten angegeben werden, mit welcher Hand (rechts oder links) man sie verrichtet. Nur diejenigen, die mindestens acht dieser Tätigkeiten mit der rechten Hand verrichten, zählen als Rechtshänder.

Muster dieser Fragebögen befinden sich im Anhang dieser Arbeit.

3.2 Stimulationsmaterial

Zur Stimulation wurden zwölf Bilder aus dem IAPS (International Affective Picture System), ein schwarz-weißes Schachbrettmuster, sowie ein kirchenfensterähnliches buntes Wabenmuster verwendet (siehe Abb. 3 und 4)). Die Effekte dieser Bilder wurden bereits in früheren Studien (Denter, 2009, Pradarutti, 2009) untersucht, daher wurden sie für den Vergleich der fMRT mit den EKP genommen. Folgende Bilder aus dem IAPS wurden gewählt: Nr. 4002, 4232, 4290, 4531, 4561, 4572, 5621, 7281, 7340, 7351, 8030 und 8080 (siehe Anhang).

Das Schachbrett und das bunte Wabenmuster wurden als einfacher, neutraler Reiz eingebaut, um schlichtes Formen – und Farbsehen heraus rechnen zu können.



Abbildung 3+4: Wabenmuster und Schachbrett, die als neutrale Reize eingesetzt wurden.

Das IAPS (erstellt von Lang et. al. 1988) stellt eine thematisch breit gestreute Bilderserie da, die verschiedene Emotionen induziert. Damit wurde die Absicht verfolgt, die appetitive bzw. aversive Motivation mittels visueller Stimulation selektiv zu aktivieren. Validiert wurden die Bilder an großen amerikanischen und europäischen Testpersonenkollektiven (Hamm und Vaitl, 1993, Lang et al, 1993), die diese auch bezüglich „Arousal“ (Erregung oder Aufregung) und „Valenz“ (Wohlgefallen, Annehmlichkeit) bewerteten. So besitzen alle Bilder einen statistischen Mittelwert für diese Dimensionen.

Das IAPS beinhaltet in der aktuellen Version über 900 Bilder verschiedenster Inhalte – vom Unfallopfer bis hin zu niedlichen Welpen. In sehr vielen Studien wird das IAPS seit Jahren zur Untersuchung emotionaler Verarbeitungsprozesse herangezogen. Durch das Vorliegen des statistischen Mittelwertes sind so die Studien bezüglich des verwendeten Bildmaterials miteinander vergleichbar.

Die Präsentation in der vorliegenden Studie umfasste vier Gruppen von Bildern. Die aus dem IAPS stammenden Bilder wurden anhand der Valenz - und Arousalwerte ausgewählt.

In zwei der Gruppen sollte der Geschlechtsunterschied hinsichtlich der Valenz – und Arousalwerte möglichst groß sein. Ausgewählt wurden dazu zum einen drei Bilder von Frauen in erotischer Pose, die von Männern als wesentlich erregender beurteilt werden als von Frauen. Umgekehrt wurden drei Bilder von erotischen Männern ausgesucht, die von Frauen mit einem höheren Arousalwert beurteilt werden als von Männern.

Die beiden anderen Bildgruppen sollten einen möglichst geringen Geschlechtsunterschied aufweisen. Eine Gruppe sollte hohe Valenz, aber niedrigere Arousalwerte besitzen und umgekehrt, und ein zusätzliches Auswahlkriterium bestand darin, dass die Valenz – und Arousalwerte innerhalb der Gruppen eine möglichst geringe Differenz aufweisen, um Homogenität innerhalb der Gruppe zu gewährleisten. Dazu wurden drei Bilder von Sportmotiven ausgewählt, die in der Bewertung gleich hohe Valenz – und Arousalwerte besitzen. Drei Bilder von Essen zeigten niedrige Arousal-, jedoch hohe Valenzwerte.

Zusammengefasst zeigten sechs Bilder erotische Stimuli, drei Bilder Nahrungsmittel, drei Bilder Sportler und zwei Bilder neutrale Reize (vgl. Abb. 3+4 und Anhang).

Zusätzlich wurde zwischen den Bildern ein weißes Fixationskreuz auf schwarzem Untergrund eingebaut, um unerwünschte Augenbewegungen zu minimieren und

somit ungewollte Aktivität zu verhindern. Dies diene auch der Ermittlung des „Ruhezustandes“ und diene damit als Baseline.

Die Stimulation erfolgte für beide Messungen mittels eines von Herrn Dipl. –Phys. M. Rubly erstellten Paradigmas.

3.3 Methoden

3.3.1 Die funktionelle Magnetresonanztomographie

Wir bedienen uns der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT), um die verschiedenen Hirnareale zu kartieren. In diesem Abschnitt soll daher kurz auf das Funktionsprinzip des Verfahrens eingegangen werden.

Schon seit Beginn der 90er Jahre stellt die fMRT neben PET, Xenon-CT oder SPECT eine zusätzliche Methode zum Messen von verschiedenen Hirnfunktionen dar.

Bei diesem Verfahren handelt es sich um ein bildgebendes Verfahren, welches die Identifikation und Abbildung von an sensorischen, motorischen oder kognitiven Aufgaben beteiligten Hirnarealen möglich macht (Klose et al., 1999).

Es ist möglich, das Gehirn von kranken als auch von gesunden Personen zu untersuchen, weswegen die fMRT – Methode in den letzten 15 Jahren enorm an Bedeutung gewonnen hat (Cabeza & Nyberg, 2000).

Ein zusätzlicher Vorteil des Verfahrens besteht in der beliebigen Wiederholbarkeit. Durch absolute Freiheit von Röntgenstrahlen ist das fMRT eine nicht belastende Messmethode.

Im Vergleich zu elektrophysiologischen Methoden ist eine sehr genaue Lokalisierung möglich. Areale zwischen 1 bis 3 mm können genauestens zugeordnet werden.

Dass aktive Neuronengruppen stärker durchblutet werden als inaktive Neuronengruppen, ist seit langem bekannt (Raichle, 1987). Diese hämodynamischen Veränderungen macht sich die fMRT – Methode durch Messung des cerebralen Blutflusses während der Bewältigung von Aufgaben unterschiedlichster Natur zunutze (Ramsey, 2000).

Die physiologische Erklärung für die Entstehung des so genannte BOLD – Effekt (blood oxygenation level dependent) liegt in der Erhöhung des regionalen cerebralen Blutflusses (Ogawa et al., 1993). Der regionale Sauerstoffverbrauch steigt um ca. 5% an. Das regional cerebrale Blutvolumen steigt kompensatorisch an (Fox et al., 1987).

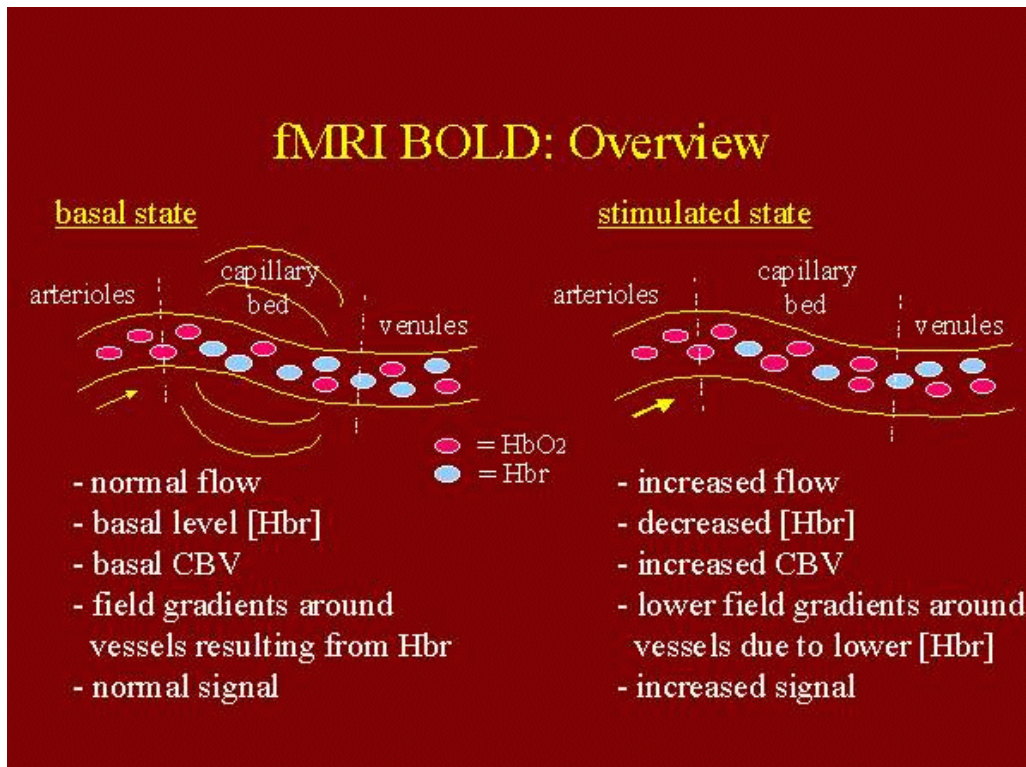


Abbildung 5: Hämodynamische Veränderungen beim BOLD-Effekt
(von <http://www.fmrib.ox.ac.uk/education/fmri/brief-introduction-to-fmri-physiology>)

Die magnetischen Eigenschaften des Blutes ändern sich mit dem Gehalt an oxygeniertem (Hb) und deoxygeniertem (dHb) Hämoglobin. Deoxyhämoglobin ist paramagnetisch und Oxyhämoglobin ist diamagnetisch (Frahm et al., 1992). Daraus entstehen unterschiedliche, jedoch normalerweise minimale Signalintensitäten (vgl. Abb. 5).

Eine Verwendung von Kontrastmittel entfällt. Man macht sich die körpereigenen Signale des dHb zunutze und nimmt seine physikalischen und biologischen Eigenschaften sozusagen als „natürliches Kontrastmittel“ zu Hilfe (Ogawa et al., 1990).

Da bei erhöhter cerebraler Durchblutung zwar in gleichem Maße der Glukoseumsatz, jedoch nicht der Sauerstoffverbrauch steigt, nimmt auf der venösen Seite des Kapillarsystems die cerebrale Blutoxygenierung zu.

Dadurch nimmt die Konzentration des paramagnetischen dHb ab und das fMRT – Signal in dem regional aktivierten Hirnbezirk steigt an (Bandettini et al., 1992; Moonen & Bandettini, 2000; Toga & Mazziotta, 2000). Der langsame Signalanstieg der Bildhelligkeit wird durch eine verlängerte T2 – Dephasierung der Protonenspins bewirkt.

Zwischen 1 und 2 Sekunden nach der Reizpräsentation startet die hämodynamische Antwort (siehe Abb. 6). Ihr Maximum erreicht sie nach 5 bis 8 Sekunden, allerdings mit einer individuellen Streuung von 3 bis 4 Sekunden (Kruggel und Cramon, 1999).

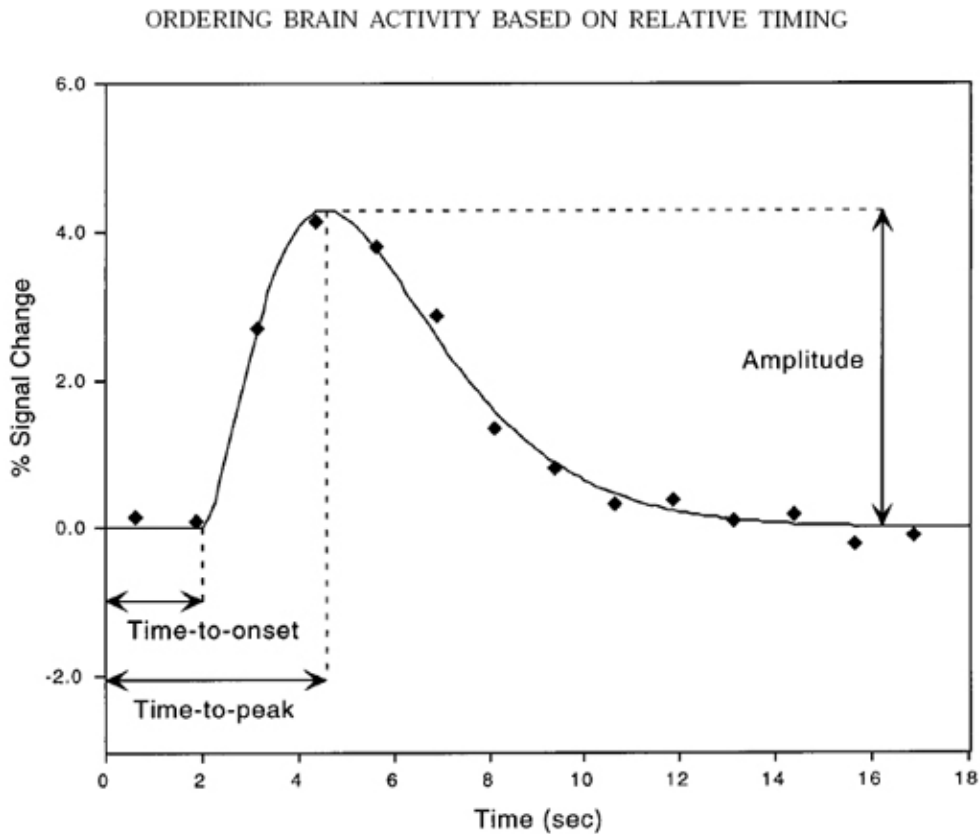


Abbildung 6: Charakteristischer Zeitverlauf der hämodynamischen Antwort. (Aus Miezin et. al., 2000)

Die Signalunterschiede sind jedoch klein, regional begrenzt und liegen im Prozentbereich der Bildintensität (Springer et al., 1999). Damit kleinere Unterschiede erfassbar werden, müssen alle entstandenen Bildelemente mit geeigneten Programmen nachbearbeitet und statistisch ausgewertet werden.

In den letzten Jahren hat die Zahl der Studien, die mit fMRT arbeiten, stetig zugenommen. Momentan wird diese Methode allerdings noch überwiegend bei wissenschaftlichen Fragestellungen eingesetzt.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 5 in Lutz Jäncke, Methoden der Bildgebung in der Psychologie und den kognitiven Neurowissenschaften, Kohlhammer Verlag

3.3.2 Versuchsaufbau fMRT

Verwendet wurde ein 1,5 Tesla MR – Scanner „Vision“ von Siemens.

Zur Herstellung der funktionellen Bilder wurde eine schnelle, BOLD – Kontrast - sensitive „gradient-echo echoplanar Sequenz“ (EPI) von 452 Scans benutzt (TE 60 ms, Interscan Intervall (TR) 3,05 s, Field of view (FOV) 24 cm, Matrix 64 x 64, Schichtdicke 5mm, 36 Schichten, Schichtabstand 0,5 mm). Mit der EPI können innerhalb kürzester Zeit die Volumenelemente (Voxel) mehrerer Schichten angeregt und aufgenommen werden.

Die ersten vier Scans wurden wegen Sättigungsphänomenen von der weiteren Bearbeitung ausgeschlossen.

Während der Aufnahmen lagen die Probanden horizontal in der Röhre des MRT und hatten den Kopf in einer Kopfspule eingebettet. Zur Dämmung des Scannerlärms trugen sie einen Gehörschutz. Über eine Gegensprechanlage war vor und zwischen den Messungen eine Kommunikation mit dem Kontrollraum möglich.

Es wurden zwei Durchgänge des von Herrn Dipl. Phys. M. Rubly erstellten Paradigmas der Stimulationsbilder à 24 Minuten gezeigt. Der erste Untersuchungsblock entspricht der Anordnung der Blöcke eins und drei der EKP - Untersuchung, der zweite Block entspricht den Blöcken zwei und vier der EKP - Untersuchung (s. Versuchsaufbau EKP).

Über einen an der Kopfspule befestigten Spiegel, konnten sie die mittels eines Beamers aus dem Regieraum auf eine Leinwand projizierten Bilder sehen.

Dem in diesem Kapitel beschriebenen Experiment liegt ein ereigniskorreliertes Design (event-related design) zugrunde. Dies bedeutet in unserem Fall, dass zwischen den Stimuli Pausen unterschiedlicher Länge eingebaut wurden (s. unten). Somit entfiel der Gewöhnungseffekt an die Präsentation.

Die Reihenfolge der Bilder erfolgte pseudorandomisiert: jedes Bild wurde 20-mal pro Block gezeigt, ohne dass dasselbe Bild oder ein Bild dieser Kategorie zweimal hintereinander erschien. Den Probanden erschien die Reihenfolge rein zufällig. Jedes Bild erschien jeweils zwei Sekunden auf der Leinwand. Zwischen den Stimuli wurde das Fixationskreuz für ein zufälliges Zeitintervall zwischen drei und sechs Sekunden gezeigt. Dadurch wurde die Ausbildung eines Erwartungspotentials verhindert, unerwünschte Aktivität minimiert und man erwischte ein sog. „Oversampling“ der hämodynamischen Antwort an verschiedenen Zeitpunkten.

Zwischen den Untersuchungsblöcken wurde eine 15-minütige T2 gewichtete anatomische Messung durchgeführt. So konnten Gehirn – Anomalien ausgeschlossen werden. Dieser MPRAGE (Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo) – 3D-Datensatz (Volumendatensatz) erlaubt einen guten Kontrast zwischen weißer und grauer Hirnsubstanz.

Jeder Proband wurde mit einem Notfallknopf sowie einer MR – taugliche Mouse ausgestattet, mit der sie quasi das Sehen eines jeden Bildes bestätigen mussten.

Die Gesamtdauer der Untersuchung betrug somit ca. eine Stunde.

3.3.3 Funktionsprinzip EKP

Unter dem EEG versteht man die elektrischen Spannungsschwankungen an der Großhirnrinde im Zeitverlauf. Sie resultieren aus einer Folge von exzitatorischen und inhibitorischen postsynaptischen Potentialen. Voraussetzung hierfür ist, dass größere Zellhaufen synchron zu „feuern“ beginnen. Diese elektrischen Spannungsänderungen kann man mittels Elektroden zwischen mindestens zwei Punkten an der Kopfoberfläche messen.

Die abgeleitete Hirnaktivität umfasst einen Frequenzbereich von ca. 0,5 – 40 Hertz bzw. Amplituden von ca. 50 – 150 μ Volt (= Millionstel Volt). Die zeitliche Auflösung liegt bei 1 ms (Millisekunde).

Wird nun einer Person ein bestimmter Stimulus z.B. ein Bild präsentiert, so lassen sich sog. ereigniskorrelierte Potentiale (EKP) im EEG ermitteln.

Ereigniskorrelierte Hirnpotentiale sind im Gegensatz zur hirnelektrischen Spontanaktivität Potentialverschiebungen, die vor, während oder nach einem sensorischen, motorischen oder psychischen Ereignis im EEG messbar sind (Rösler, 1982). Sie stehen somit in einer festen zeitlichen Korrelation zu einem Reiz.

EKPs werden von der Spontanaktivität (Rauschen) des Gehirns verdeckt. Ein Mittelungsverfahren (Averaging) eliminiert diese Spontanaktivität und fördert die spezifischen EKPs zutage.

Die Potentiale sind kleiner, je tiefer sie im Gehirn liegen. Sie spiegeln automatische, kategorische, nicht bewusste Verarbeitung wieder.

Störeinflüsse wie z.B. Schwitzen oder Augenbewegungen lassen sich nicht verhindern. Daher müssen die nötigen Daten gesammelt werden (z.B. EOG), um den Fehler nachträglich rechnerisch zu eliminieren (zur Vertiefung des Themas siehe

Buchner H, Noth J: Referenz-Reihe-Neurologie-Methoden: Evozierte Potentiale, Neurovegetative Diagnostik, Okulographie, Methodik und klinische Anwendung, S. 81-94).

Bei Wiederholungen ein und desselben Reizes zeigt das Gehirn auf diese Ereignisse immer ähnliche Antworten, während das Störsignal zufällig verteilt ist.

Bei der EEG – Ableitung gibt es keinen absoluten Nullpunkt (Lutzenberger, Elbert, Rockstroh & Birbaumer, 1985).

Die Baseline bezeichnet einen Zeitabschnitt vor dem Ereignis, auf welches das ereigniskorrierte Potential gemittelt wurde. Die gemittelte Amplitude dieser Baseline dient als Nulllinie des EKPs.

Man setzt die aufgezeichneten Messpunkte relativ zu einer Referenzelektrode (hier: Cz). Damit alle Ergebnisse vergleichbar sind, muss gewährleistet sein, dass die Elektroden immer an derselben Stelle platziert sind. Mit einer vorgefertigten Textilkappe nach dem 10-20 System von Jasper (1958) ist dies weitestgehend gewährleistet, da die Elektroden automatisch an den vordefinierten Stellen zu liegen kommen (Ebner, Referenz-Reihe-Neurologie: EEG, S. 12, vgl. Abb. 7)

Das EEG bietet eine präzise zeitliche Auflösung, wohingegen es in Sachen örtlicher Auflösung moderneren Verfahren wie z.B. der fMRT unterlegen ist.

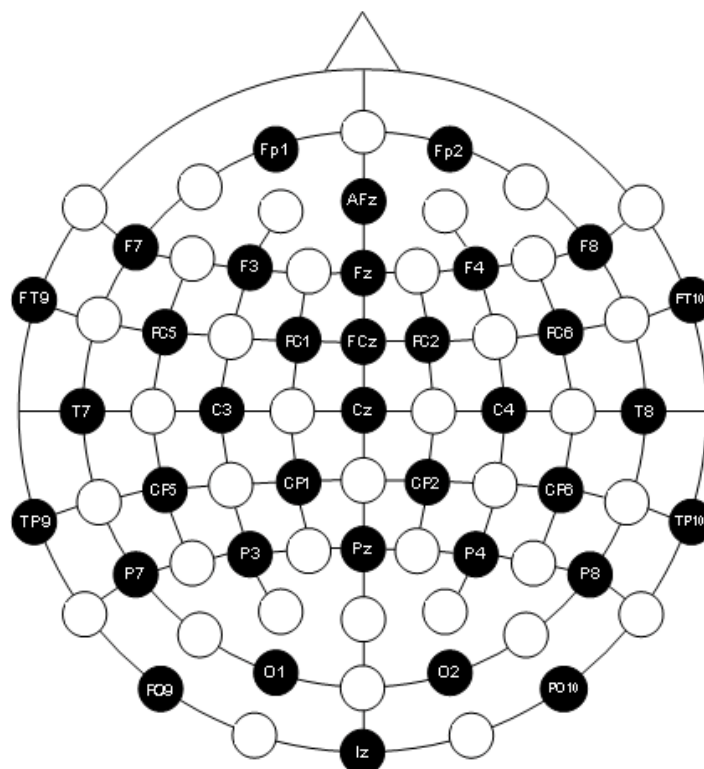


Abbildung 7: Montage nach dem 10-20 System von Jasper zum Platzieren von Elektroden. (Quelle: www.easycap.de)

3.3.4 Versuchsaufbau EKP

Die Untersuchung begann mit der oben erwähnten Händigkeitsprüfung mit dem Edinburgh Inventory. Danach wurde den Probanden zunächst ein Kittel zum Schutz ihrer Kleidung sowie ein Gurt um die Brust angelegt, an dem die Kappe später mittels Gummibändern fixiert wurde (siehe Abb.9).

Die Kappe (hier EASY CAP No. 22) mit bereits ins Textil eingearbeiteten Silber/Silberchlorid-Elektroden stammt von der Firma Easycap GmbH, Herrsching – Breitbrunn, Deutschland (www.easycap.de). Je nach Kopfumfang wurde zwischen einer 56 und 60ger Größe gewählt. Mittels Einbringen zweier Elektrolytgele (Abralyt 200 und Pure Skin) wurde Kontakt zur Kopfhaut hergestellt (siehe Abb. 8). Die Ableitung erfolgte bipolar nach dem 10 -20 System (Jasper, 1958) an standardisierten Orten (siehe Abb. 7). Die ungeraden Elektroden sitzen linksseitig, die geraden rechtsseitig. Als Referenzelektrode diente hierbei die „Fcz“ – Elektrode (relativ mittig). Als Ground diente die „Afz“ – Elektrode. Drei zusätzliche Hautelektroden wurden infra – und supraorbital angebracht, um Augenbewegungen und mimische Artefakte mittels EOG – Aufzeichnung herausfiltern zu können.



Abbildung 8: Easy Cap mit passendem Zubehör (Quelle: www.easycap.de)

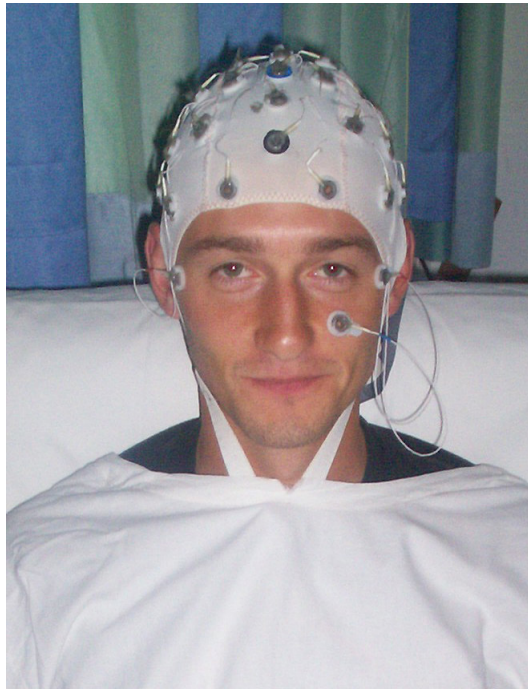


Abbildung 9: Proband bei der EKP-Messung (Quelle: eigenes Bildmaterial)

Bei der EKP Untersuchung sahen sich die Probanden viermal ein 12minütiges Paradigma des Stimulationsmaterials an. Die Bilder wurden auf einem Farbmonitor in 2,5 m Entfernung zum Probanden in einem abgedunkelten, weitgehend schallisolierten Raum präsentiert. Die Reihenfolge der Präsentation erschien den Probanden zufällig, da sie ebenfalls in pseudorandomisierter Reihenfolge (vgl. Versuchsaufbau fMRT) gezeigt wurden. Die Blöcke eins und drei wiesen dieselbe Abfolge auf, wobei die Bilder in den Blöcken zwei und vier die rückläufige Reihenfolge zu den Blöcken eins und drei aufwiesen.

Die Probanden saßen in einem bequemen und gepolsterten Sessel. Jeder sollte eine für ihn möglichst bequeme Position einnehmen, um Bewegungsartefakte während der Messung zu minimieren.

Die Präsentation der einzelnen Bilder erfolgte jeweils zwei Sekunden. Zwischen zwei Bildern wurde für einen zufälligen Zeitraum zwischen drei und sechs Sekunden das Fixationskreuz gezeigt. Die Probanden wurden angewiesen, möglichst während dieser Zeit zu blinzeln, um wenig Augenartefakte zu produzieren.

Um ein Mindestmaß an Aufmerksamkeit zu erzielen, wurden die Teilnehmer gebeten, sich auf die Bilder zu konzentrieren und mit einem Tastendruck, einer ihnen zur Hand gegebenen Mouse, die gezeigten Bilder zu bestätigen.

Während der Untersuchung verblieb der Teilnehmer allein im Untersuchungsraum. Die Untersucher befanden sich im Regieraum, wo auch die für EEG – Aufzeichnung

und Bildpräsentation zuständigen Computer standen. Auf diesen Monitoren konnten EEG und EOG- Ableitung sowie das Paradigma verfolgt werden.

Die Verstärkung des aufgezeichneten EEG und EOGs erfolgte mit dem Amplifier BrainAmp (Brain Products GmbH, Gilching).

Die verstärkten Signale wurden auf acht Kanälen mit einer 12 bit AD – Wandlerkarte der Firma Sorcus (Sorcus Computer/Systemtechnik GmbH, Heidelberg) mit einer Frequenz von 256 Hz digitalisiert.

Die Analysezeit einer Einzelmessung betrug 2000 ms. Im Einzelnen 500 ms vor (Prätrigger) und 1500 ms (Posttrigger) nach der Präsentation eines Bildes. Zur Berechnung der Baseline diente die Prätriggerzeit, die als Mittelwert der EEG - Kurve im Vor-Stimulus-Bereich benötigt wird.

Nach der Präsentation wurden den Probanden die Stimulationsbilder erneut gezeigt und sie sollten diese anhand einer visuellen Analogskala nach ihrem jeweiligen Gefallen (Valenz) und Erregung (Arousal) beurteilen. Die Skala reichte von eins bis zehn und wurde anschließend exakt in Millimeterabständen ausgemessen (Muster des Bogens siehe Anhang). Mit dem Auswerten dieses Fragebogens könnte man die Eindrücke der Probanden mit ihren jeweiligen EKPs vergleichen und zusätzlich die Übereinstimmung der Bewertung mit den Ergebnissen der Validierungsstudie des IAPS von Lang, Bradley und Cuthbert (1999) überprüfen. Diese subjektive Bewertung wurde zwar durchgeführt, wird aber bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Die Software zur Präsentation des Stimulationsmaterials, zur Registrierung des EEG sowie der Reaktionszeiten wurde von Herrn Dipl. Phys. M. Rubly erstellt.

3.4 Datenaufbereitung und statistische Verfahren

3.4.1 fMRT

Datenaufbereitung

Die gesammelten funktionellen Daten wurden ereignisbezogen mit SPM (statistical parametric mapping) Software 99 analysiert (Wellcome Departement of Cognitive Neurology, London, UK; Friston et al., 1995).

Zunächst erfolgte die so genannte „Slice time correction“, bei der eine Interpolation der Intensitätswerte auf einen definierten Zeitpunkt innerhalb der TR durchgeführt wird (Wohlschläger A, Kellermann T, Habel U). Geringfügige Bewegungen der Probanden während der Messung wurden ausgeglichen (Bewegungskorrektur).

Alle Scans wurden am ersten einer Messung ausgerichtet („realigned“) (Friston et al., 1996). Das bedeutet eine zeitliche Korrektur der Schichtfolge.

Es folgte eine Normalisierung (Normalyze) auf das MNI – Hirn (Asburner & Friston, 1999) mit einer Auflösung von 2x2x2 mm.

Diese Normalisierung ist wichtig für die Gruppenanalyse und ermöglicht den Vergleich der Gehirne verschiedener Probanden. Sie ermöglicht es, identische anatomische Strukturen verschiedener Probandengehirne aufeinander abzubilden und so jeden Punkt in dem dreidimensionalen Koordinatensystem zuzuordnen.

Abschließend wurden die Daten mittels eine 8x8x8 mm Gaußfilters geglättet („smoothing“). Dies kann die Sensitivität der statistischen Analyse erhöhen, da z.B. zufällige Effekte, die ein Voxel betreffen, durch Verrechnung mit dem Nachbarn herausgemittelt werden (Wohlschläger A, Kellermann T, Habel U).

Das vom „Montreal Neurological Institute“ (MNI) entwickelte Gehirn, ist eine standardisierte Vorlage, aber im Vergleich zu dem von Talairach & Tournoux (1988) verwendeten Template größer.

Daher war eine Überführung in Talairach Koordinaten notwendig. Die Umrechnung in den Talairach Raum erfolgte auf folgender Webseite: www.neurovia.umn.edu/web/service/tal_atlas.html. Dort liegt der Talairach Atlas in elektronischer Form vor.

Zur Vertiefung der Datenanalyse siehe auch Wohlschläger, Kellermann und Habel: Datenanalyse: Vorverarbeitung Statistik und Auswertung, Springer Verlag.

Analyse der Hirnaktivität

Die statistische Bearbeitung der Daten wurde unter Rückgriff auf ein allgemeines lineares Modell (general linear model, GLM) vollzogen. Dieses wird verwendet, um eindimensionale Tests (t-Statistiken) für jedes Voxel anwenden zu können.

Für jedes Bildelement wird die statistische Signifikanz der Korrelation zwischen entstandenem MR-Signal und dem gegebenen Paradigma berechnet. So wird jedem Element ein entsprechender t-Wert zugeordnet, der die Wahrscheinlichkeit der jeweiligen Hypothese in jedem Voxel beschreibt.

Wir bedienen uns verbundener Stichproben für Kontraste zwischen verschiedenen Stimuli (vgl. Tabelle 1). Zudem wurden Teile der Gruppenstatistik mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (2x2 ANOVA) durchgeführt, bei der Geschlecht und Condition (hier: erotische Stimuli) als Regressoren dienten.

Die Korrelation zum EKP wurde mittels einer sog. „Simple regression“ Analyse hergestellt. Dabei wurde für alle Kurven über dem Ableitort bzw. der Ableitelektrode FZ für die Zeit zwischen 160 und 240 ms ein mittleres Integral berechnet, der dann mit den fMRI – Datensätzen im Bezug auf die Wahrnehmung des Fremdgeschlechts gegenüber dem Eigengeschlecht korreliert werden konnte.

Diese Verfahren sind in SPM fest einprogrammiert, so dass ihre Verwendung vereinfacht ist.

Erotik > Sport	Verbundener t-Test
Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht	Verbundener t-Test
Eigengeschlecht > Fremdgeschlecht	Verbundener t-Test
Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, geschlechtsabhängig	2 x 2 Anova
Korrelation mit EKP - Integralen	„Simple regression“ Analyse

Tabelle 1: Übersicht der statistischen Berechnungen der einzelnen Kontraste

3.4.2 EKP

Datenaufbereitung

Die Datenaufbereitung erfolgte mit dem „BrainVision Analyzer“ der Firma Brain Products, Gilching, Deutschland (www.brainproducts.com).

Zunächst wurden die Rohdaten (Raw Data) jeder einzelnen Messung zu jedem Bild grob, sozusagen von Hand, auf ihre Verwertbarkeit hin durchgesehen und Marker gesetzt (Markers Changed).

Die Ableitungen wurden zerlegt (Segmentation) und Artefakte manuell beseitigt (RawDataInspector). Danach wurde ein Low – Pass – Filter eingesetzt (LP 35 24 db).

Es folgte die eigentliche Artefaktbeseitigung (ICA) bevor die Stimuli herausgeschnitten wurden (Seg All). Dann erfolgte eine Baseline – Korrektur (BC).

Zur Qualitätskontrolle und unabhängig vom Stimulus wurde eine Mittelwertkurve für alle Ableitungen erstellt (Avg All).

Lagen genügend artefaktfreie Einzelableitungen eines Probanden pro Bild vor, wurde zu jedem der 14 Bilder und an jedem der Ableitorte eine Mittelwertkurve errechnet (Average – Stimulus – spezifisch).

Abschließend wurde ein „Grandaverage“ über alle Probanden zu jedem Einzelbild sowie zu jeder Bildgruppe erstellt.

Durch die Mittelungsverfahren wird das Hintergrundrauschen (Spontan – EEG) vermindert und somit wird es möglich, die darunter versteckten EKPs auszuwerten.

Aus den vorliegenden EKP – Kurven wurden eine Reihe von Flächenparametern bestimmt. Damit wurden diese Kurven in numerische Werte überführt und somit vergleichbar zu den fMRT – Ergebnissen und den Auswertungen der Bewertungsbögen gemacht. Alle Flächen werden in positiven Werten angegeben. Es handelt sich also um Betragszahlen.

Eingeteilt wurde in folgende Flächen: Von 160 bis 240 Millisekunden (FL 160 – 240), von 280 bis 420 ms (FL 280 – 420), von 460 bis 700ms (FL 460 – 700) und von 700 bis 1400 ms (FL 700 – 1400).

Statistische Verfahren

Die Flächenberechnung sowie der direkte Vergleich der EKP – Kurven erfolgte wie oben bereits beschrieben mit den von Herrn Dipl. Phys. M. Rubly erstellten Algorithmen.

Für die statistische Auswertung und graphische Darstellung der Daten wurde das Programm SPSS Version 15 (SPSS GmbH, München) benutzt.

Zur Prüfung von signifikanten Mittelwertsunterschieden wurde der Wilcoxon-Test für zwei verbundene Stichproben angewendet.

Da aufgrund der niedrigen Fallzahlen nicht von einer Gauß'schen Normalverteilung auszugehen ist, wurden die Korrelationskoeffizienten mit dem Pearson-Test berechnet.

Zum Vergleich signifikanter Unterschiede der „Grandaverage“ - Kurven wurde der Permutationstest (Blair und Karniski, 1993) angewandt. Diese Signifikanzprüfung setzt keine bestimmte Datenverteilung wie z.B. eine Normalverteilung voraus. Sie ist für eine beliebige Anzahl von Messungen anwendbar und sehr exakt (Blair und Karniski, 1993). Die Nullhypothese sagt aus, dass sich die Vergleichsgruppen nur zufällig unterscheiden. Ziel des Permutationstests ist es zu ermitteln für welche Abschnitte die Nullhypothese einer definierten Irrtumswahrscheinlichkeit widerlegt werden kann.

Zum Vertiefen der Thematik siehe auch: Heiler und Weichselberger, Über den Permutationstest und ein daraus ableitbares Konfidenzintervall, 1969.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der fMRT - Bildgebung sind unterteilt in folgenden Kontrasten:

- Erotik > Sport
- Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht
- Eigengeschlecht > Fremdgeschlecht
- Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, geschlechtsabhängig
- Korrelation mit EKP - Integralen

Die Daten wurden mit den in Kapitel 3 erläuterten Methoden ausgewertet. Zur Erstellung der Abbildungen wurden identische statistische Schwellenwerte verwendet. Die Ergebnisse wurden auf dem Signifikanzniveau von $p > 0,001$ und „extent treshold“ von 5 Voxels präsentiert. Für die Korrelation mit den EKP - Integralen wurde eine „extent treshold“ von 0 Voxels gewählt.

Die entstandenen Kontraste (Aktivierungsmuster) werden im Folgenden erläutert. Dabei wird hauptsächlich auf Aspekte der Wahrnehmung des eigenen und des anderen Geschlechts, der erotischen Wahrnehmung sowie den Vergleich erotischer Stimuli mit Sportmotiven eingegangen.

Weiterhin versuche ich eine Korrelation zu den EKP-Integralen herzustellen.

Zur Verdeutlichung der Aktivierungen wurden die „Glasbrain“ Übersichtsbilder gewählt, da so auch die subkortikal gelegenen aktiven Areale dargestellt werden können.

In den Tabellen finden sich die Koordinaten mit der größten Aktivität in einem „Cluster“. Der Z-Wert präsentiert die normalisierte Intensität der Aktivität. Mit Hilfe des Talairach Atlas wurden die Brodmann – Areale ermittelt und ebenfalls in die Tabellen eingetragen.

Die funktionelle Aufteilung in Brodmann – Areale (BA) ist allerdings nicht unumstritten, so dass es sinnvoll erscheint, auch nachbarschaftliche Verhältnisse zu betrachten.

Aufgrund der hohen Anzahl aktivierter Areale wird nur auf die für die Fragestellung dieser Arbeit wichtigen Bereiche (fett gedruckt) eingegangen. Die übrigen Areale werden vollständigshalber berichtet.

4.1 Erotik > Sport

Machen die erotischen Bilder mehr Aktivierung als Sportler? Was wird bei erotischen Bildern mehr aktiviert als bei Sportbildern? Hier subtrahiert man die Aktivierung der erotischen Bilder und die Aktivierung der Sportmotive, und es bleibt nur das übrig, was bei den erotischen Stimuli mehr aktiviert wird als bei den Sportbildern.

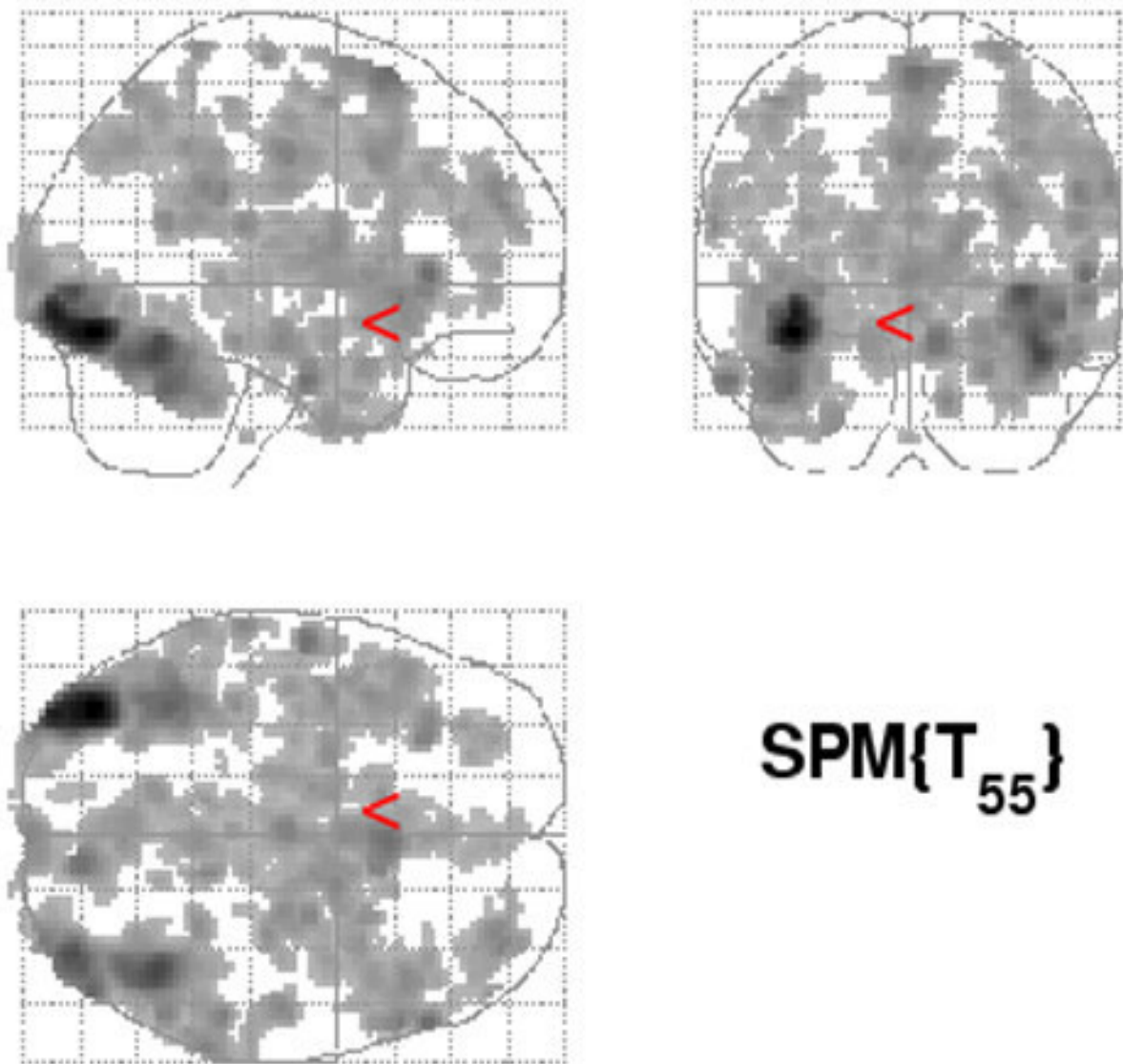


Abbildung 10: Mehraktivierung der erotischen Stimuli gegenüber den Sportbildern; $p < 0,001$

	Anatomie	BA	Z-Wert	Talairach Koordinaten			Voxels	p Cluster
	Links							
Occipital	Ro	36	4,36	-38	-32	-12	10	0,185
Occipito-Temporal	GF	19	7,73	-38	-76	-8	1351	0,000
	GL		4,30	-11	-6	-11	51	0,007
	GF		3,53	-30	-47	-4	6	0,454
Temporal	GTi	21	5,17	-57	-11	-23	50	0,007
	GTs	40	4,59	-61	-28	18	18	0,082
	U	36	4,40	-24	-6	-33	34	0,022
	GTm		4,22	-46	2	-35	12	0,149
	GTm	20	3,93	-34	0	-37	6	0,301
Parietal	PCu	7	4,32	-2	-62	42	97	0,000
	GPoC	4	4,13	-44	-13	47	25	0,045
	LPi	40	3,84	-52	-49	26	5	0,345
Frontal	GFi	47	4,72	-28	27	-3	364	0,000
	GFm	6	4,53	-42	1	52	32	0,026
	GFm	46	4,16	-32	40	15	10	0,185
	GFm	10	4,02	-28	49	3	9	0,264
Frontal-Parietal	SI	40	4,10	-61	-42	24	18	0,082
	Lpc	5	4,00	-2	-31	51	5	0,234
	GPrC	4	3,99	-36	-9	56	6	0,301
Front-Pariet-Occipital	FLS		3,69	-28	15	27	6	0,454
Limb. System + Basalganglien	NC		4,22	-11	11	7	8	0,234
	NA		4,14	-28	-5	-13	13	0,134
	Ci		4,10	-10	-40	20	7	0,264
Thalamus	va		4,23	-12	-7	11	75	0,002
	P		3,85	-6	-21	5	5	0,345
	Rechts							
Occipital	Cu	17	4,66	0	-95	7	114	0,000
Occipito-Temporal	GF	37	6,24	42	-57	-14	1274	0,000
	GL	18	5,16	8	-80	-9	95	0,001
	FLI	35	4,67	24	-11	-21	108	0,000
	GL		4,35	2	-66	-2	26	0,041
	GF		3,40	30	-57	-4	16	0,219
Temporal	GTm	21	4,58	52	-18	-13	47	0,009
	GTs	22	4,56	54	-52	19	29	0,032
	U	28	4,34	26	7	-21	29	0,032
	GTs	22	4,13	63	-37	4	6	0,301
	GTm	21	4,07	34	4	-29	12	0,149
	CA		3,99	38	-4	-10	9	0,207
Parietal	LPi	40	4,88	54	-34	28	261	0,000
	LPs	5	4,41	28	-39	68	18	0,082
	LPs	7	4,26	34	-61	57	82	0,001
	Gsm	40	3,91	48	-60	44	13	0,134
Frontal	GFd	6	5,28	2	18	58	515	0,000
	GFi	45	5,25	55	27	2	367	0,000
	GFm	10	4,69	34	52	20	109	0,000
	GFi	45	4,11	55	18	8	14	0,121
	GFm	9	4,01	38	29	30	9	0,207
	GFm	47	4,00	48	46	-4	5	0,345
	GFi	45	3,98	57	19	19	23	0,053
	GFm	6	3,79	34	-2	43	6	0,301
Frontal-Parietal	GPrC	4	4,34	30	-18	64	14	0,121
Limb. System + Basalganglien	GC	24	4,70	0	-14	38	168	0,000
	va		4,60	12	1	11	196	0,000
	GC	29	4,36	2	-42	21	56	0,005
	Pu		4,18	22	2	2	17	0,090
	GC	32	4,16	2	29	32	27	0,038
Cerebellum	V4		4,59	12	-42	-27	27	0,038

Tabelle 2: Mehraktivierung der erotischen Stimuli gegenüber den Sportbildern

Man erkennt eine deutliche Mehraktivierung der erotischen Bilder gegenüber den Sportbildern. (Abb. 10)

Tabelle 2 lässt erkennen, dass die Aktivierungen in der rechten Hemisphäre hinsichtlich ihrer Anzahl leicht vermehrt sind. 31 Aktivierungen rechts stehen 25 Aktivierungen links gegenüber. Der Z-Wert für die linke Hemisphäre beträgt im Mittel 4,33, für die rechte Seite 4,44.

Signifikante Aktivierungen auf Voxel Ebene liegen im Okzipitallappen rechts im Bereich des Cuneus (BA 17). Occipito-temporal finden sich starke Aktivierungen beidseits im Bereich des Gyrus fusiformis (BA 19,37), entlang des Gyrus lingualis (BA 18) rechts und des Fasciculus longitudinalis inferior (BA 35) rechts. Im Parietallappen erkennt man Aktivierungen im Bereich des Lobus parietalis inferior (BA 40) rechts, des Lobus parietalis superior rechts (BA 5,7), des Gyrus postcentralis (BA 4) links und des Precuneus (BA 7) links. Der ventrale visuelle Pathway ist also hoch signifikant aktiviert, der dorsale visuelle Pathway ist ebenfalls aktiv, jedoch in geringerem Maße. Frontal sind Aktivierungen im Bereich des Gyrus frontalis inferior (BA 45, 47) beidseits, des Gyrus frontalis medialis (BA 6) links und des Gyrus frontalis medius (BA 6,10) beidseits zu finden. Der orbitofrontale und medial-präfrontale Kortex sind also bei diesem Kontrast aktiv.

Im Bereich des limbischen Systems, der Basalganglien und des Thalamus sind Areale im Bereich des Nucleus caudatus links, des Cingulums links, des Gyrus cinguli (BA 24, 29, 32) rechts und des Anteroventral Nucleus beidseits aktiviert. Besonders die Aktivierungen im Bereich des Anteroventral Nucleus bei $x = -12$, $y = -7$, $z = 11$ und $x = 12$, $y = 1$, $z = 11$, im Bereich des Nucleus caudatus bei $x = -11$, $y = 11$, $z = 7$ und im Gyrus lingualis bei $x = -11$, $y = -6$, $z = -11$ stechen ins Auge. Diese stereotaktischen Werte werden in der Literatur mit der Lokalisation des NAcc in Verbindung gebracht.

4.2 Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht

Was macht einen größeren Effekt? Das Ansehen des eigenen Geschlechts oder das des anderen Geschlechts? Welche Strukturen werden beim passiven Anschauen möglicher Sexualpartner in heterosexuellen Individuen vermehrt aktiviert? (Abb. 11)

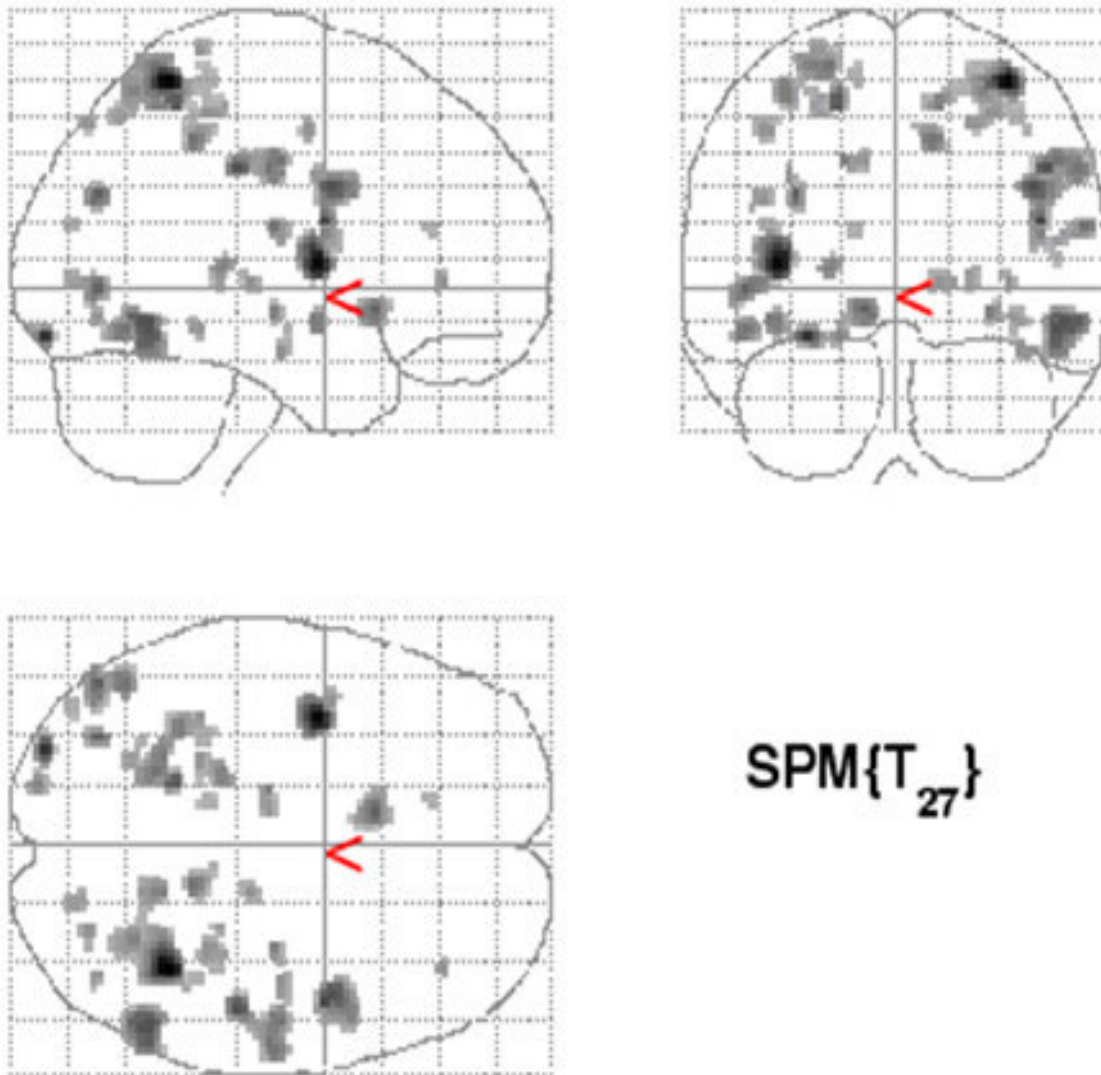


Abbildung 11: Mehraktivierung der fremdgeschlechtlichen Stimuli gegenüber den eigengeschlechtlichen Stimuli; $p < 0,001$

	Anatomie	BA	Z-Wert	Talairach Koordinaten			Voxels	p Cluster
	Links							
Occipital	GOi	18	4,46	-28	-88	-7	37	0,045
	GOs		4,01	-32	-69	29	98	0,003
	GOM	19	3,32	-42	-79	21	9	0,298
Occipito-Temporal	GF		3,43	-38	-39	-8	7	0,359
Temporal	GTi	37	3,94	-48	-70	4	55	0,017
	GTi	37	3,92	-48	-63	-7	37	0,045
	CA		3,82	-38	-4	-8	16	0,169
Parietal	LPs	7	4,11	-18	-44	54	98	0,003
	LPs	40	3,83	-36	-42	56	55	0,017
	GPoC	2	3,46	-24	-36	66	11	0,250
	LPs	7	3,40	-24	-58	55	21	0,119
	Scm	4	3,35	-24	-33	50	5	0,441
Frontal-Parietal	GPrC	4	3,57	-42	-4	44	15	0,182
	Lpc		3,32	-12	-32	57	8	0,326
Basalganglien	CI		4,84	-38	-2	7	125	0,001
	NC		3,96	-10	15	-6	66	0,010
Limb. System	Ci		3,63	-16	-16	36	16	0,169
	GC	32	3,32	-12	34	15	5	0,441
Thalamus	P		3,72	-20	-31	9	25	0,091
Front.-Pariet.-Occipital	FLS		3,56	-42	3	24	10	0,272
	FLS		3,46	-34	-1	30	7	0,359
	Rechts							
Occipital	Sca		3,39	16	-77	6	9	0,298
Occipito-Temporal	FLI		3,55	40	-14	-14	12	0,230
	GF		3,49	38	-70	-3	11	0,250
Parietal	LPs	5	4,98	36	-46	59	284	0,000
	GPoC	2	4,18	48	-26	34	135	0,001
	GPoC	40	3,87	59	-15	17	27	0,080
	PCu	31	3,85	12	-39	43	36	0,047
	LPs	7	3,55	26	-71	48	16	0,169
	GPoC		3,53	30	-34	50	22	0,111
	LPI	40	3,30	40	-42	52	12	0,230
Frontal	GPrC	44	4,29	46	1	18	160	0,000
	GFi	10	3,55	36	37	0	7	0,359
Temporal	GTi	37	4,19	54	-57	-6	162	0,000
Basalganglien	Pu		3,64	30	-16	-4	10	0,272
Thalamus	vpm		3,56	14	-23	3	8	0,326
Hypothalamus	Fo		3,35	24	-33	4	7	0,230

Tabelle 3: Mehraktivierung der fremdgeschlechtlichen Stimuli gegenüber den eigengeschlechtlichen Stimuli; p<0,001

Auch hier wurde wieder die Subtraktionsmethode angewandt.

Berechnet wurde ein verbundener Test über alle Probanden.

Tabelle 3 lässt erkennen, dass die Aktivierungen links diskret vermehrt sind. 21 aktivierte Areale links stehen 16 aktivierten Arealen rechts gegenüber. Im Bezug auf die maximalen Aktivierungen sind die Unterschiede jedoch gering. Der mittlere Z-Wert für die linke Seite beträgt 3,73, für die rechte Seite 3,77.

Man erkennt signifikante Aktivierungen im Parietallappen im Bereich des Lobus parietalis superior (BA 7, 40) rechts und links und im Precuneus (BA 31) rechts. Weitere signifikante Aktivierungen im Parietallappen finden sich im Bereich des Gyrus postcentralis (BA 2, 40) links und rechts, wobei dieser auf der rechten Seite stärker aktiviert ist als auf der linken Seite. Der dorsale visuelle Pathway ist also aktiv.

Signifikante Aktivierungen des Temporallappens finden sich im Bereich des Gyrus temporalis inferior (BA 37), der rechts allerdings stärker aktiviert ist als links.

Okzipital sieht man links eine vermehrte Aktivität im Bereich des Gyrus occipitalis superior und Gyrus occipitalis inferior (BA 18).

Andere signifikante Aktivierungen sind im Bereich der Basalganglien (Claustrums, Nucleus caudatus) zu erkennen. Besonders die Aktivierung bei $x = -10$, $y = 15$, $z = -6$ lässt auf eine Aktivierung des Nucleus accumbens schließen.

Auch frontal rechts im Bereich des Gyrus Präcentralis (BA 44) findet man starke Aktivierungen. Der dorsolaterale präfrontale Kortex ist ebenfalls an der Verarbeitung gegengeschlechtlicher Stimuli beteiligt.

4.3 Eigengeschlecht > Fremdgeschlecht

Umgekehrt stellt sich natürlich auch die Frage, wie es mit der Mehraktivierung der eigengeschlechtlichen Stimuli gegenüber den fremdgeschlechtlichen Stimuli aussieht (Abb. 12). Wo ist die Aktivierung beim Anschauen des eigenen Geschlechts größer als beim Anschauen des Fremdgeschlechts? Finden sich überhaupt Areale, die beim Anschauen des eigenen Geschlechtes vermehrt aktiviert sind?

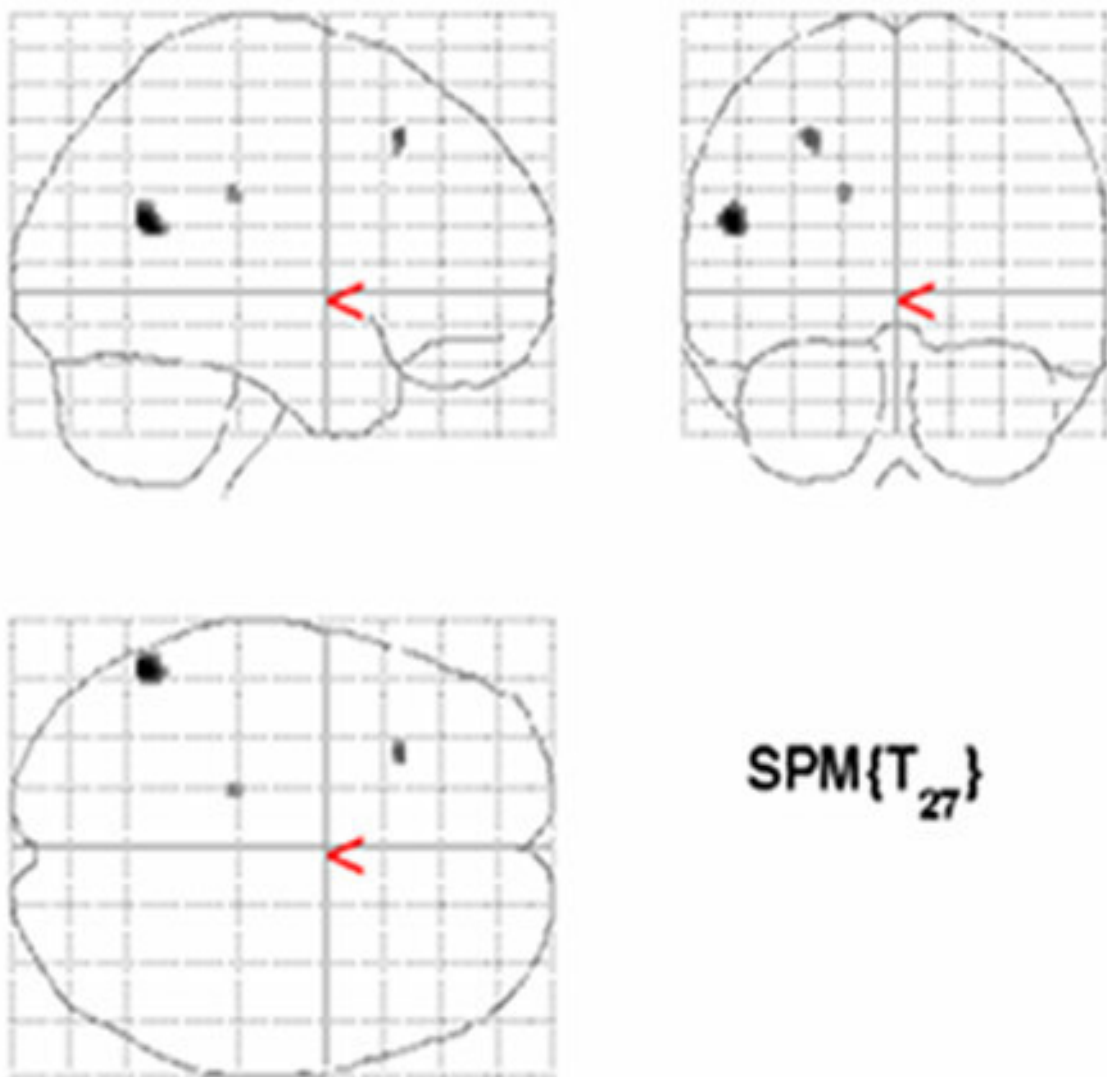


Abbildung 12: Kontrast der Mehraktivierung der eigengeschlechtlichen Stimuli im Vergleich zu den gegengeschlechtlichen Stimuli; $p < 0,001$

	Anatomie	BA	Z-Wert	Talairach Koordinaten			Voxels	p Cluster
	Links							
Parietal	LPi	39	4,04	-52	-55	23	46	0,027
Frontal	GFm	8	3,56	-28	25	41	10	0,272
Limb. System	Ci		3,31	-16	-28	29	6	0,396

Tabelle 4: Mehraktivierung der eigengeschlechtlichen Stimuli gegenüber den gegengeschlechtlichen Stimuli

Es liegen lediglich signifikante Aktivierungen auf Voxellevel im Parietalpol entlang des Lobus parietalis inferior (BA 39), im Frontalpol im Bereich des Gyrus frontalis medius (BA 8) und im Bereich des Cingulum (limbisches System) vor. Alle drei Aktivierungen befinden sich in der linken Hemisphäre (Tab. 4). Der Z-Wert beträgt im Mittel 3,64.

Das Ansehen des eigenen Geschlechts hat somit insgesamt keinen größeren Effekt als das Ansehen des gegensätzlichen Geschlechts. Somit liegen keine vergleichbar signifikanten Resultate wie bei „Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht“ vor.

4.4 Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, geschlechtsabhängig

Ist der Kontrast „Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht“ zusätzlich geschlechtsabhängig? Hierzu wurde mit einer 2x2 Anova gerechnet, die Condition und Geschlecht berücksichtigte. Im Folgenden werden geschlechtsspezifische Unterschiede und Gemeinsamkeiten erläutert

4.4.1 Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, Männer > Frauen, n=14/14

Kontrast der Mehraktivierung gegengeschlechtlicher Stimuli gegenüber den eigengeschlechtlichen Stimuli im Bezug auf die männlichen Probanden bzw. die Mehraktivierung der männlichen Probanden gegenüber den weiblichen Probanden (Abb. 13). Wo reagiert das Gehirn von Männern im Vergleich zu Frauen beim Anschauen erotischer Stimuli?

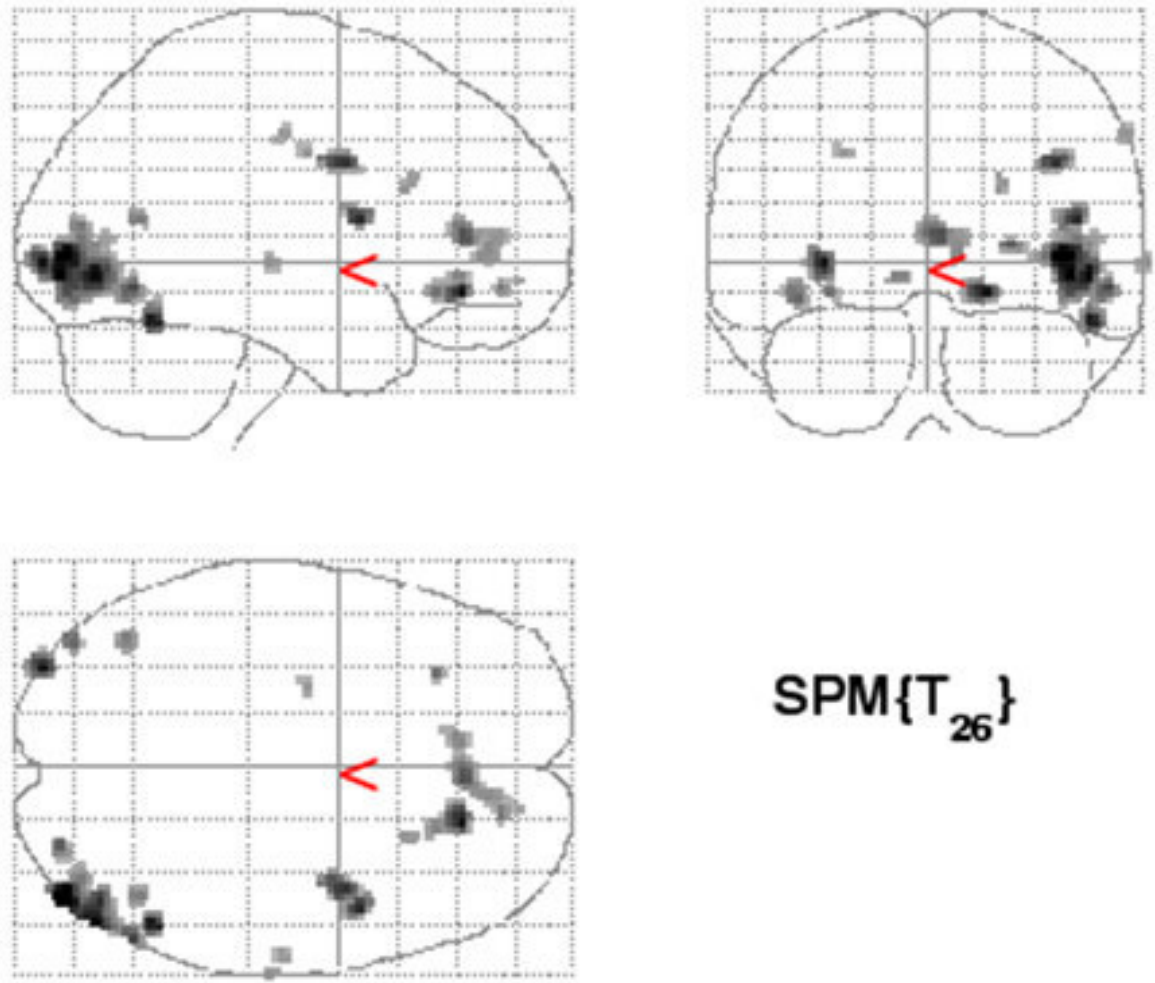


Abbildung 13: Mehraktivierung der gegengeschlechtlichen Stimuli im Vergleich zu eigengeschlechtlichen Stimuli im Bezug auf die männlichen Probanden; n=14/14; $p < 0,001$

	Anatomie	BA	Z-Wert	Talairach Koordinaten			Voxels	p Cluster
	Links							
Occipital	GOM	18	4,34	-32	-89	5	54	0,017
	GOi	18	3,73	-40	-80	-6	14	0,192
Occipito-Temporal	GF	19	3,57	-42	-64	-4	15	0,178
Occipito-Frontal	FOF		3,35	-26	-8	34	6	0,391
Frontal	GFi		3,69	-30	29	-10	7	0,354
Limb. System	Ci		3,53	-10	35	-5	17	0,153
	Rechts							
Occipital	GOM	19	4,55	42	-81	6	347	0,000
Occipito-Temp.	FLI		3,83	26	-83	10	16	0,165
Occipito-Frontal	FOF		3,38	22	21	21	7	0,354
Frontal	GFm	11	4,35	18	36	-10	62	0,012
	GFi	44	4,19	46	7	13	27	0,078
	GFi	44	4,14	40	3	29	53	0,018
	GFd	10	3,63	16	48	-9	16	0,165
	Sc		3,37	59	-16	40	9	0,293
Temporal	Gti	37	4,29	50	-57	-12	41	0,034
	GTm	39	3,58	42	-59	16	13	0,208
	GTs	21	3,42	68	-21	1	6	0,391
Limb. System	GC	24	3,92	4	37	7	103	0,002

Tabelle 5: Mehraktivierung der gegengeschlechtlichen Stimuli im Vergleich zu eigengeschlechtlichen Stimuli im Bezug auf die männlichen Probanden; n=14/14; p<0,001

Wie aus Tabelle 5 ersichtlich stehen sechs aktivierte Areale links zwölf aktivierten Arealen rechts gegenüber. Der mittlere Z-Wert für die linke Hirnhälfte beträgt 3,7, für die rechte Hirnhälfte 3,9.

Man erkennt eine rechts stärker ausgeprägte Aktivierung des Okzipitallappens im Bereich des Gyrus occipitalis medius (BA 18, 19) beidseits und des Gyrus fusiformis (BA 19) links. Der Temporallappen ist im Bereich des Gyrus temporalis inferior rechts (BA 37) aktiviert.

Bei Männern scheint also beim Anschauen von erotischen Frauen der ventrale visuelle Pathway vermehrt aktiv zu sein.

Auffällig sind auch die Aktivierungen im orbitofrontalen Kortex im Bereich des Gyrus cinguli (BA 24) rechts, des Gyrus frontalis inferior (BA 44) rechts und des Gyrus frontalis medius (BA 11) rechts.

Eine Aktivierung des Nucleus accumbens ist hier nicht erkennbar.

4.4.2 Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, Frauen > Männer, n=14/14

Kontrast der Mehraktivierung gegengeschlechtlicher Stimuli gegenüber den eigengeschlechtlichen Stimuli im Bezug auf die weiblichen Probanden bzw. die Mehraktivierung der weiblichen Probanden gegenüber den männlichen Probanden (Abb. 14). Wo reagiert das Gehirn von Frauen im Vergleich zu Männern beim Anschauen erotischer Stimuli?

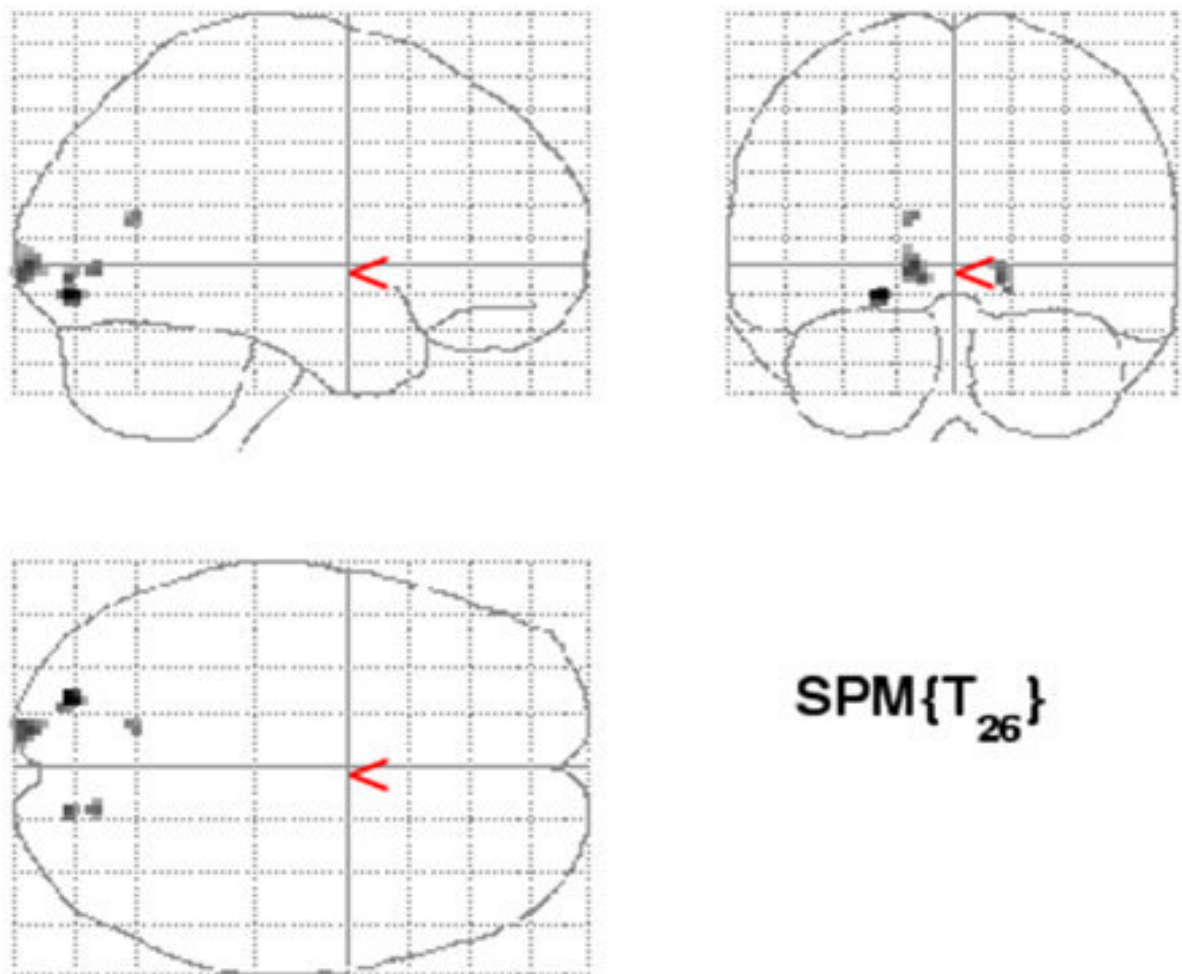


Abbildung 14: Mehraktivierung der gegengeschlechtlichen Stimuli im Vergleich zu eigengeschlechtlichen Stimuli im Bezug auf die weiblichen Probanden; n=14/14; p<0,001

	Anatomie	BA	Z-Wert	Talairach Koordinaten			Voxels	p Cluster
	Links							
Occipital	Ro		3,68	-22	-82	-4	12	0,226
	Sca		3,46	-12	-93	5	32	0,057
	Sca	31	3,27	-12	-61	18	5	0,436
	Rechts							
Occipito-Temporal	GL	18	3,32	14	-74	2	5	0,436

Tabelle 6: Mehraktivierung der gegengeschlechtlichen Stimuli im Vergleich zu eigengeschlechtlichen Stimuli im Bezug auf die weiblichen Probanden; n=14/14

Drei aktivierte Areale links (mittlerer Z-Wert 3,47) stehen einem auf der rechten Seite entgegen.

Auf Voxelenebene finden sich signifikante Aktivierungen okzipital links im Bereich der Radiatio optica und des Sulcus calcarinus (BA 31). Rechts sieht man occipito-temporal im Bereich des Gyrus lingualis (BA 18) vereinzelte Aktivierungen (vgl. Tab. 6).

Eine Aktivierung des orbitofrontalen Kortex und eine verstärkte Aktivierung des ventralen visuellen Streams, wie bei den Männern, finden sich nicht.

Auch eine Beteiligung des Nacc taucht bei diesem Kontrast wieder nicht auf.

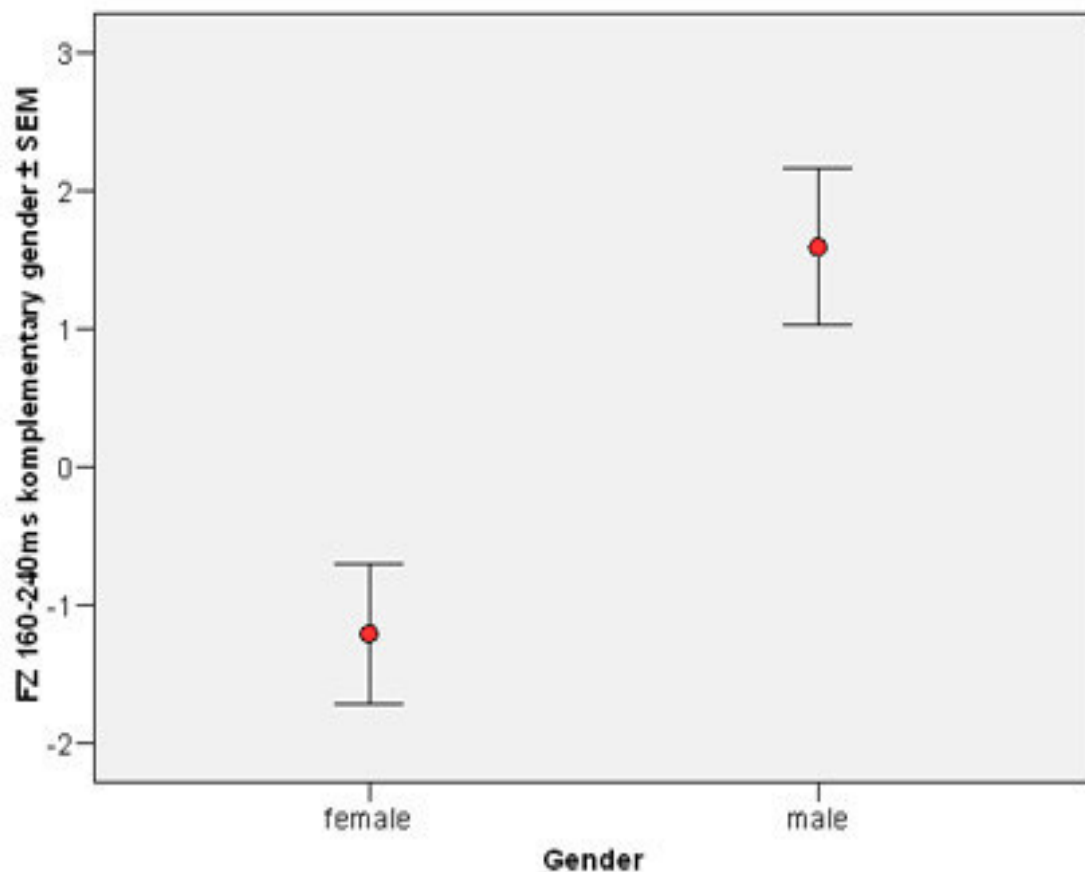
Es liegen, wie geschildert, lediglich vereinzelte okzipitale Aktivierungen vor.

Insgesamt liegt bei den Frauen beim Anschauen von Männern keine solche signifikante Aktivierung vor wie umgekehrt bei den Männern beim Anschauen von erotischen Frauen.

4.5 Korrelation mit EKP – Integralen

Dieser Kontrast setzt sich zusammen aus der Korrelation des gleichen Kontrasts der EKP – Integrale der FZ-Elektrode zum Zeitpunkt 160 bis 240 ms mit den fMRT - Daten im Bezug auf den Kontrast der Mehraktivierung des „Fremdgeschlechts“ gegenüber des eigenen Geschlechts und dem geschlechtsabhängigen Kontrast „Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht“ vom Geschlecht des Betrachters aus gesehen.

Die FZ Elektrode stellte sich in vorausgegangenen Berechnungen als signifikant trennend zwischen den Geschlechter heraus und wurde daher anderen Elektroden vorgezogen. Zu dem gegebenen Zeitpunkt war dies also die Elektrode mit dem meisten Kontrast.



Ränge

	Gender	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
FZ 160-240ms complementary gender	female	14	9,00	126,00
	male	12	18,75	225,00
	Gesamt	26		

Statistik für Test(b)

	FZ 160-240ms komplementary gender
Mann-Whitney-U	21,000
Wilcoxon-W	126,000
Z	-3,240
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,001
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,001(a)

a Nicht für Bindungen korrigiert. / b Gruppenvariable: Gender

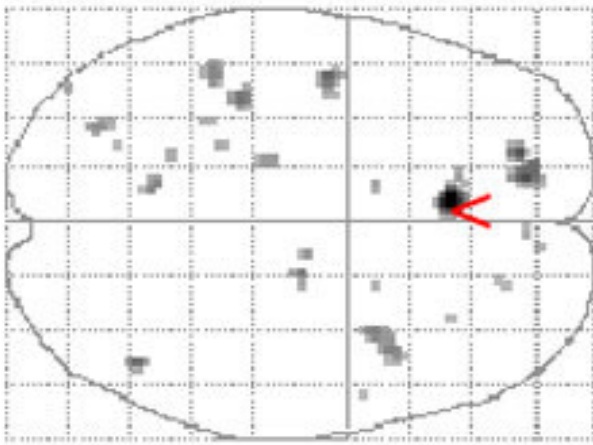
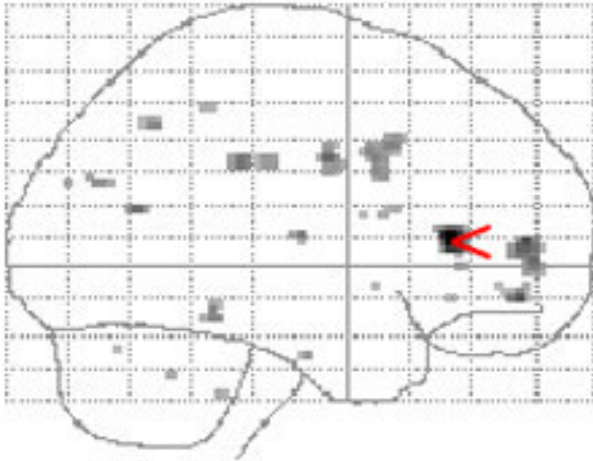
Abbildung 15: Berechnung der Geschlechtertrennung der FZ-Elektrode (zum Zeitpunkt 160 bis 240 ms), n=26

Da sich herausstellte, dass die männlichen Probanden bei den bisherigen Kontrasten mit erotischen Stimuli eine ausgeprägtere Mehraktivierung als die weiblichen Probanden zeigten, wurde auch hier der Kontrast zugunsten der männlichen Probanden gewichtet gewählt. Die EKP – Integrale bei Männern erwiesen sich als signifikant höher als bei Frauen (siehe Abb. 15).

Hier wird gezeigt, wo die fMRT - Daten und die EKP - Integrale Übereinstimmungen im Bezug auf den oben genannten Kontrast aufweisen bzw. welche Komponenten man in beiden Untersuchungsmethoden sehen kann.

Dabei muss noch erwähnt werden, dass sich die EKP - Integrale aus der Aktivierung mehrerer Zentren zusammensetzen, was eine genaue Aussage über die Lokalisation der aktivierten Areale natürlich umso schwieriger macht. Man vergleicht die Magnitude des Dipols im EKP mit der Magnitude des fMRT.

Wie bereits im Kapitel 3.1.2 erwähnt, wurden Linkshänder für den EKP-Teil der Studie generell ausgeschlossen, weswegen hier die Versuchspersonen-Anzahl nur n=26 beträgt.



SPM{T₂₃²}

Abbildung 16: Korrelation der EKP-Integrale der FZ-Elektrode (160-240 ms) mit fMRI Datensätzen des Kontrast „Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, Männer > Frauen“, n=26, nach Geschlecht des Betrachters kontrolliert.

	Anatomie	BA	Z-Wert	Talairach Koordinaten			Voxels
	Links						
Limb. System+sub corticale Strukturen	GC	24	4,99	-6	28	9	55
	NC		3,42	-20	-20	-30	9
	GC	32	3,31	-12	6	38	2
Frontal	GFd	10	4,17	-14	50	6	44
	GFm	11	4,10	-22	48	-8	14
	GFs		3,37	-14	30	2	3
	GPrC	6	3,93	-46	-4	31	17
Temporal	GF	37	3,64	-46	-38	-14	13
	GTm	19	3,29	-42	-79	24	1
Parietal	GPoC	2	3,82	-38	-30	30	15
	PCu	7	3,62	-12	-54	42	10
	LPi	40	3,19	-32	-40	48	2
Occipital	GOs	19	3,56	-30	-70	-24	7
Cerebellum	CT		3,26	-24	-36	-36	2
	CT		3,24	-20	-50	-33	2
	Rechts						
Limb. System+sub corticale Strukturen	vpm		3,69	16	-11	8	4
	U	34	3,47	10	-10	-26	2
	INS	13	3,25	40	8	14	3
	NL		3,15	20	8	-6	1
	GC		3,10	18	42	-4	1
Frontal	GPrC	6	3,65	34	5	31	46
	GFm	10	3,26	4	50	-4	2
	GFm	10	3,15	8	54	0	1
	GFm	10	3,12	20	44	-6	1
	GFi	47	3,11	30	28	-8	1
	GPrC	6	3,11	54	2	14	1
Temporal	GTm	19	3,86	44	59	15	4

Tabelle 7: Korrelation der EKP-Integrale der FZ-Elektrode (160-240 ms) mit fMRI Datensätzen des Kontrast „Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, Männer > Frauen“, n=26, nach Geschlecht des Betrachters kontrolliert.

Es finden sich hier signifikante Aktivierungen auf Voxel Ebene. Der mittlere Z-Wert beträgt für beide Hemisphären 3,65.

Auffällige Aktivierungen liegen im Frontallappen im Bereich des Gyrus frontalis medialis (BA 10) links und im Bereich des Gyrus Präcentralis (BA 6) rechts und links vor (Vgl. Abb. 16 und Tab. 7) Teile des medialen präfrontalen sowie des orbitofrontalen Kortex sind somit an diesem Kontrast beteiligt.

Weitere Aktivierungen finden sich in Arealen des limbischen Systems, hier bevorzugt im Bereich des anterioren Cingulums links (GC: BA 24).

5 Diskussion

Geschlechtsunterschiede bei der Stimulation mit erotischen Bildern können von vielen verschiedenen Faktoren abhängen. Ob es nun unterschiedliche neuronale Wege, unterschiedliche Erkennungsmechanismen, kulturelle Hintergründe, erlernte Mechanismen oder eine Mischung aus vielerlei Faktoren ist, was den Unterschied ausmacht, kann bis heute nicht sicher gesagt werden.

Die vorliegenden Ergebnisse beweisen, dass viele Teile des menschlichen Belohnungssystems an der Verarbeitung erotischer Stimuli beteiligt sind. Die Wahrnehmung erotischer Bilder ruft Aktivierungen in einem diffusen Netzwerk hervor, das vor allem visuelle, limbische und präfrontale Regionen beinhaltet.

Jeder Kontrast wird hier nun separat betrachtet.

5.1 Erotik > Sport

Die meisten Studien vergleichen positive mit neutralen oder negativen Bildern (Meseguer et al., 2007, Bradley et al., 2001)

Hier wurde absichtlich der Vergleich zweier positiver Bildergruppen gewählt und auf den Vergleich mit neutralen Bildern wie Schachbrett und Mosaik verzichtet. Dadurch steht die Dimension der Emotion im Vordergrund und der erotische Aspekt bleibt als Kontrast übrig.

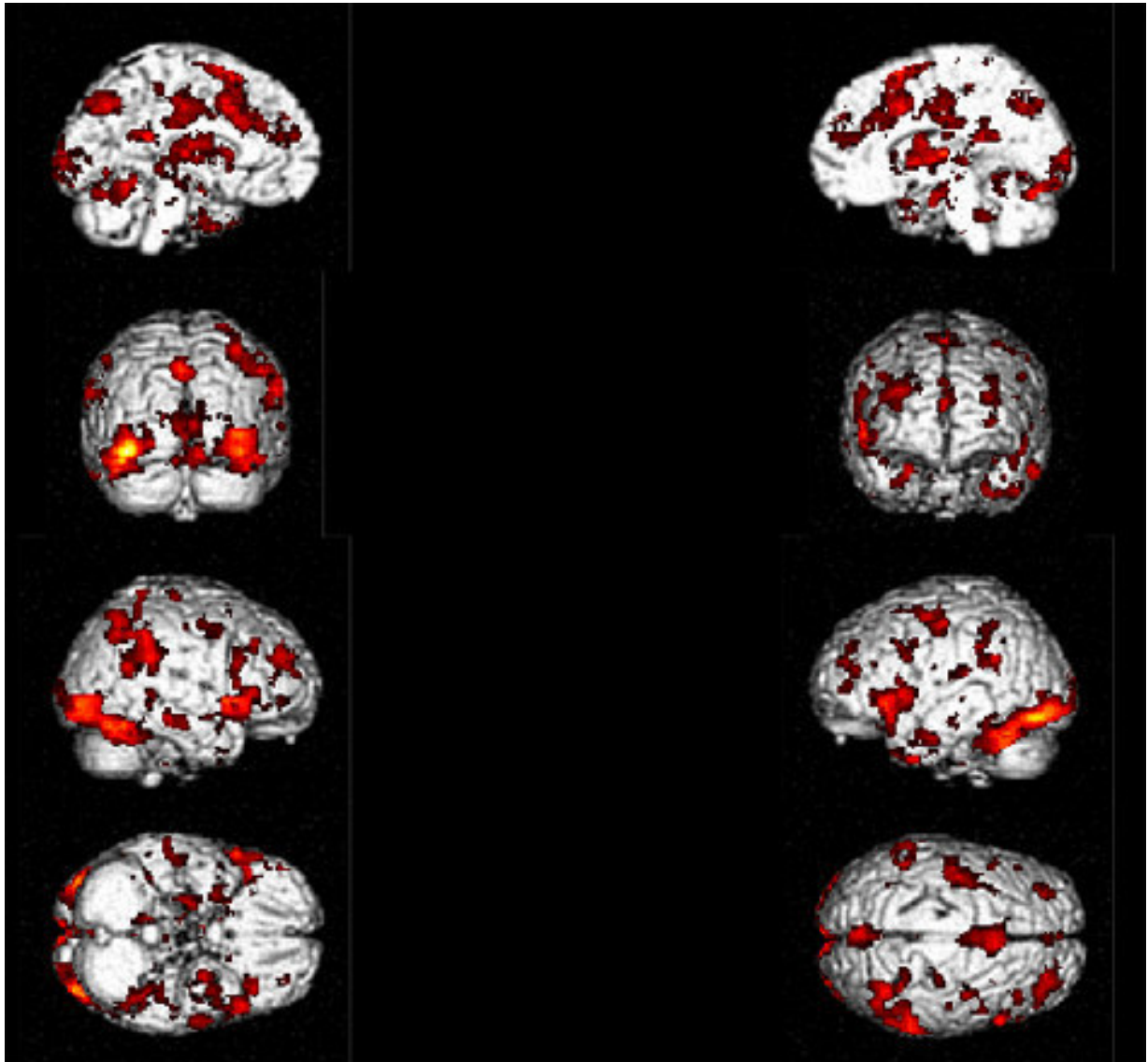


Abbildung 17: Übersichtsansicht der Mehraktivierung der erotischen Stimuli gegenüber den Sportbildern

Erwartungsgemäß zeigten die erotischen Bilder eine vermehrte Aktivierung gegenüber den Sportbildern (Abb. 17).

Sehr auffällige Aktivierungen findet man im sog. „ventralen visuellen Stream“, einem der beiden funktionellen Hauptwege des visuellen Systems. Diesem ventralen Strom wird Objektwahrnehmung, Gesichts – und Farberkennung zugeschrieben (Zilles&Rehkämpfer, S. 172). Daneben existiert ein zweiter visueller Hauptweg, der sog. „dorsale visuelle Stream“. Dieser Teil wird verantwortlich gemacht für die Lokalisation von Gegenständen im Raum, also die räumlich visuelle Information (Rowe et al., 2000, Zilles&Rehkämpfer, S. 172). Beide Wege verbinden den primären visuellen Kortex mit den hierarchisch höher stehenden Arealen V4 und V5 und deren nachgeschaltete kortikale Regionen im inferioren Temporallappen bzw. im Parietallappen (Zilles&Rehkämpfer, S. 171).

Der ventrale Strom verbindet den primären visuellen Kortex mit dem inferioren Temporallappen, der dorsale Strom stellt die Verbindung des visuellen Kortex zum Parietallappen dar. Der ventrale Pathway wird außerdem mit Langzeitgedächtnis – Leistungen in Verbindung gebracht.

Signifikante Aktivierungen erscheinen also okzipital-temporal beidseits im Bereich des Gyrus fusiformis (BA 19, 37) und des Cuneus (BA 17) rechts, die beide dem ventralen Pathway zugerechnet werden. Der Gyrus fusiformis wurde in früheren Studien mit der Verarbeitung von Gesichtern in Verbindung gebracht (Kanwisher et al., 1997), mittlerweile wird aber vorgeschlagen, dass eine vermehrte Aktivierung durch die Verarbeitung emotionaler Stimuli zustande kommt (Simpson et al., 2002). Tatsächlich weisen Untersuchungsdaten darauf hin, dass ein emotionaler Gesichtsausdruck im Vergleich zu neutralem Gesichtsausdruck ebenfalls diese Areale aktiviert (Hariri et al., 2002). Unsere Ergebnisse deuten ebenfalls darauf hin, dass der ventrale visuelle Strom durch seine Verbindungen zu limbischen Strukturen an der Verarbeitung erotischer Stimuli beteiligt ist. Außerdem dürfte die vermehrte Aktivierung der beiden visuellen Systeme für eine erhöhte visuelle Aufmerksamkeit sprechen. Erotischen Stimuli wird somit mehr Aufmerksamkeit geschenkt als Sportmotiven. Die beiden visuellen Wege sind also an der schnellen Verarbeitung komplexer visueller Stimuli und an der schnellen Anpassung der visuellen Aufmerksamkeit an emotionsgebundene Informationen beteiligt (Rudrauf et al., 2008).

Unsere Ergebnisse stimmen auch mit anderen Studien, die Teile der Verarbeitung emotionaler Stimuli dem präfrontalen, insbesondere dem orbitofrontalen (OFK) und mediolateralen präfrontalen Kortex (MPFK) zuschreiben, überein (Northoff et al., 2004, Meseguer et al., 2007). Wie auch immer sind der OFK und der MPFK in unterschiedlicher Weise in die Emotions-Verarbeitung integriert.

Der OFK scheint die Valenz eines Stimulus und nicht das Arousal zu kodieren (Anderson et al., 2003, Heinzl et al., 2005).

Während der OFK an der Vorverarbeitung der Stimuli beteiligt ist, scheint der MPFK die entstandenen Eindrücke überwiegend zu bewerten (Gusnard et al., 2001, Northoff et al., 2004, Lane et al., 2001).

Die Aktivität im MPFK steigt mit zunehmender Attraktivität der Gesichter (Cloutier et al., 2008). Mitchel et al. (2006) fanden außerdem heraus, dass der MPFK rekrutiert wird, wenn Menschen über andere Menschen nachdenken. Die erotischen Stimuli unserer Studie, die gegenüber den Sportbildern eine durchaus erhöhte Attraktivität besitzen, scheinen also zum Nachdenken anzuregen und damit eine vermehrte Aktivität in den Strukturen des MPFK zu erklären.

Weiterhin konnte eine Studie herausfinden, dass der präfrontale Kortex um die Region des GFm (BA 10) bei der Wiedererkennung von Arbeitsgedächtnis- und Langzeitgedächtnis – Inhalten aktiv wird (Ranganath et al., 2003). Ein interessantes Thema für nachfolgende Studien dürfte sicherlich die Untersuchung des Aspekts der Verschiebung der vorliegenden Stimulationsbilder ins Langzeitgedächtnis der Probanden und damit die eventuelle Gewöhnung sein. Da alle Probanden das Stimulationsmaterial mehrfach (durch Wiederholung innerhalb des Paradigmas) und innerhalb eines gewissen Zeitabstands ein zweites Mal (Abstand der Untersuchung fMRT und EKP mindestens eine Woche) sahen, könnten weitere Untersuchungen eventuell weitere Hinweise auf eine Assoziation des präfrontalen Kortex mit dem Langzeitgedächtnis liefern.

Die positiven Bilder aus dem IAPS mit erotischem Kontext aktivieren hier Gehirn-Areale, die dem Belohnungssystem des Menschen angehören, inklusive dem Nacc und dem präfrontalen Kortex. Vorherige Studien haben eine Aktivitätssteigerung im Nacc beim Ansehen von hübschen Gesichtern (Aharon et al., 2001, Winston et al., 2007, Cloutier et al., 2008) oder lustigen Comics (Moran et al., 2004) gezeigt. Bisher liegt nur eine einzige Studie vor, die auch mit positivem Bildmaterial aus dem IAPS arbeitete und ebenfalls eine Aktivierung des NAcc fand (Meseguer et al., 2007). Alle anderen vorliegenden Studien arbeiten wie bereits erwähnt mit anderen Stimuli (siehe auch 2.1) wie z.B. Nahrungsmitteln (Small et al., 2001, O'Doherty, 2002) oder Geldanreiz (Knutson et al., 2008). Unsere Ergebnisse lassen vermuten, dass das ventrale Striatum nicht nur spezifisch auf Belohnungsreize reagiert. Vielmehr kann man sagen, dass eine unspezifische Reaktion auf saliente Reize, also Reize mit erhöhter emotionaler Beteiligung, erfolgt. Dazu zählen auf jeden Fall auch erotische Stimuli.

5.2 Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht

Bereits in der „Glasbrain“ – Übersicht kann man deutlich signifikante Aktivierungen in mehreren Regionen des Gehirns erkennen. Unser Gehirn reagiert also beim spontanen Betrachten des gegensätzlichen Geschlechts stärker bzw. vor allem auch in anderen Regionen, als beim Betrachten des eigenen Geschlechts (vgl. Kapitel 4.3).

Bei diesem Kontrast, der die Aktivierungen bei beiden Geschlechtern beinhaltet, zeigen sich signifikante Aktivierungen im okzipitalen, temporalen und parietalen Kortex. Diese Hirnregionen sind assoziiert mit Aufmerksamkeit, Verarbeitung von visuellen Stimuli und motorisch-sensorischen Funktionen. Subkortikal sticht vor allem die Aktivierung des ventralen Striatums und hier insbesondere des Nacc ins Auge. Dieser Kern scheint ganz besonders wichtig zu sein für das Empfinden von Freude (Berridge, 2003).

Cloutier et al. (2008) fanden heraus, dass Männer beim Betrachten attraktiver Frauen vorzugsweise den OFK und den Nacc aktivieren und stützen damit die These, dass saliente Stimuli wie z.B. erotische Bilder Teile des menschlichen Belohnungssystems aktivieren. Die Ergebnisse von Stark et al. (2005) deuten darauf hin, dass das ventrale Striatum spezifisch durch erregende erotische Bildern (hohes Arousal) aktiviert wird. Auch bei homosexuellen Pädophilen wurde mit entsprechenden sexuell erregenden Stimulationsbildern eine Aktivierung des Striatums gefunden (Schiffer et al., 2008). Sabatinelli et al. (2007) hingegen machen die Valenz, also die Schönheit, Annehmlichkeit eines Bildes und nicht die emotionale Gefährtheit (Arousal) eines Bildes für die Aktivierung des Nacc verantwortlich. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stimmen mit den Ergebnissen von Stark et al. (2005) überein, denn lediglich die erotischen Bilder im Vergleich zu den Sportbildern oder, aus der Sicht des Betrachters, fremdgeschlechtlichen Bildern aktivieren das ventrale Striatum. Beim Kontrast „Eigengeschlecht > Fremdgeschlecht“ handelt es sich auch um einen Vergleich zweier angenehmer Bildgruppen. Hierbei liegt allerdings - wie es laut Sabatinelli et al. (2007) sein müsste –keine Aktivierung des ventralen Striatums und somit des NAcc vor.

Da anzunehmen ist, dass die Nacc Aktivität in der vorliegenden Studie Attraktivität und schließlich auch das Ansprechen auf das gegensätzliche Geschlecht widerspiegelt, ist es umso verwunderlicher, dass es in seiner Funktion keinen Geschlechtsunterschied zu geben scheint.

Viele Verhaltensstudien zeigten auf, dass Männer und Frauen bei der Wahl potentieller Partner auf unterschiedliche Dinge achten (Li et al., 2002, Sprecher et al., 1994). Männer achten verstärkt auf Attraktivität, Frauen dagegen mehr auf Status. Der NAcc scheint allerdings nicht sensibel für diese Unterschiede zu sein.

Das ventrale Striatum scheint also bei der „Befriedigung“ verschiedener „natürlicher“ Bedürfnisse, wozu das Betrachten möglicher Sexualpartner durchaus gehört, aktiv zu sein (Abb. 18).

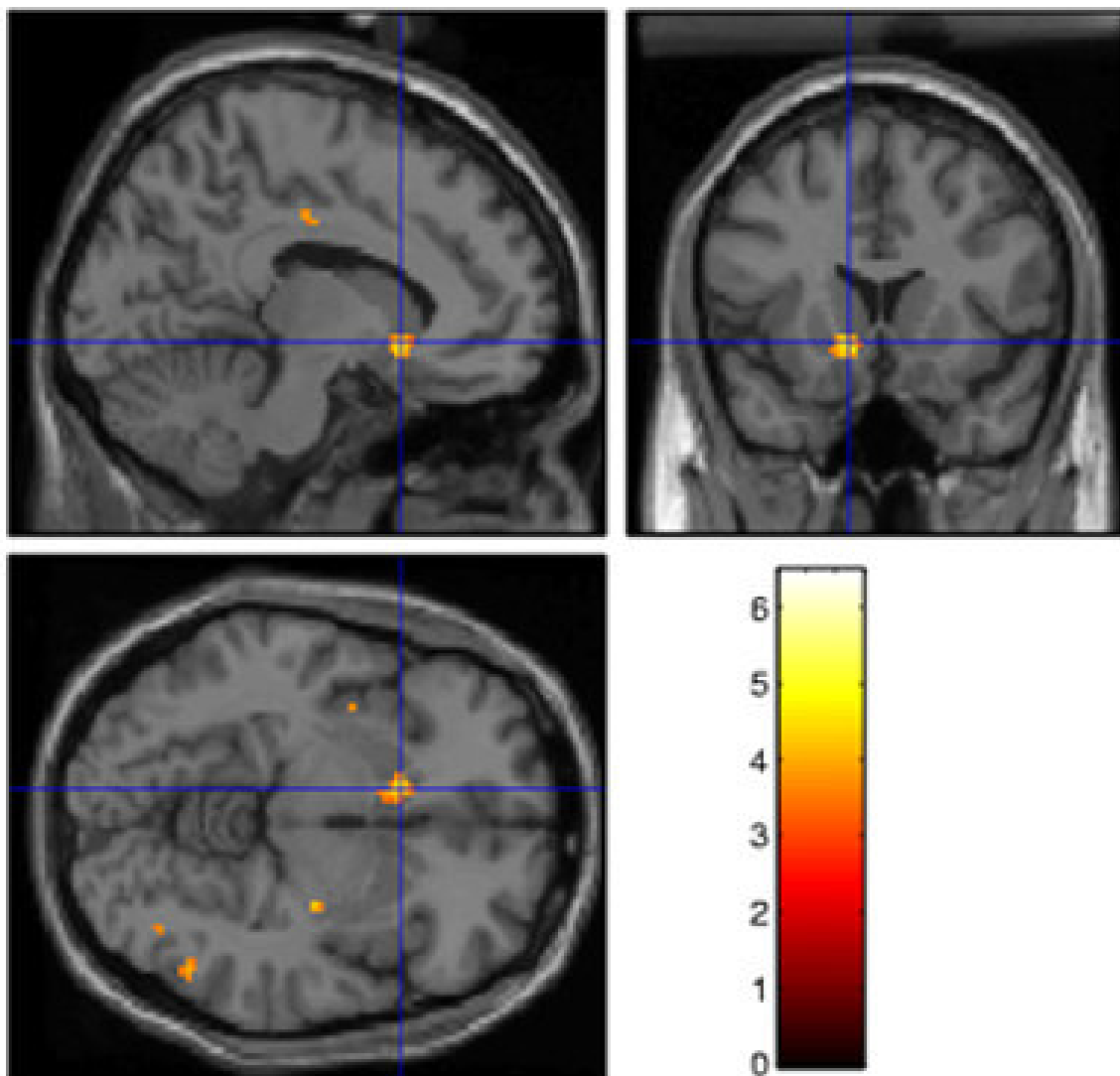


Abbildung 18: Aktivierung im Bereich des Striatums (NAcc) bezüglich des Kontrasts „Fremdgeschlecht>Eigengeschlecht“

Manche Studien vertreten die Meinung, dass die rechte Hemisphäre wichtiger für die Verarbeitung von Emotionen sei (Borod et al., 1998, Adolphs et al., 1996). Aber zwei Studien, die zum einen 106 und zum anderen 65 verschiedene Untersuchungen zum Thema Emotion miteinander verglichen (Murphy et al., 2003, Wager et al., 2003), kamen zu dem Ergebnis, dass wohl keine rechtshemisphärische Asymmetrie bezüglich Emotionsverarbeitung vorliegt. Auch unsere Ergebnisse lassen über alle Kontraste hinweg keine rechtsseitige Dominanz erkennen. Die Anzahl der rechts – und linksseitig gefundenen Maxima hält sich in etwa die Waage.

Eine Aktivierung der Amygdala findet sich hier nicht. In zahlreichen Studien wurde über eine Aktivierung der Amygdala in Assoziation mit emotionalen Stimuli berichtet (Hamann et al., 2004, Ferretti et al., 2005, Beauregard et al., 2001, uvm.). Starke Zusammenhänge zwischen dem Arousal und der Aktivierung der Amygdala sind für anregende sowohl als auch für aversive Stimuli berichtet worden (Anderson et al., 2003, Canli et al., 2000). Die fehlende Beteiligung der Amygdala ist verwunderlich, da diese besonders dann zu reagieren scheinen, wenn ein Stimulus besonders aufregend (arousing) ist (Abler et al., 2005, Anderson et al., 2003), was bei erotischen Bildern durchaus gegeben ist. Das Arousal scheint der beeinflussende Faktor der Amygdala - Aktivierung bei visuellen oder olfaktorischen Reizen zu sein (Anderson et al., 2003, Canli et al., 2000). Hamann et al. (2004) sehen stattdessen das Geschlecht des Betrachters als limitierenden Faktor der Aktivierung an. Vermutlich wurde hier diese Aktivierung durch den Vergleich von Bildern aus derselben (positiven) Gruppe ohne Kontrollgruppe aufgehoben. Dadurch könnte der Kontrast eventuell zu schwach sein. Andererseits könnte es auch möglich sein, dass sexuelle Stimuli spezielle biologische Reize darstellen, die anders verarbeitet werden als andere anregende visuelle Stimuli, was die fehlende Amygdala – Aktivität ebenfalls erklären würde.

5.3 Eigengeschlecht > Fremdgeschlecht

Bei diesem Kontrast entfällt die Distraction des erotischen Moments. Dadurch entsteht eine Verschiebung der Aufmerksamkeit hin zu einer anderen Seite, vermutlich einer kommunikativeren Seite. Es liegen keine vergleichbar signifikanten Resultate wie bei den vorhergehenden Kontrasten vor (Abb. 19).

Die Intention der Gestik scheint insgesamt anders gewichtet zu werden.

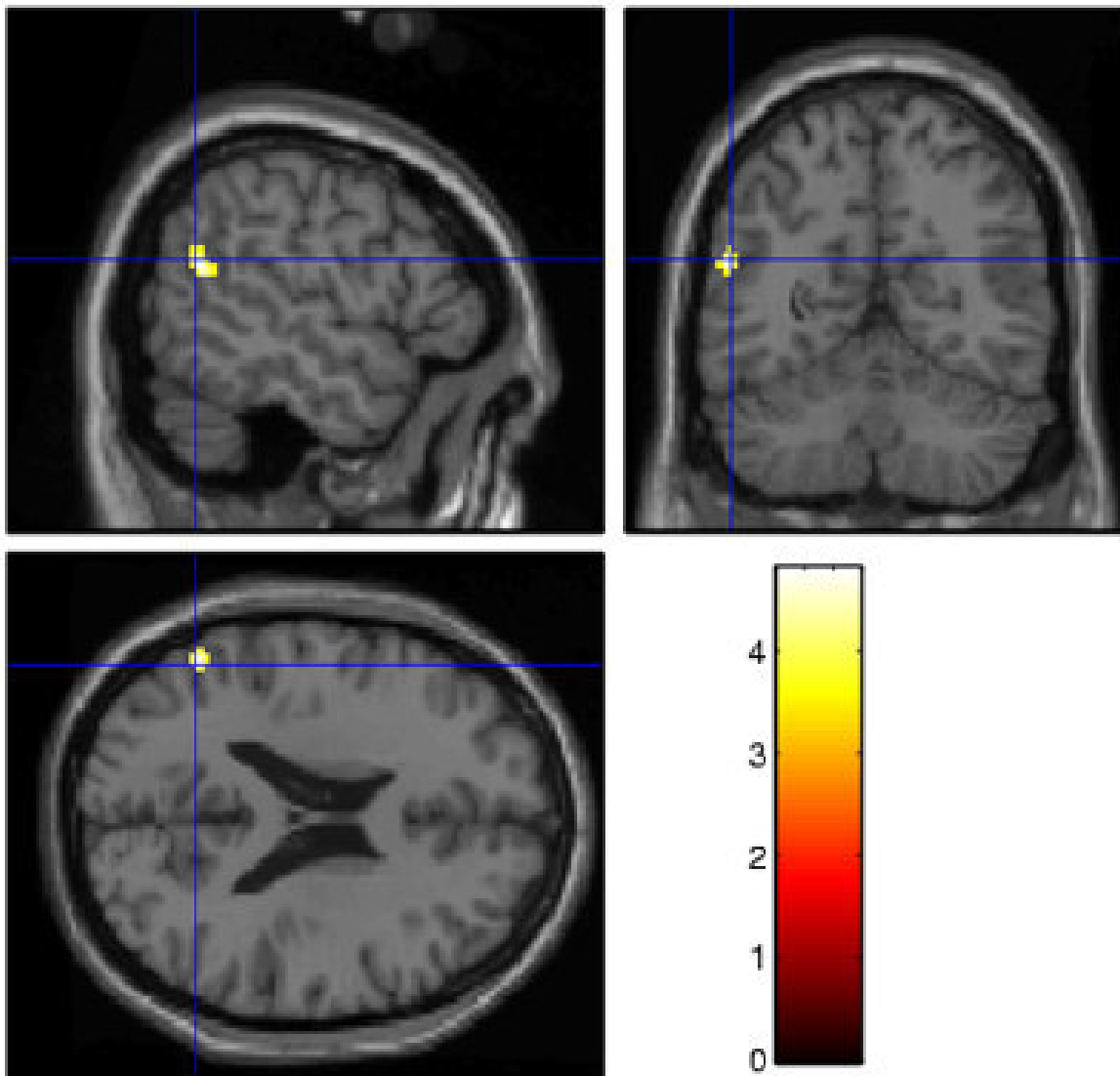


Abbildung 19: Aktivierung im Bereich des Lobus parietalis inferior bei dem Kontrast der Mehraktivierung der eigengeschlechtlichen Stimuli gegenüber den gegengeschlechtlichen Stimuli

Insgesamt kann man festhalten, dass das Betrachten von Bildern des gleichen Geschlechts in erotischer Pose keinen größeren Effekt macht als das Betrachten von Bildern des gegensätzlichen Geschlechts (Abb. 19).

Wichtig hierbei scheint auch zu sein, dass die Betrachter von Bildern entsprechend ihrer sexuellen Orientierung offensichtlich mehr angesprochen werden als von gleichgeschlechtlichen Stimuli. Alle Teilnehmer sind anamnestisch heterosexuell. Paul et al. (2008) hingegen postulierten, dass gegengeschlechtliche Stimuli die Betrachter genauso erregen wie gleichgeschlechtliche Stimuli, unabhängig von der jeweiligen sexuellen Neigung.

5.4 Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, geschlechtsabhängig

Im Vergleich zu dem Kontrast „Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, Frauen > Männer“ sieht man, dass bei Männern beim Ansehen von attraktiven Frauen des anderen Geschlechts deutlich mehr Hirnregionen aktiv sind. Vor allem occipital und frontal (orbitofrontaler Kortex, OFK) finden sich verstärkte Aktivierungen.

Das ventrale Striatum ist bei diesen geschlechtsabhängigen Kontrasten bei der Verarbeitung erotischer Stimuli nicht beteiligt. Dies unterstützt, wie beim Kontrast „Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht“ gesehen, weiterhin die These, dass das Striatum, insbesondere der Nacc, an der Wahrnehmung und Verarbeitung erotischer Bilder beteiligt ist, dies allerdings scheinbar keiner Geschlechtsspezifität unterliegt. Weder bei der separaten Betrachtung der Aktivierungen der männlichen Probanden beim passiven Anschauen von erotischen Frauen (s. Kapitel 4.4.1), noch umgekehrt beim Kontrast der Mehraktivierungen der weiblichen Versuchspersonen beim Betrachten erotischer Männer (s. Kapitel 4.4.2), taucht eine Aktivierung im Bereich des Striatums bzw. NAcc auf.

Während eine Aktivität im NAcc auf ein geschlechtsunabhängiges Verarbeiten von erotischen Stimuli hinweist, scheint die Aktivierung im orbitofrontalen Kortex geschlechtsspezifisch für Männer zu sein.

Für Männer ist Attraktivität bei der Auswahl möglicher Partnerinnen wichtiger als für Frauen, die verstärkt Status, Macht und finanzielle Aspekte bei der Partnerwahl berücksichtigen (Li et al., 2002, Sprecher et al., 1994, Buss&Schmitt, 1993). Vom OFK wird angenommen, dass er eine zentrale Rolle im Bewerten des „Belohnungswertes“ eines Stimulus spielt (Dolan, 1999). Er ist daher beteiligt am emotionsabhängigen Finden von Entscheidungen (Bechara et al., 1997) und ist assoziiert worden mit motiviertem Sozialverhalten (Kringelbach&Rolls, 2004, Arana et al., 2003). Außerdem wurde eine Beteiligung des rechtsseitigen OFK am Verarbeiten visueller sexueller Stimuli in zahlreichen Studien mit männlichen Probanden diskutiert (Arnou et al., 2002, Ferretti et al., 2005, Holstege et al., 2003, uvm).

Vorherige Studien, die mit attraktiven Gesichtern des entgegengesetzten Geschlechts als Stimuli arbeiteten (Aharon et al., 2001) fanden eine Aktivierung des OFK beim Ansehen von attraktiven Gesichtern nur bei Männern. Auch Cloutier et al., (2008) bestätigten diese geschlechtsspezifischen Ergebnisse. Die Untersuchungen von Wrase et al (2003) zeigten eine spezifische Aktivierung des OFK beim

Betrachten von positiven und negativen Bildern nur bei Männern. Ishai (2007) hingegen fand eine vermehrte Aktivierung des OFK beim Ansehen von attraktiven Menschen, also möglichen Sexualpartnern, bei beiden Geschlechtern. Interessant in diesem Zusammenhang ist auch, dass er die Gehirne heterosexueller Männer und Frauen und homosexueller Männer und Frauen in ihrer Reaktion auf ihr bevorzugtes Geschlecht untersuchte. Dabei vermutete er, dass der OFK den „Belohnungswert“ von potentiellen Sexualpartnern, auch den gleichgeschlechtlicher Partnern, unabhängig von der Sicht der Fortpflanzung, Arterhaltung bzw. Reproduktion, widerspiegelt. Diese Ergebnisse konnte unsere Studie nicht bestätigen. Hier scheint eine geschlechtsspezifische (für Männer) Aktivierung des rechten OFK vorzuliegen (Abb. 20), was auch durch das Ergebnis der Korrelation der EKP - Integrale mit den fMRT - Datensätzen unterstrichen wird (s. Kapitel 4.5). Der OFK von Männern ist somit ins menschliche Belohnungssystem integriert.

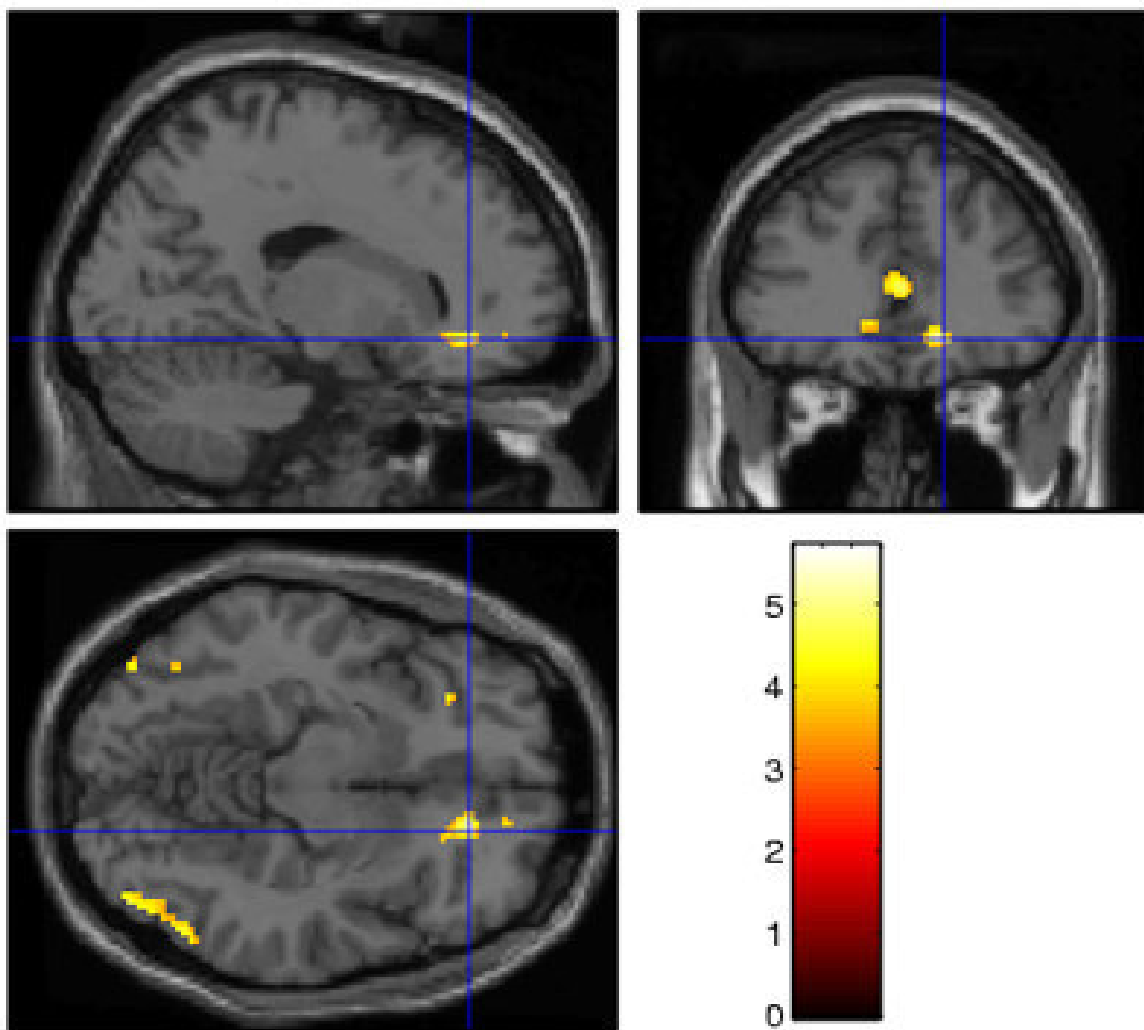


Abbildung20: Aktivierung des orbitofrontalen Kortex bei der geschlechtsabhängigen Mehraktivierung der fremdgeschlechtlichen Stimuli gegenüber den eigengeschlechtlichen Stimuli im Bezug auf die männlichen Betrachter

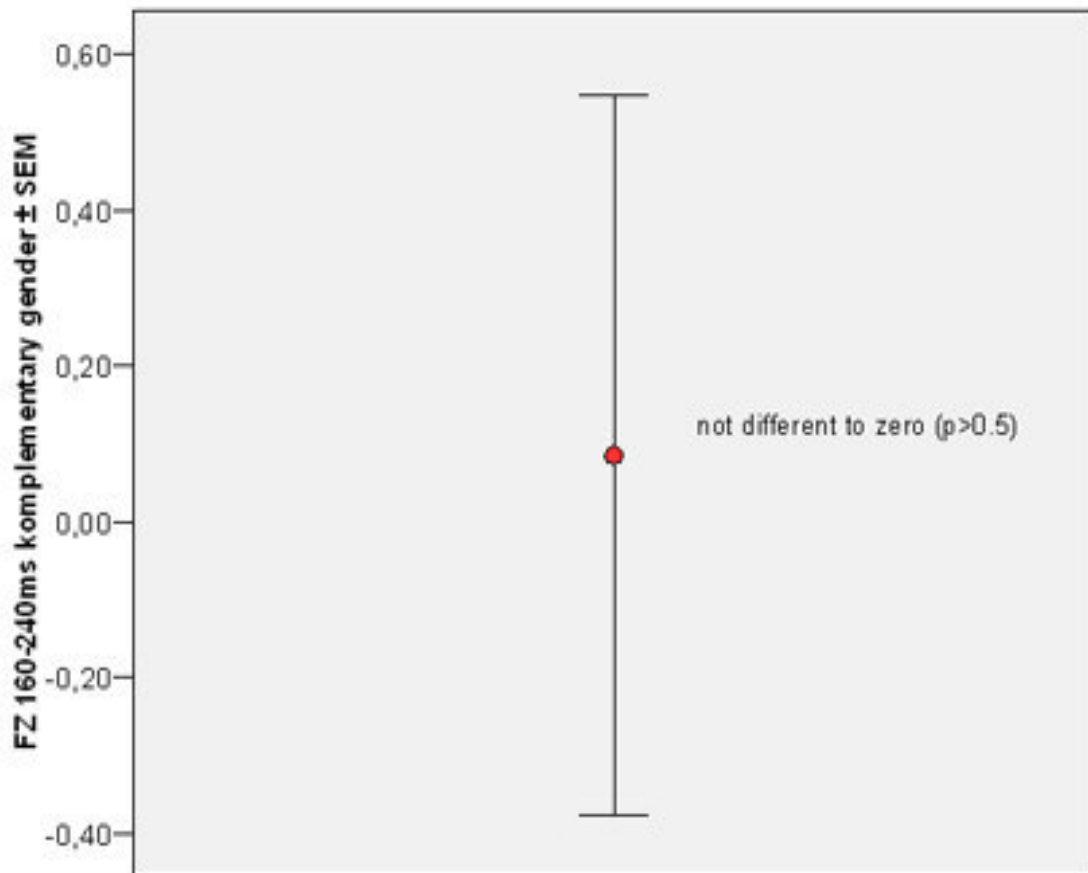
Man könnte vermuten, dass die Aktivierung des OFK unterschiedliche Verhaltensunterschiede aufzeigt wie lohnend Männer und Frauen Attraktivität bzw. erotische Stimuli beurteilen. Dazu muss man allerdings sagen, dass Männer und Frauen Attraktivität unterschiedlich begutachten. Während Männer eher sexuelle Aspekte in ihr Urteil über Gesichter des weiblichen Geschlechts einfließen lassen, beurteilen Frauen eher die ästhetische Seite (Cloutier et al., 2008). Die Vermutung von Wilson und Daily (2004), dass Männer Frauen ansprechender finden als umgekehrt scheint also zuzutreffen.

Wie auch immer, es scheint auf jeden Fall gesichert zu sein, dass der OFK bei der Verarbeitung einer Vielzahl von Emotionen wie Freude, aber auch Frust, Angst oder Traurigkeit eine zentrale Rolle spielt (Wager et al., 2003, Gusnard et al., 2001, Geday et al., 2003). Phan et al. (2002) untersuchten 55 Studien, die sich mit der Induktion von Emotionen beschäftigten, und bestätigten diese Ergebnisse.

Auch im Bereich des visuellen Kortex liegen vor allem bei Männern verstärkte Aktivierungen vor. Diese sind entlang des GOM (BA 18, 19) beidseits zu finden. Bei den Frauen sind Areale entlang des GL (BA 19) und der Ro aktiv. Im Vergleich zu den weiblichen Betrachtern zeigten die männlichen Betrachter beim Anschauen gegengeschlechtlicher Erotik eine verstärkte funktionelle Aktivität im visuellen Kortex. Sabatinelli et al. (2004) konnten ebenfalls solche Geschlechtsunterschiede im visuellen Kortex beim Betrachten erotischer Bilder ausmachen. Die Arbeitsgruppe vermutete, dass die starke Antwort ihrer männlichen Probanden auf erotische Stimuli, die sich im BOLD Signal zeigte, ein spezifischer vielleicht biologisch begründeter visueller Verarbeitungsmechanismus für diese Art von Reizen darstellt. Unsere Ergebnisse stimmen damit überein.

5.5 Korrelation mit EKP-Integralen

Laut den reinen EKP-Integralen (FZ-Elektrode 160-240 ms) in Bezug auf den Kontrast „Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht“, würde das Betrachten des gegensätzlichen Geschlechts keinen größeren Effekt zeigen als das Betrachten von Mitgliedern des eigenen Geschlechts. Vorausgegangene Berechnungen (vgl. Abb 21) zeigten für diesen Kontrast statistisch keine Differenz zu Null (Wilcoxon-Test, $p < 0,5$).



Ränge

		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Constant: zero - FZ 160-240ms komplementary gender	Negative Ränge	12(a)	14,75	177,00
	Positive Ränge	14(b)	12,43	174,00
	Bindungen	0(c)		
	Gesamt	26		

- a constant: zero < FZ 160-240ms komplementary gender
 b constant: zero > FZ 160-240ms komplementary gender
 c constant: zero = FZ 160-240ms komplementary gender

Statistik für Test(b)

	constant: zero - FZ 160-240ms komplementary gender
Z	-,038(a)
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,970

a Basiert auf positiven Rängen.

b Wilcoxon-Test

Abbildung 21: Statistische Berechnung der Differenz zu Null für die EKP-Integrale der FZ-Elektrode zum Zeitpunkt 160-240 ms; n=26

Dies widerlegen die Ergebnisse der fMRT-Daten jedoch deutlich. Bei der Korrelation beider Datensätze mit den Kovarianten „Geschlecht“ und „Werte von FZ_160-240ms“ zeigten sich Übereinstimmungen beider Untersuchungsmethoden.

Es stellt sich natürlich die Frage aus welchem Areal die Werte der FZ-Elektrode stammen und woher die beschriebene Geschlechtertrennung kommt. Es kann angenommen werden, dass diese Werte aus dem Bereich des präfrontalen Kortex sowie aus Bereichen des anterioren Cingulums (ACC) stammen.

Auch hier liegt wieder ein zugunsten der männlichen Betrachter gewichteter Kontrast vor (vgl. Kapitel 4.5). Es zeichnet sich eine starke Beteiligung des linken anterioren Cingulums ab.

Das ACC, das an der medialen Fläche des Gyrus frontalis gelegen ist, wird in Verbindung gebracht mit Aufmerksamkeit, Emotion und sexueller Motivation (Crottaz-Herbette&Menon, 2006, Redouté et al., 2000, Milham et al., 2001 uvm). Vorausgegangene Studien, die mit PET oder fMRT arbeiten, zeigten eine Beteiligung des linken ACC an der Verarbeitung visueller erotischer Stimuli für Männer (Holstege et al., 2003, Arnou et al, 2001, Ferretti et al., 2005).

Verschiedene andere Studien konnten zeigen, dass Patienten mit Läsionen des ACC Aufmerksamkeitsdefizite haben (Ochsner et al., 2001, Cohen et al., 1999). Crottaz-Herbette und Menon (2006) fanden in einer kombinierten fMRT/EKP Studie ebenfalls eine Beteiligung des ACC an der Vermittlung von Aufmerksamkeitskontrolle. Dabei deuten ihre Ergebnisse darauf hin, dass das ACC der größte Impulsgeber der Hirnantworten um 200 ms nach der Stimuluspräsentation ist und eine Veränderung der Aufmerksamkeit weit bis in kortikale Regionen einschließlich des sensorischen Kortex erzeugt (Crottaz-Herbette&Menon, 2006). Dies ist sehr interessant im Bezug auf unsere Ergebnisse, da sie sich die vorliegende Korrelation auf die abgeleiteten Kurvenwerte der „FZ“-Elektrode in der Zeitspanne 160-240 ms post-stimulus

beziehen. Daher kann man vermuten, dass das ACC in dieser Zeitspanne den stärksten Trigger der Hirnantwort darstellt (vgl. Abb. 22).

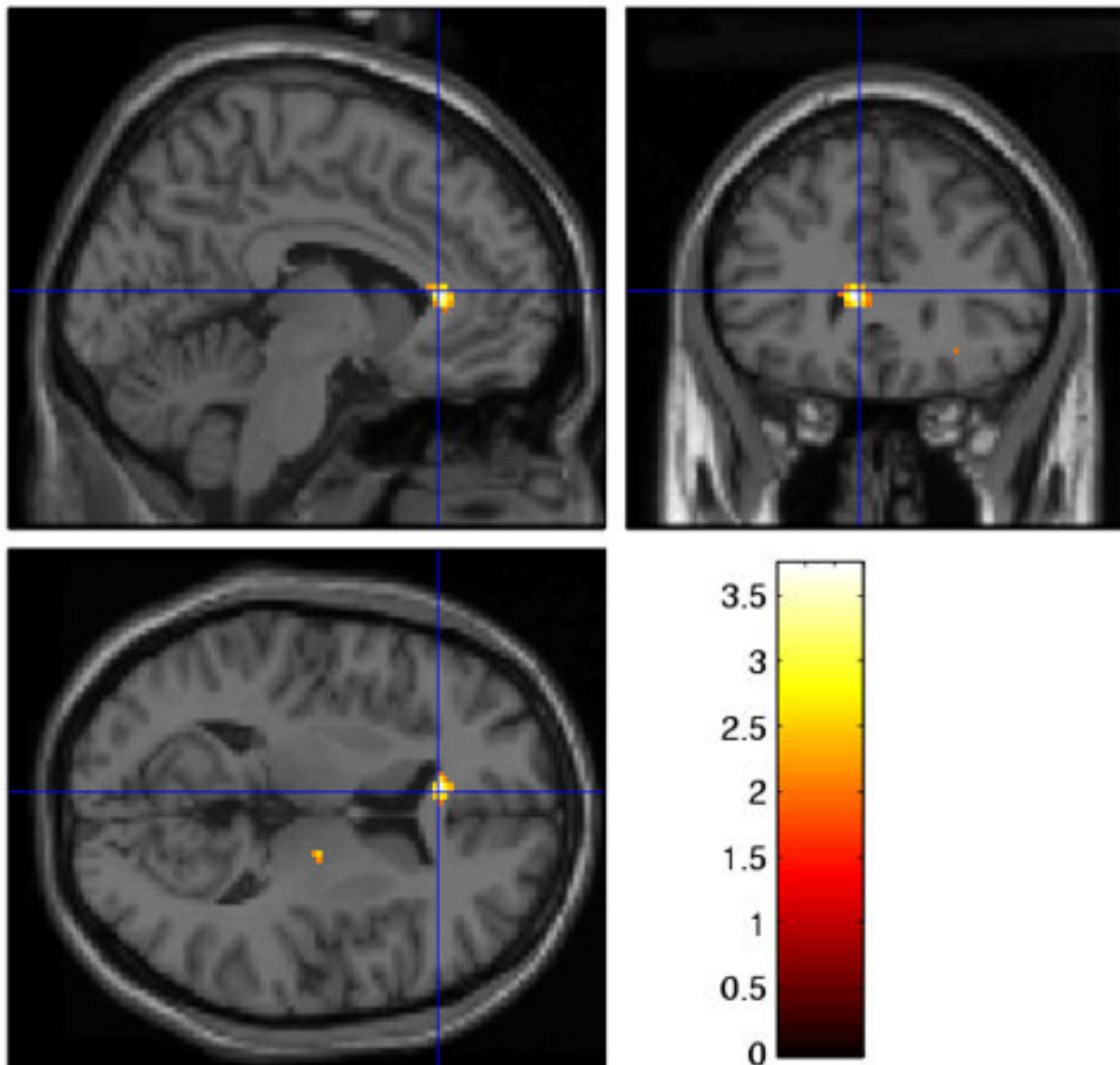


Abbildung 22: Aktivierung im Bereich des anterioren Cingulums bei der Korrelation der EKP-Integrale mit den fMRI-Daten im Bezug auf die männlichen Probanden

Interessanterweise konnten Winston et al. (2007) bereits zeigen, dass Männer beim Wahrnehmen von attraktiven Gesichtern beider Geschlechter ein Areal des ACC stärker rekrutieren als es Frauen tun, wenn sie dieselben Gesichtern sehen. Cloutier et al. (2008) hingegen fanden eine geschlechtsunabhängige Aktivierung des ACC beim Betrachten gegengeschlechtlicher Stimuli. Die vorliegenden Ergebnisse unterstützen die von Winston et al. (2007) gefundene stärkere Aktivierung des ACC beim Betrachten gegengeschlechtlicher Stimuli bei Männern. Unsere Ergebnisse zeigen eine (für Männer) geschlechtsabhängige Aktivierung des linken ACC.

Zusätzliche signifikante Aktivierungen bei diesem Kontrast finden sich im präfrontalen Kortex, insbesondere im Bereich des medial- und orbitofrontalen Kortex. Dies unterstreicht, wie bereits in Kapitel 4.4.1 und 5.4 gesehen, erneut eine geschlechtsspezifische Aktivierung dieser Areale für das männliche Geschlecht.

5.6 Schlussfolgerung

Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass es unterschiedliche Wege gibt wie Männer und Frauen visuelle sexuelle Stimuli verarbeiten.

Es konnte gezeigt werden, dass viele Teile des menschlichen Belohnungssystems an der Verarbeitung erotischer Stimuli beteiligt sind. Wie schon erwähnt ruft die Wahrnehmung erotischer Bilder Aktivierungen in einem diffusen Netzwerk hervor, das vor allem visuelle, limbische und präfrontale Regionen beinhaltet.

Erotische Stimuli zeigen im Vergleich zu Sportbildern eine deutliche Mehraktivierung des Gehirns mit Aktivierungen im präfrontalen Kortex und ventralen Striatum. Gleichzeitig zeigte sich eine signifikante Mehraktivierung bei gegengeschlechtlichen Stimuli als bei eigengeschlechtlichen Stimuli mit Aktivierung oben genannter Zentren. Es konnte demonstriert werden, dass erotische Stimuli eine Aktivierung des NAcc hervorrufen, und dass diese Aktivierung gleichwohl bei Männern und Frauen vorhanden ist, also keiner Geschlechtsabhängigkeit unterliegt.

Weiterhin zeigte sich, dass Männer im Gegensatz zu Frauen beim Betrachten gegengeschlechtlicher Stimuli den ventralen visuellen Pathway und den orbitofrontalen Kortex mit anteriorem Cingulum benutzen.

Zusätzlich gelang uns eine Korrelation der fMRT-Datensätze mit den EKP-Integralen bezüglich des Kontrastes „Fremdgeschlecht > Eigengeschlecht, Männer > Frauen“. Auch diese zeigte eine Übereinstimmung mit den zuvor gefundenen Ergebnissen mit einer für das männliche Geschlecht spezifischen Aktivierung des orbitofrontalen Kortex mit anteriorem Cingulum.

5.7 Limitationen und Ausblicke

Verschiedene Faktoren sind aufgrund des Versuchsaufbaus oder der terminlichen Durchführung der Studie sehr schwer zu berücksichtigen. Dies führt verständlicherweise zu gewissen Einschränkungen.

So hat zum Beispiel der Hormonspiegel von Frauen einen wichtigen Einfluss auf die Aktivierung bestimmter Hirnregionen (Shaywitz et al., 1999) und beeinflusst somit das Urteil der Personenwahrnehmung (Senior et al., 2007) und das Empfinden einer Person. Die untersuchten Frauen befanden sich zur Zeit der Untersuchung alle in unterschiedlichen Phasen ihres Menstruationszyklus. Aufgrund der logistischen Möglichkeiten, d.h. Auslastung des MRT-Scanners während der Woche durch Patienten, konnten die Probanden nur an den freien Wochenenden gescannt werden. Dies limitiert sicherlich die Aussagekräftigkeit der Daten ein wenig und eine Berücksichtigung des Hormonspiegels wäre für künftige Studien dienlich. Trotzdem verbessert die ausbalancierte Reihenfolge zwischen den Verfahren zusätzlich die Genauigkeit unserer Studie.

Auch der Vergleich von Sportbildern im Vergleich zu erotischen Stimuli ist kritisch zu hinterfragen, da sich diese in vielen Aspekten von erotischen Bildern unterscheiden. Eine weitere Einschränkung könnten die unterschiedlichen Orte der Durchführung der Untersuchungen sein, denn der Wert eines Stimulus hängt ab vom Umfeld in dem er erfahren wurde. Hier wurden die Stimulationsbilder zum einen in einer unangenehmen Atmosphäre, nämlich im kalten, lauten und beengten MRT-Scanner, und zum andern in einer angenehmen Atmosphäre, einem bequemen Sessel für den EKP-Teil der Studie, angesehen. Dies könnte zu minimal unterschiedlichen unbewussten Reaktionen führen und wäre sicherlich ein interessantes Thema für weitere Untersuchungen.

Ein kleiner Schwachpunkt dürfte auch eventuell die Korrelation mit den EKP - Integralen sein. Die gewählte Fz-Elektrode stellte sich in vorausgegangenen Berechnungen zwar als signifikant trennend zwischen den Geschlechtern heraus (vgl. Kap. 4.5) und auch vorausgegangene Studien zeigten eine signifikante Rolle der Fz-Elektrode, aber um eventuell exaktere Ergebnisse zu erreichen, sollte man alle Elektroden in die Korrelations-Berechnung mit einbeziehen. Weiterhin könnte man versuchen eine Korrelation mit den EKP - Integralen zu einem späteren Zeitpunkt z.B. 400 ms post-Stimulus anzustreben. Eventuell könnte auch die

gleichzeitige Aufzeichnung der EKP-Kurven im MRT-Scanner die Genauigkeit einer Studie verbessern. Vorherige Studien gelang dies bereits (Crottaz-Herbette & Menon, 2006). Durch die Simultanaufzeichnung werden allerdings Artefakte produziert. In unserem Fall wurden durch die getrennte Aufzeichnung der Untersuchungen die EKP – Kurven nicht durch das fMRT kontaminiert, so dass uns dies akkurater erschien. Aus verfahrenstechnischen Gründen sind die entstandenen EKP – Kurven vergleichbar mit den Daten einer Vorstudie und d.h., dass auch in unserem Fall der gleiche Effekt zustand kommt.

Sicherlich interessant gewesen zu berücksichtigen wäre auch ein möglicher Gewöhnungseffekt an die mehrfach wiederholten Stimulationsbilder. Da die Bilder mehrfach innerhalb des Paradigmas und ein zweites Mal dann bei der zweiten Untersuchung gesehen wurden, könnte es möglich sein, dass unser Gehirn unwillkürlich eine Art „Gewöhnung“ an das Stimulationsmaterial zeigt und minimal anders reagiert.

Alle diese Punkte wären sicherlich interessante Ansatzpunkte für weitere Untersuchungen und könnten helfen künftige Studien zu verfeinern und somit zu verbessern.

6 Literatur

- 1 Abler B, Erk S, Walter H (2005): Das menschliche Belohnungssystem, *Nervenheilkunde* 3/2005,1-8.
- 2 Adolphs R, Damasio H, Tranel D, Damasio AR (1996): Cortical systems for the recognition of emotion in facial expressions. *J Neurosci* 16, 7678-7687.
- 3 Aharon I, Etcoff N, Ariely D, Chabris CF, O'Connor E, Breiter HC (2001): Beautiful faces have variable reward value: fMRI and behavioral evidence. *Neuron* 32, 537-551.
- 4 Anderson AK et al. (2003): Dissociated neural representations of intensity and valence in human olfaction. *Nat Neurosci* 6, 196-202.
- 5 Arana FS, Parkinson JA, Hinton E, Holland AJ, Owen AM, Roberts AC (2003): Dissociable contributions of the human amygdale and orbitofrontal cortex to incentive motivation and goal selection. *J of Neurosci* 23, 9632-9638.
- 6 Arnow BA, Desmond JE, Banner LL, Glover GH, Solomon A, Polan ML, Lue TF, Atlas TF (2002): Brain activation and sexual arousal in healthy, heterosexual males. *Brain* 125, 1014-1023
- 7 Ashburner and Friston (1999): Nonlinear spatial normalization using basis functions. *Hum brain Mapp.* 1999. 7(4) 254 – 266.
- 8 Bandettini PA, Wong EC, Hings RS, Tikofsky RS, Hyde JS (1992): Time course of EPI if human brain function during task activation. *Mag Reson Med* 25: 390 – 397
- 9 Bassareo V, De Luca MA, Di Chiara G (2002): Differential expression of motivational stimulus properties by dopamine in nucleus accumbens shell versus prefrontal cortex. *Neuroscience* 22, 4709-4719.
- 10 Beauregard M, Lévesque J, Bourguin P (2001): Neural correlates of conscious self-regulation of emotion. *Journal of Neuroscience* 21, 1-6, RC165
- 11 Bechara A, Damasio H, Tranel D, Damasio AR (1997): Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science* 275, 1293-1295.
- 12 Berridge KC (2003): Pleasures of the brain. *Brain and Cognition* 52, 106-128.
- 13 Blair RC, Karniski W (1993): An alternative method for significance testing a waveform difference potentials. *Psychophysiology* 30:518-24.
- 14 Boileau I, Assaad JM, Pihl RD et al (2003):Alcohol promotes dopamine release in the human nucleus accumbens. *Synapse* 49, 226-231.

- 15 Borod JC, Cicero BA, Obler LK, Welkowitz J, Erhan HM, Santschi C, Grunwald IS, Agosti RM, Whalen JR (1998): Right hemisphere emotional perception: evidence across multiple channels. *Neuropsychology* 12, 446-458.
- 16 Bradley MM, Codispoti M, Sabatinelli D, Lang PJ (2001): Emotion and Motivation II: Sex Differences in Picture Processing. *Emotion* Vol 1, No 3, 300-319.
- 17 Bradley MM, Sabatinelli D, Lang PJ, Fitzsimmons JR, King W, Desai P (2003): Activation of the visual cortex in motivated attention. *Behavioral Neuroscience* 2, 369-380.
- 18 Buchner H, Noth J: Referenz-Reihe-Neurologie-Methoden: Evozierte Potentiale, Neurovegetative Diagnostik, Okulographie, Methodik und klinische Anwendung, Thieme Verlag, Stuttgart.
- 19 Buss DM, Schmitt DP (1993): Sexual strategies theory: An evolutionary perspective on human mating. *Psychological Review* 100, 204-232.
- 20 Cabeza R, Nyberg L (2000): Imaging cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies. *J. Cogn Neurosci* 12: 1-47.
- 21 Camí J, Farré M (2003): Drug addiction. *N Engl J Med* 349, 975-986.
- 22 Canli T, Zhao Z, Brewer J, Gabrieli JD, Cahill L (2000): Event-related activation in the human amygdala associates with later memory for individual emotional experience. *J Neurosci* 20, 1-5.
- 23 Cardinal RN, Parkinson JA, Hall J, Everitt BJ (2002): Emotion and motivation: the role of the amygdala, ventral striatum and prefrontal cortex. *Neurosci Biobehav Rev* 26, 321-352.
- 24 Carelli RM (2002): Nucleus accumbens cell firing during goal-directed behaviours for cocaine vs. "natural" reinforcement. *Physiol Behav* 76, 379-387.
- 25 Chivers ML (2005): A brief review and discussion of sex differences in the specificity of sexual arousal. *Sexual and Relationship Therapy* 20, 377-390.
- 26 Cloutier J, Heatherton TF, Whalen PJ, Kelley W (2008): Are Attractive People Rewarding? Sex Differences in the Neural Substrates of Facial Attractiveness. *J of Cog Neurosci* 20, 941-951.
- 27 Cohen RA, Kaplan RF, Moser DJ, Jenkins MA, Wilkinson H (1999): Impairments of attention after cingulotomy. *Neurology* 53, 819-824.
- 28 Crottaz-Herbette S, Menon V (2006): Where and When the Anterior Cingulate Cortex Modulates Attentional Response: Combined fMRI and ERP Evidence. *J of Cog Neurosci* 18, 766-780.

- 29 Denter S (2009): Visuelle erotische Reize, Testosteron und ereignis-korrelierte Potentiale, unveröffentlichte Dissertationsschrift, Universität des Saarlandes, Homburg.
- 30 Di Chiara G (2002): Nucleus accumbens shell and core dopamine: differential role in behaviour and addiction. *Behav Brain Res* 137, 75-114.
- 31 Dolan RJ (1999): On the neurology of morals. *Nature Neuroscience* 2, 927-929.
- 32 Dolcos F, Cabeza R (2002): Event-related potentials of emotional memory: Encoding pleasant, unpleasant, and neutral pictures. *Cog Affective & Behav Neurosci* 2, 252-263.
- 33 Dolcos F, LaBar KS, Cabeza R (2004): Dissociable effects of arousal and valence on prefrontal activity indexing emotional evaluation and subsequent memory: an event-related fMRI study. *Neuroimage* 23, 64-74.
- 34 Ebner A, Deuschl G: Referenz – Reihe – Neurologie: EEG, Thieme Verlag.
- 35 Ekman P, Friesen WV, Ancoli S (1980): Facial signs of emotional experience. *J of Personality and Social Psychology* 54, 414-420.
- 36 Elliott R, Newman JL, Longe OA, Deakin JF (2003): Differential response patterns in the striatum and orbitofrontal cortex to financial reward in humans: a parametric functional magnetic resonance imaging study. *J Neurosci* 23, 303-307.
- 37 Erk S, Spitzer M, Wunderlich AP, Galley L, Walter H (2002): Cultural objects modulate reward circuitry. *Neuroreport* 13, 2499-2503.
- 38 Ertel S (1965): Standardization of an impression differential. *Z Exp Angew Psychol* 12, 22-58.
- 39 Everitt BJ, Wolf ME (2002): Psychomotor Simultan Addiction: a neural systems perspective. *J Neuroscience* 22, 3312-3320.
- 40 Ferré S (1997): Adenosine-dopamine interactions in the ventral striatum. Implications for the treatment of schizophrenia. *Psychopharmacology* 131, 107-120.
- 41 Ferretti A, Caulo M, Del Grata C, Di Matteo R, Merla A, Montorsi F, Pizzella V, Pompa P, Rigatti P, Rossini PM, Salonia A, Tártaro A, Romani GL (2005): Dynamics of male sexual arousal: Distinct components of brain activation revealed by fMRI. *Neuroimage* 26, 1086-1096.
- 42 Frahm J, Bruhn H, Merboldt KD, Hanicke W (1992): Dynamic MR imaging of human brain oxygenation during rest and photic stimulation. *J. Magn. Reson Imaging* 2: 501-505.
- 43 Friston KJ, Holmes AP, Frackowiak RSJ, Turner R (1996): Movement-related effects in fMRI time series. *Magn Reson Med* 35:346-355.

- 44 Friston KJ, Holmes AP, Worsley KJ, Poline JB, Frith CD, Frackowiak RSJ (1995): Statistical parametric maps in functional imaging: A general approach. *Human brain mapping*, 2. 189-210.
- 45 Geday J, Gjedde A, Boldsen AS, Kupers R (2003): Emotional valence modulates activity in the posterior fusiform gyrus and inferior medial prefrontal cortex in social perception. *NeuroImage* 18, 675-684.
- 46 Gerfen CR, Wilson CJ (1996): *The Basal Ganglia*. Elsevier Science.
- 47 Goleman, Daniel: *EQ – Emotionale Intelligenz*. dtv, München 1997, 422 S.
- 48 Grehl H, Reinhardt F: *Checkliste Neurologie*, 3. Aufl., Georg Thieme Verlag Stuttgart.
- 49 Groenewegen HJ, Wright CI, Bijer AVJ (1996): The nucleus accumbens: gateway for limbic structures to reach the motor system? In Holstege G, Brandler R, Saper CB (eds) *Emotional motor system*. Elsevier Science Pub., 100 AE Amsterdam, pp. 485-511.
- 50 Gusnard DA, Akbudak E, Shulman GL, Raichle ME (2001): Medial prefrontal cortex and self-referential mental activity: relation to a default mode of brain function. *Proc Natl Acad Sci USA* 98, 4259-4264.
- 51 Hamann S, Herman RA, Nolan CL, Wallen K (2004): Men and woman differ in amygdale response to visual sexual stimuli. *Nature Neuroscience* 7(4), 411-416.
- 52 Hamann S, Mao H (2002): Positive and negative emotional verbal stimuli elicit activity in the left amygdale. *Neuroreport* 13, 15-19
- 53 Hamilton LD, Rellini AH, Meston CM (2008): Cortisol, Sexual Arousal, and Affect in Response to Sexual Stimuli. *J Sex Med* (5) 9: 2111-2118.
- 54 Hamm AO, Vaitl D (1993): Emotionsinduktion durch visuelle Reize: Validierung einer Stimulationsmethode auf drei Reaktionsebenen. *Psychologische Rundschau* 44: 143-161.
- 55 Hariri AR, Tessitore A, Mattay VS, Fera F, Weinberger DR (2002): The amygdale response to emotional stimuli. A comparison of faces and scenes. *Neuroimage* 7, 317-323.
- 56 Heiler S, Weichselberger K (1969): Über den Permutationstest und ein daraus ableitbares Konfidenzintervall , *Metrika* 14, 232-248.
- 57 Heimer L (2000): Basal forebrain in the context of schizoprenia. *Brain Res Rev* 31, 205-235.
- 58 Heimer L (2003): A new anatomical framework for neuropsychiatric disorders and drug abuse. *Am J Psychiatry* 160, 1726-1739.

- 59 Heinzl A, Bermpohl F, Niese R, Pfennig A, Pascual-Leone A, Schlaug G, Northoff G (2005): How do we modulate our emotions? Parametric fMRI reveals cortical midline structures as regions specifically involved in the processing of emotional valences. *Cog Brai Res* 25, 348-358.
- 60 Holstege G, Georgiadis JR, Paans AM, Meiners LC, van der Graaf FH, Reinders AA (2003): Brain activation during human male ejaculation. *J of Neurosci* 23, 9185-9193.
- 61 Horn W(1983): Leistungsprüfsystem (LPS). 2., erweiterte und verbesserte Auflage. Göttingen: Hogrefe.
- 62 Hornak J, O'Doherty J, Bramham J, Rolls ET, Morris RG, Bullock PR, Polkey CE (2004): Reward-related reversal learning after surgical excisions in orbitofrontal or dorsolateral prefrontal cortex in humans. *J Cog Neurosci* 16, 463-478.
- 63 Ishai A (2007): Sex, beauty and the orbitofrontal cortex. *Int J of Psychophysiology* 63, 181-185.
- 64 Izard CE (1994): Die Emotionen des Menschen. Eine Einführung in die Grundlagen der Emotionspsychologie. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- 65 Jäncke L: Methoden der Bildgebung in der Psychologie und den kognitiven Neurowissenschaften, Kohlhammer Verlag.
- 66 Jasper HH (1958): The ten-twenty electrode system of the international Federation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 10: 371-375.
- 67 Kalivas PW, Nakamura M (1999): Neural Systems for behavioral activation and reward. *Curr Opin Neurobiol* 9, 223-227.
- 68 Kampe KK, Frith CD, Dolan RJ, Frith U (2001): Reward value of attractiveness and gaze. *Nature* 413, 589.
- 69 Kandel ER, Schwarz JH, Jessel TM (2000): Principles of Neural Science. McGraw-Hill, New York.
- 70 Kanwisher N, McDermott J, Chun MM (1997): The fusiform face area: A module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *J of Neurosci* 17, 4302-4311.
- 71 Karama S, Lecours 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.
- 72 Klose U, Erb M, Raddi A, Grodd W (1999): Funktionelle Bildgebung mit der Magnetresonanztomographie, *Electromedica* 67: 27-36.

- 73 Knutson B, Adams CM, Fong GW, Hommer D (2001): Anticipation of increasing monetary reward selectively recruits nucleus accumbens. *J Neurosci* 21, RC159.
- 74 Knutson B, Westdorp A, Kaiser E, Hommer D (2000): fMRI visualization of brain activity during a monetary incentive delay task. *Neuroimage* 12, 20-27.
- 75 Knutson B, Wimmer E, Kuhnen CM, Winkielman P (2008): Nucleus accumbens activation mediates the influence of reward cues on financial risk taking. *NeuroReport* 19(5), 509-513.
- 76 Koikkalainen J, Hirvonen J, Nyman M, Lötjönen J, Hietala J, Ruotsalainen U (2007): Shape variability of the human striatum – Effects of age and gender. *NeuroImage* 34, 85-93.
- 77 Kretschmann HJ, Weinrich W (1996): Dreidimensionelle Computergraphik Neurofunktioneller Systeme, Grundlagen für die neurologisch-topische Diagnostik und die kraniale Bilddiagnostik (Magnetresonanztomographie und Computertomographie). Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- 78 Kringelbach ML, O'Doherty J, Rolls ET, Andrews C (2003): Activation of the human orbitofrontal cortex to a liquid food stimulus is correlated with its subjective pleasantness. *Cereb Cortex* 13, 1064-1071.
- 79 Kringelbach ML, Rolls ET (2004): The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: Evidence from neuroimaging and neuropsychology. *Progress in Neurobiology* 72, 341-372.
- 80 Lane RD, Fort C, Johnson S, Ryan L, Trouard T (2001): Dissociable representation of emotional state in dorsal and ventral medial prefrontal cortex. *NeuroImage* 13, 437.
- 81 Lang PJ, Greenwald MK, Bradley MM, Hamm AO (1993): Looking at pictures: affective, facial, visceral and behavioral reactions. *Psychophysiology* 30: 261-73.
- 82 Lang PJ, Öhmann A, Vaitl D (1988): The international affective picture system. Gainesville: Center for research in psychophysiology. University of Florida, USA, 1988.
- 83 LeDoux J (2001): Das Netz der Gefühle. Wie Emotionen entstehen. *Biologische Psychologie, Schandry, Kapitel 6&7, Deutscher Taschenbuchverlag.*
- 84 Leon-Carrion J, Martin-Rodriguez JF, Damas-Lopez J, Pourrezai K, Izzetoglu K, Barroso JM, Dominguez-Morales MMR (2007): Does dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) activation return to baseline when sexual stimuli cease? The role of DLPFC in visual sexual stimulation. *Neuroscienc Letters* 416, 55-60.

- 85 Li NP, Bailey JM, Kenrick DT, Linsenmeier JA (2002): The necessities and luxuries of mate preferences: Testing the tradeoffs. *J of Personality and Social Psychology* 82, 947-955.
- 86 Ljungberg T, Apicella P, Schultz W (1992): Responses of monkey dopamine neurons during learning of behavioural reactions. *J Neurophysiol* 67, 145-63.
- 87 Lutzenberger W, Elbert T, Rockstroh B, Birbaumer N (1985): *Das EEG. Psychophysiologie und Methodik von Spontan-EEG und ereigniskorrelierte Potentiale*, Berlin. Springer-Verlag.
- 88 Lykins AD, Meana M, Strauss GP (2008): Sex Differences in Visual Attention to Erotic and Non-Erotic Stimuli. *Arch Sex Behav* 37, 219-228.
- 89 Mai JK, Assheuer J, Paxinos G (2004): *Atlas of the human brain*, 2nd edn. San Diego: Academic Press.
- 90 Maravilla KR, Deliganis AV, Heiman J, Fisher D, Carter W, Weiskoff R et al. (2000): BOLD fMRI evaluation of normal female sexual arousal response: sites of cerebral activation correlated with subjective and objective measures of arousal. *Proc Int Soc Magn Reson Med* 8, 918.
- 91 Meseguer V, Romero MJ, Barros Loscertales A, Belloch V, Bosch-Morell F, Romero J, Avila C (2007): Mapping the appetitive and aversive systems with emotional pictures using a block-design fMRI procedure. *Psicothema* 19, 483-488.
- 92 Miezin FM, Maccotta L, Ollinger JM, Peterson SE, Buckner RL (2000): Characterizing the hemodynamic response: effects of presentation rate, sampling procedure, and the possibility of ordering brain activity based on relative timing. *Neuroimage* 11:735-759.
- 93 Milham MP, Banich MT, Webb AT, Barad V, Cohen NJ, Wszalek T, Kramer AF (2001): The relative involvement of anterior cingulate and prefrontal cortex in attentional control depends on nature of conflict. *Brain Research: Cog Brain Research* 12, 467-473.
- 94 Mitchell JP, Macrae CN, Banaji MR (2006): Dissociable medial prefrontal contributions to judgements of similar and dissimilar others. *Neuron* 50, 655-663.
- 95 Moonen CTW, Bandettini PA (eds.): *Functional MRI*. Berlin 2000.
- 96 Moran JM, Wig GS, Adams RB, Janata P, Kelley WM (2004): Neural correlates of humor detection and appreciation. *Neuroimage* 21, 1055-1060.
- 97 Murphy FC, Nimmo-Smith I, Lawrence AD (2003): Functional neuroanatomy of emotions: a meta-analysis, *Cog Affect Behav Neurosci* 3, 207-233.
- 98 Neto LL, Oliviera E, Correia F, Ferreira AG (2008): The Human Nucleus Accumbens: Where is it? A Stereotactic, Anatomical and Magnetic

Resonance Imaging Study. *Neuromodulation* 11, 13-22.

- 99 Northoff G, Heinzel A, Bermpohl F, Niese R, Pfennig A, Pascual-Leone A, Schlaug G (2004): Reciprocal modulation and attenuation in the prefrontal cortex: An fMRI study on emotional-cognitive interaction. *Hum Brain Mapp* 21, 202-212.
- 100 O'Doherty JP, Deichmann R, Critchley HD, Dolan RJ (2002): Neural responses during anticipation of a primary taste reward. *Neuron* 33, 815-26.
- 101 Ochsner KN, Kosslyn SM, Cosgrove GR, Cassem EH, Price BH, Nierenberg AA, Rauch SL (2001): Deficits in visual cognition and attention following bilateral anterior cingulotomy. *Neuropsychologica* 39, 219-230.
- 102 Ogawa S, Lee TM, Kay AR, Tank DW (1990): Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. *Proc. Natl. Acad Sci USA* 87: 9868-9872.
- 103 Ogawa S, Menon RS, Tank DW, Kim SG, Merkle H, Ellermann JM, Ugurbil K (1993): Functional brain mapping by blood oxygenation level-dependent contrast in magnetic resonance imaging. A comparison of signal characteristics with a biophysical model. *Biophys J* 64: 803-812.
- 104 Oldfield RC (1971): The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 9: 97 -113.
- 105 Olds J, Milner P (1954): Positive Reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat brain. *J Comp Phys Psychol* 47, 419-427.
- 106 Papez JW (1937): A proposed mechanism of emotion. *Archives of Neurology and Psychiatry* 79, 217-224.
- 107 Park K, Kang HK, Seo JJ, Kim HJ, Ryu SB, Jeong GW (2001): Blood-oxygenation-dependent functional magnetic resonance imaging for evaluating cerebral regions of female sexual arousal response. *Urology* 57, 1189-1194.
- 108 Paul T, Schiffer B, Zwarg T, Krüger THC, Karama S, Schedlowski M, Frosting M, Gizewski ER (2008): Brain Response to Visual Sexual Stimuli in Heterosexual and Homosexual Males. *Hum Brain Mapp* 29, 726-735.
- 109 Phan KL, Wagner T, Taylor SF et al. (2002): Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *Neuroimage* 16, 331-348.
- 110 Plutchik R (1980): *Emotion-A Psychoevolutionary Synthesis*. New York: Harper&Row.
- 111 Pradarutti, JC (2009): Durch erotische visuelle Reize ausgelöste ereigniskorrelierte Potentiale. Der Einfluss von Sexualhormonen.

Dissertationsschrift, Universität des Saarlandes, Homburg.

- 112 Raichle ME (1987): Circulatory and metabolic correlates of brain function in normal humans, In: S.R. Geiger (ed.): Handbook of physiology: the nervous system. Vol. 1. New York 1987.
- 113 Ramsey NF (2000): Direct Comparison of functional MRI and PET, in: Moonen CTW, Bandettini PA (eds), Functional MRI, Springer Verlag Berlin, pp. 421-431.
- 114 Ranganath C, Johnson MK, D'Esposito M (2003): Prefrontal activity associated with working memory and episodic long-term memory. *Neuropsychologia* 41, 378-389.
- 115 Rauch SL, Shin LM, Dougherty DD, Alpert NM, Orr SP, Lasko M, Macklin ML, Fischman AJ, Pitman RK (1999): Neural activation during sexual and competitive arousal in healthy man. *Psychiatry Research Neuroimaging Section* 91, 1-10.
- 116 Redouté J, Stoléru S, Greégoire MC, Costes N, Cinotti L, Lavenne F, LeBars D, Forest MG, Pujol JF (2000): Brain processing of visual sexual stimuli in human males. *Hum Brain Mapp* 11, 162-177.
- 117 Reitan RM: Trail Making Test, Manual for Administration and Scoring, Reitan Neuropsychology Laboratory, South Tucson, Arizona.
- 118 Robbins TW, Everitt BJ (1996): Neurobehavioural mechanism of reward and motivation. *Curr Opin Neurobiol* 6, 228-236.
- 119 Rolls ET (1999): *The Brain and Emotion*. Oxford University Press, London.
- 120 Rolls ET (2000): The orbitofrontal cortex and reward. *Cereb Cortex* 10, 284-294.
- 121 Romo R, Schultz W (1990): Dopamine neurons of the monkey midbrain: contingencies of responses to active touch during self-initiated arm movements. *J Neurophysiol* 63, 592-606.
- 122 Rösler F (1982): *Hirnelektrische Korrelate kognitiver Prozesse*. Berlin u.a.: Springer Verlag.
- 123 Rowe JB, Toni I, Josephs O, Frackowiak RS, Passingham RE (2000): The prefrontal cortex: Response selection or maintenance within working memory? *Science* 288, 1656-1660.
- 124 Rudrauf D, David O, Lachaux JP, Kovach CK, Martinerie J, Renault B, Damasio A (2008): Rapid Interactions between the Ventral Visual Stream and Emotion-Related Structures Rely on a Two-Pathway Architecture. *J of Neurosci* 28, 2793-2803.
- 125 Sabatinelli D, Bradley MM, Lang PJ, Costa VA, Versace F (2007): Pleasure

rather than salience activates the human nucleus accumbens and medial prefrontal cortex. *J Neurophysiol* 98, 1374-1379.

- 126 Sabatinelli D, Flaisch T, Bradley MM, Fitzsimmons JR, Lang PJ (2004): Affective picture processing: gender differences in visual cortex? *NeuroReport* 7, 1109-1112.
- 127 Safron a, Barch B, Bailey M, Gitelman DR, Parrish TB, Reber PJ (2007): Neural correlates of Sexual Arousal in Homosexual and Heterosexual Men. *Behav Neurosci* 121(2), 237-248.
- 128 Salamone JD, Correa M (2002): Motivational views of reinforcement: implications for understanding the behavioral functions of nucleus accumbens dopamine. *Behav. Brain Res* 137, 3-25.
- 129 Schiffer B, Krueger T, Paul T, de Greiff A, Forsting M, Leygraf N, Schedlowski M, Gizewski E (2008): Brain response to visual sexual stimuli in homosexual pedophiles. *J Psychiatry Neurosci* 33, 23-33.
- 130 Schmidt KH, Metzler P.(1992): *Wortschatztest(WST)*. Weinheim:Beltz-Test.
- 131 Schneider F, Grodd W, Weis U, Klose U, Mayer KR, Nagele T, Gur RC (1997): Functional MRI reveals left amygdale activation during emotion. *Psychiatry Research* 76, 75-82.
- 132 Schneider K (1990): Emotionen. In: H. Spada (Ed.), *Lehrbuch Allgemeine Psychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- 133 Schneider K, Dittrich W (1990): Evolution und Funktion von Emotionen. In KR Scherer (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Teilband C/IV/3, Psychologie der Emotion* (S. 41-114). Göttingen: Hogrefe.
- 134 Schultz W (1986): Responses of midbrain dopamine neurons to behavioural trigger stimuli in the monkey. *J Neurophysiol* 56, 1439-1461.
- 135 Senior C, Lau A, Butler MJR (2007): The effects of the menstrual cycle on social decision making. *Int J of Psychophysiology* 63, 186-191.
- 136 Shaywitz SE, Shaywitz BA, Pugh KR, Fulbright RK, Skudlarski P, Mencl WE et al (1999): Effect of estrogen on brain activation patterns in postmenopausal women during working memory tasks. *JAMA* 281, 1197-1202.
- 137 Simpson JR, Ongur D, Akbudak E, Conturo TE, Ollinger JM, Snyder AZ, Gusnard DA, Raichle ME (2000): The emotional modulation of cognitive processing: an fMRI study. *J Cogn Neurosci* 12, 157-170.
- 138 Small DM, Zatorre RJ, Dagher A, Evans AC, Jones-Gotman M (2001): Changes in brain activity related to eating chocolate: from pleasure to aversion. *Brain* 124, 1720-1733.

- 139 Spanagel R, Weiss F (1999): The dopamine hypothesis of reward: past and current status. *Trends Neuroscience* 22, 521-527.
- 140 Sprecher S, Sullivan Q, Hatfield F (1994): Mate selection preferences: Gender differences examined in a national sample. *J of Personality and Social Psychology* 66, 1074-1080.
- 141 Stark R, Schienle A, Girod C, Walter B, Kirsch P, Blecker C, Ott U, Schäfer A, Sammer G, Zimmermann M, Vaitl D (2005): Erotic and disgust-inducing pictures-Differences in the hemodynamic responses of the brain. *Biological Psychology* 70, 19-29.
- 142 Sturm V, Lenart D, Koulousakis A et al (2003): The nucleus accumbens: a target for deep brain stimulation in obsessive-compulsive and anxiety disorders. *J Chem Neuroanat* 26, 293-299.
- 143 Talairach J, Tournoux P (1993): Referently Oriented cerebral MRI Anatomy. Georg Thieme Verlag Stuttgart New York.
- 144 Talairach J, Tournoux P: Co-Planar Stereotactic Atlas of the Human Brain. Stuttgart 1988.
- 145 Toga AW, Mazziotta JC.:Brain Mapping: The systems. San Diego 2000.
- 146 Trepel M (2004): Neuroanatomie – Struktur und Funktion, 3.Auflage, Urban&Fischer Verlag.
- 147 Wager TD, Phan KL, Liberzon I, Taylor SF (2003): Valence, gender, and lateralization of functional brain anatomy in emotion: a meta-analysis of findings from neuroimaging. *NeuroImage* 19, 513-531.
- 148 Walter M, BERPohl F, Mouras H, Schlitz K, Tempelmann C, Rotte M, Heinze HJ, Bogerts B, Northoff G (2008): Distinguishing specific sexual and general emotional effects in fMRI-subcortical and cortical arousal during erotic picture viewing. *Neuroimage* 40, 1482-1494.
- 149 Wilson M, O'Doherty (2004): Do pretty woman inspire men to discount the future? *Proceeding of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences* 271, 177-179.
- 150 Winston JS, O'Doherty J, Kilner JM, Perrett DI, Dolan RJ (2007): Brain systems for assessing facial attractiveness. *Neuropsychologia* 45, 195-206.
- 151 Wise RA (1980): The dopamine synapse and the notion of 'pleasure centers' in the brain. *Trends Neuroscience* 1, 91-95.
- 152 Wohlschläger A, Kellermann T, Habel U. Datenanalyse: Vorverarbeitung Statistik und Auswertung. In: Schneider F, Fink GR (Hrsg). Funktionelle Kernspintomographie in Psychiatrie und Neurologie. Springer, Heidelberg, 2007; 133-149.
- 153 Wrase J, Klein S, Gruesser SM, Herzmann D, Flor H, Mann K, Braus DF,

Heinz A (2003): Gender differences in the processing of standardized visual stimuli in humans: a functional magnetic resonance imaging study. *Neurosci Letters* 348, 41-45.

- 154 Zahm DS (2000): An integrative neuroanatomical perspective on some subcortical substrates of adaptive responding with emphasis on the nucleus accumbens. *Neurosci BioBehav Rev* 24, 85-105.
- 155 Zahm DS, Brog JS (1992): On the significance of subterritories in the "accumbens" part of the rat ventral striatum. *Neuroscience* 50, 751-767.
- 156 Zilles K, Rehkämpfer G: *Funktionelle Neuroanatomie, Atlas*, 3. Aufl., Springer Verlag.

Webseiten:

www.neurovia.umn.edu/websevice/tal_atlas.html

www.trincoll.edu/~dlloyd/brodman.html

www.easycap.de

www.brainproducts.com

www.fmrib.ox.ac.uk/education/fmri/brief-introduction-to-fmri-physiology

www.wikipedia.de

www.allgroundup.com

www.glueck-und-wohlbefinden.de

7 Dank

Herrn Prof. Dr. med. W. Reith möchte ich für die Überlassung des Themas und für seine Bereitschaft jederzeit zu helfen, meinen herzlichen Dank sagen.

Ebenso bedanke ich mich bei Herrn PD Dr. Heinz, der die Anregung zur Auswahl des Stimulationsmaterials und zur Zusammenarbeit mit seiner Arbeitsgruppe gab.

Einen ganz besonderen Dank möchte ich meinem Betreuer Christoph Krick aussprechen. Ohne seine Mühen und Hilfen wäre eine Durchführung dieser Arbeit nicht möglich gewesen. Ein Riesen-Dank für all seine aufgebrauchte Zeit und Motivation.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an meine Eltern, die mich jederzeit aufgebaut haben und mich während des gesamten Studiums finanziell unterstützt haben.

Auch meinem Freund Oliver Spang möchte ich für seine umfassende Unterstützung in technischen Fragen danken.

Vor allem möchte ich mich recht herzlich bei allen Probanden bedanken. Durch ihr uneigennütziges Engagement und ihren Zeitaufwand haben sie erheblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

8 Lebenslauf

Zur Person

Name: Portugall
Vorname: Vanessa
Geburtsdatum und Ort: 06. November 1978 in Ottweiler/SAAR
Nationalität: deutsch
Anschrift: Auf Dompfen 10
66629 Oberkirchen
Tel.: 06855-6152
E-Mail: va-po@gmx.net
Familienstand: ledig

Schulbildung

Universitätsstudium:
Voraussichtlich Ende 2009
08/08 – 07/09
Staatsexamen/ärztliche Prüfung
Praktisches Jahr
1. Innere Medizin (SRO Langenthal, Schweiz)
2. Chirurgie (Kantonsspital Olten, Schweiz)
3. Anästhesie (Spital Zofingen, Schweiz)
Seit 2003
1998-2003
Studium der Humanmedizin an der med. Fakultät
Homburg / SAAR
Studium der Zahnmedizin an der med. Fakultät
Homburg / SAAR
Vorherige Schulbildung:
1990-1998
1990-1989
1989-1985
Staatliches Gymnasium Kusel
Orientierungsstufe Realschule Kusel
Grundschule Oberkirchen

9 Anhang

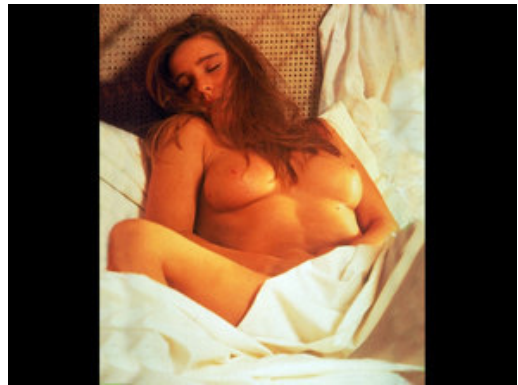
Abkürzungen

Acc	Anteriores Cingulum
CA	Commissura anterior cerebri
Ci	Cingulum
Cl	Clastrum
CT	Tonsilla cerebellaris
Cu	Cuneus
FLI	Fasciculus longitudinalis inferior
FLS	Fasciculus longitudinalis sup
Fo	Fornix
FOF	Fasciculus occipito - frontalis
GC	Gyrus cinguli
GF	Gyrus fusiformis
GFd	Gyrus frontalis medialis
GFi	Gyrus frontalis inferior
GFm	Gyrus frontalis medius
GFs	Gyrus frontalis superior
GL	Gyrus lingualis
GOi	Gyrus occipitalis inferior
GOM	Gyrus occipitalis medius
GOs	Gyrus occipitalis superior
GPoC	Gyrus postcentralis
GPrC	Gyrus precentralis
Gsm	Gyrus supramarginalis
GTi	Gyrus temporalis inferior
GTm	Gyrus temporalis medius
GTs	Gyrus temporalis superior
GTT	Gyrus temporales transversi
INS	Insula
Lpc	Lobulus paracentralis
LPi	Lobulus parietalis inferior
LPs	Lobulus parietalis superior
NA	Corpus amygdaloideum
NAcc	Nucleus accumbens
NC	Nucleus caudatus
NL	Nucleus lentiformis
P	Pulvinar
PCu	Precuneus
Pu	Putamen
Ro	Radiatio optica
Sc	Sulcus centralis cerebri
Sca	Sulcus calcarinus
Scm	Sulcus callosomarginalis
Sl	Sulcus lateralis cerebri
U	Uncus
V4	Ventriculus quartus
va	Anteroventral nucleus
vpm	Ventral posteromedial nucleus

Stimulationsbilder



IAPS Nr. 4002



IAPS Nr. 4232



IAPS Nr. 4290



IAPS Nr. 4531



IAPS Nr. 4561



IAPS Nr. 4572



IAPS Nr. 5621



IAPS Nr. 7281



IAPS Nr. 7340



IAPS Nr. 7351



IAPS Nr. 8030



IAPS Nr. 8080

Fragebögen

Basisdaten

Name

Vorname

Pb.-Nr.

Geburtsdatum

Händigkeit

Schulabschluss

Schuljahre

Berufsausbildung

Schulbildung Vater

Schulbildung Mutter

Grunderkrankungen

Medikamente

Drogen

Alkohol

Wortschatztest

Name:

Datum:

Alter:

Im Folgenden sehen Sie Reihen mit jeweils sechs Wortbildungen. Darunter ist aber immer nur ein reales Wort, das Ihnen bekannt sein kann. Bitte suchen Sie dieses Wort heraus und streichen Sie es durch.

Es wird nicht gefordert, dass Sie eine Definition des Wortes geben sollen. Bitte raten Sie aber nicht.

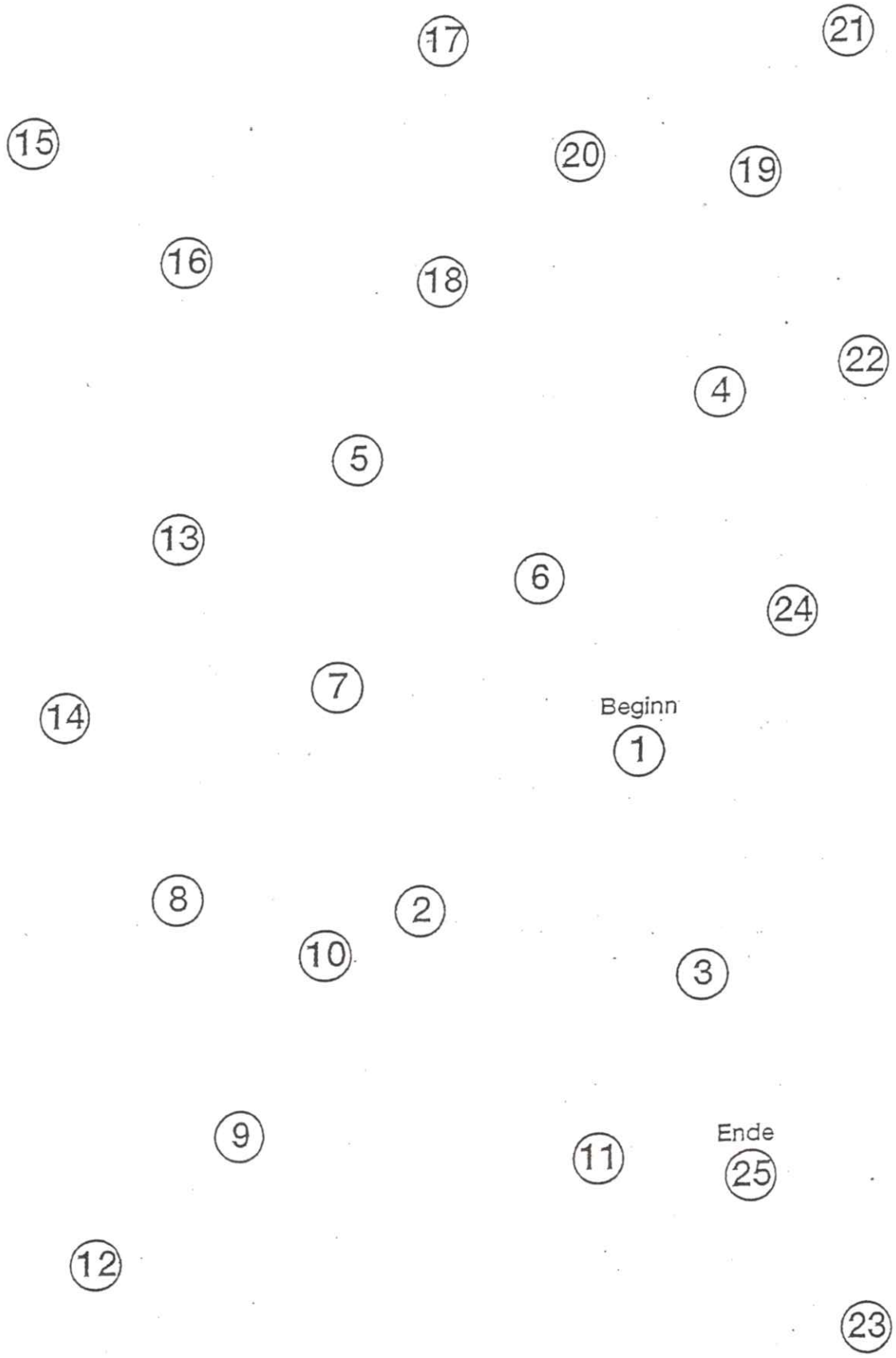
1. Ronolie – Unidase – Orisal – Ironie – Nirol – Ikomie
2. Narchom – Monarch – Archimon – Sevarch – Charisker – Mondalur
3. insivieren – tobasieren – okluvieren – lotatieren – tolerieren – kelotieren
4. Koratur – Vektation – Persavan – Seliton – Kelmation – Koalition
5. Kunsofat – Sulkason – Konsulat – Densodat – Subasor – Konsuvar
6. Tortur – Rutsur – Torastal – Turtos – Korut – Tektorb
7. lopras – saroll – ralopk – rapoll – palrost – salopp
8. Malek – Kelmak – Almek – Makel – Nastel – Akelm
9. Fraksun – Fraktur – Raktie – Turtan – Aklur – Sagun
10. Kadseke – Kamlade – Kataske – Sabale – Kaskade – Haskase
11. inspizieren – pikistieren – negosieren – inklenieren – imaltieren – invigieren
12. Tilmad – Dailed – Laidel – Defain – Detail – Ailrod
13. Ritmun – Ritual – Duarid – Tiluralk – Riturdal – Utaled
14. Fisabol – Askiso – Fiasko – Briaske – Konfikus – Fialkon
15. Refilbe – Dilgede – Gedile – Figele – Gefilde – Lefide
16. Sobtion – Pavisol – Arkusion – Epuktion – Savasor – Eruption
17. Diskrepanz – Dekrapenz – Drusalik – Diskresat – Krepazid – Diskrasenz
18. Phorestie – Reuphorsie – Euklopan – Euphorie – Phoskomie – Eusobek
19. konzalieren – ubitieren – prazieren – kinazipieren – nodalieren – konzipieren
20. Aldiktie – Lirekt – Relikt – Keriske – Selirikt – Espokrit

21. flagrant – falsevat – lasant – flagnal – agantal – granflot
22. Tuvot – Votum – Noktum – Knesam – Umfod – Vorkum
23. Kausaminat – Sobquität – Malesit – Kausalität – Abasitor – Rendosität
24. Noklentur – Disklatat – Nomenklatur – Menastat – Nomestur – Klaturat
25. Spresit – Pristit – Esphin – Kervat – Esprit – Ritit
26. Esiktion – Sevestor – Ditioned – Edifar – Kondikat – Edition
27. Akrophab – Brekamie – Abriksie – Akribie – Akirsal – Semalie
28. kontaminieren – minkieren – uzieren – kolgieren – telankieren – kortalimieren
29. Kobsion – Subzerion – Sebodal – Suksessan – Lokasin – Sukzession
30. Kossume – Koltage – Voluke – Kolumne – Nemulke – Lomunke
31. Penkompium – Kasidor – Kompendium – Sagorin – Kamidion – Potorium
32. evident – elisent – detival – evelent – senisant – osalent
33. Vanzak – Regavent – Valtur – Kanzom – Vakanz – Kevanz
34. Koraspun – Komeskanz – Konkorval – Konkordanz – Dedkon – Kordukanz
35. ukusieren – usurpieren – abumieren – uspatieren – sporusieren – uskleren
36. Emonugett – Flasomat – Fleskulett – Geloett – Effoleset – Flageolett
37. puskerabel – abuldär – surabelisch – pentamal – kommensurabel – kommesbarul
38. Wigink – Zelkon – Witib – Sikis – Catib – Bilkeb
39. eskamotieren – kamosieren – lasbieren – esamieren – konalieren – moteskamieren
40. Rothurm – Kallune – Kassader – Nokhorm – Kothurn – Thurkam
41. Tesoritit – Kossanetrat – Itnirkat – Kassiterit – Teritterat – Kasprit
42. Duratt – Heddur – Herudd – Tesadd – Heddarn – Eddhor

Ergebnis:

Rohwert:

T-Wert:



Ende

13

10

8

9

I

D

B

4

3

7

Beginn

1

5

H

C

12

G

2

A

J

6

L

E

F

11

K

Fragebogen zur Händigkeit

Familienname:

Vorname:

Geburtsdatum: ..

Geschlecht:

m

w

Bitte kennzeichnen Sie durch Ankreuzen (+) mit welcher Hand Sie die untenstehenden Tätigkeiten durchführen. Setzen Sie zwei Kreuze (++) in das entsprechende Kästchen, wenn Sie die Tätigkeit nur mit einer Hand ausführen können, und es mit der anderen Hand 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 Erfahrung haben.

Rechts

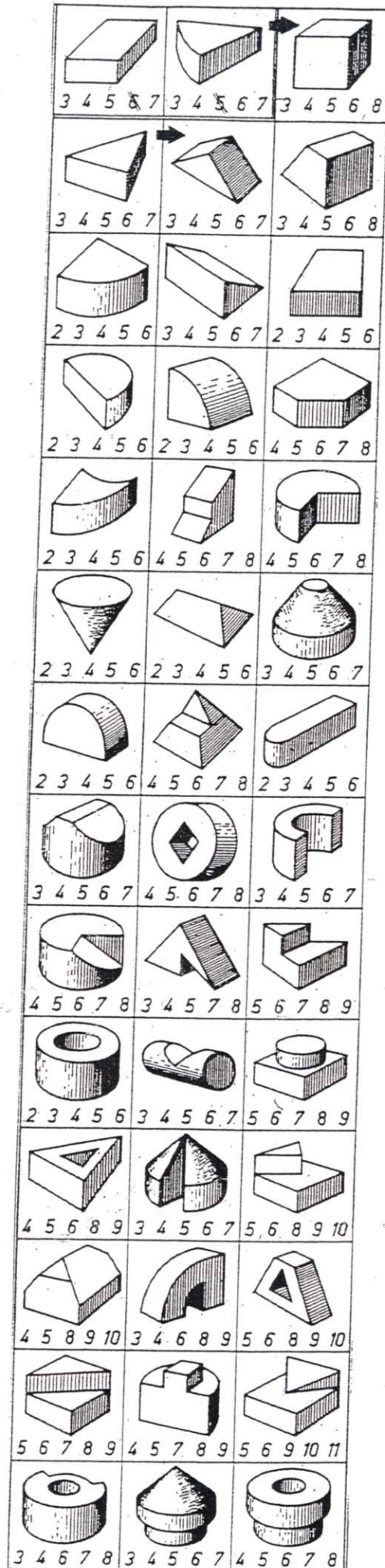
Links

- | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--|
| 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"/> | |

90 sec.

1 1 1 1 1
P P P P P
1 1 1 1 1
2 2 2 2 2
4 4 4 4 4
5 5 5 5 5
6 6 6 6 6
7 7 7 7 7
8 8 8 8 8
9 9 9 9 9
0 0 0 0 0
1 1 1 1 1
2 2 2 2 2
3 3 3 3 3
4 4 4 4 4
5 5 5 5 5
6 6 6 6 6
7 7 7 7 7
8 8 8 8 8
9 9 9 9 9
0 0 0 0 0
1 1 1 1 1
2 2 2 2 2
3 3 3 3 3
4 4 4 4 4
5 5 5 5 5
6 6 6 6 6
7 7 7 7 7
8 8 8 8 8
9 9 9 9 9
0 0 0 0 0
1 1 1 1 1
2 2 2 2 2
3 3 3 3 3
4 4 4 4 4
5 5 5 5 5
6 6 6 6 6
7 7 7 7 7
8 8 8 8 8
9 9 9 9 9
0 0 0 0 0
1 1 1 1 1
2 2 2 2 2
3 3 3 3 3
4 4 4 4 4
5 5 5 5 5
6 6 6 6 6
7 7 7 7 7
8 8 8 8 8
9 9 9 9 9
0 0 0 0 0
1 1 1 1 1
2 2 2 2 2
3 3 3 3 3
4 4 4 4 4
5 5 5 5 5
6 6 6 6 6
7 7 7 7 7
8 8 8 8 8
9 9 9 9 9
0 0 0 0 0

120 sel.



Fragebogen zur Bilderbeurteilung

Bitte beurteilen Sie die nachfolgend präsentierten Bilder danach, wie angenehm bzw. wie aufregend Sie diese finden.

Bild 1:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 2:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 3:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 4:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 5:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 6:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 7:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 8:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 9:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 10:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 11:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 12:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 13:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Bild 14:

unangenehm	-----	angenehm
langweilig	-----	aufregend

Fragebogen zur Selbstbeurteilung

Bitte beurteilen Sie, inwieweit Sie sich als Mann bzw. als Frau fühlen:

Ich fühle mich als

Mann



Frau

Bitte beurteilen Sie, inwieweit Sie sich sexuell zu Männern bzw. Frauen hingezogen fühlen:

Ich fühle mich sexuell hingezogen zu

Männern



Frauen