

**Emotion und Hemisphärenlateralität:
Analyse von EEG-Indikatoren kortikaler Aktivierung**

Carolin Ströhle

Diplomarbeit als Teil der
Diplomprüfung für PsychologInnen

Universität Regensburg

15. Februar 1999

Erklärung

Ich versichere hiermit, daß ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema:

Emotion und Hemisphärenlateralität:

Analyse von EEG-Indikatoren kortikaler Aktivierung

selbständig verfaßt und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe. Die Stellen, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall durch Angabe der Quelle, auch der benutzten Sekundärliteratur, als Entlehnung kenntlich gemacht.

Regensburg, 15. Februar 1999

Carolin Ströhle

Zusammenfassung

Die Rolle des Kortex bei der Steuerung emotionaler Prozesse ist lange unberücksichtigt geblieben. Im Zuge eines neuen Interesses an der Erforschung kortikaler Beteiligung an Emotionen stellt sich auch die Frage nach einer möglichen Spezialisierung der Hemisphären bei der Steuerung emotionaler Phänomene. Davidson (1995) postuliert die Spezialisierung der linken frontalen Hemisphäre auf positive, die der rechten frontalen Bereiche auf negative Emotionen. Diese Spezialisierung manifestiert sich in einer Veränderung der Alpha-Aktivität im EEG, wobei die Abnahme der Alpha-Aktivität in einem Areal mit zunehmender Aktivierung dieses Bereiches zusammenhängt. Es ist jedoch noch keine überzeugende Replikation der Befunde Davidsons gelungen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, im Kontext der Suche nach emotionsspezifischen Reizmustern einen Teilaspekt dieser Theorie zu untersuchen: Die kurzzeitige Veränderung der Aktivierung der kortikalen Hemisphären während der Induktion unterschiedlicher Stimmungen.

Dazu wird das EEG von 20 weiblichen, rechtshändigen Versuchspersonen über 19 Standardpositionen des Internationalen 10-20-Systems abgeleitet. Artefaktfreie EEG-Daten können von 14 Versuchspersonen ausgewertet werden. Die Emotionsinduktion erfolgt in einer positiven, einer negativen und einer neutralen Bedingung durch je 34 Bilder des International Affective Picture Systems. Die Bilder werden jeweils acht Sekunden lang dargeboten, die Bedingungen sind durch sechsminütige Pausen getrennt. Durch Selbstberichte zur erlebten Stimmung, die Beurteilung des Reizmaterials und das EMG des Korrugators wird die erfolgreiche Stimmungsinduktion überprüft.

Die varianzanalytische Auswertung der artefaktfreien EEG-Epochen erfolgt mit Hilfe von 2 x 2-Varianzanalysen mit den Faktoren Hemisphäre (Stufen Links und Rechts) und Emotionsbedingung für drei Zeitintervalle und acht homologe Elektrodenpaare. Es werden jedoch nur zwei der drei Emotionsbedingungen miteinander verglichen. Für das Intervall (1) drei Sekunden vor der Bilddarbietung ergeben sich zwar statistisch bedeutsame Wechselwirkungen an den Elektrodenpaaren F3 - F4, P3 - P4 und C3 - C4, sie sind jedoch nicht hypothesenkonform. Im Intervall (2) acht Sekunden während der Bilddarbietung ergibt sich keine statistisch bedeutsame Veränderung der frontal-kortikalen Aktivierung. Vermutlich liegt dies an einer Blockade des Alpha-Rhythmus durch die Bildpräsentation. Im Intervall (3) drei Sekunden nach der Bilddarbietung treten signifikante Wechselwirkungen an den Elektrodenpaaren FP1 - FP2, F7 - F8 und F3 - F4 auf. Die von Davidson (1995) vorausgesagte Verschiebung des Aktivierungsmusters ist zwar erkennbar, die Unterschiede in der hemisphärischen Aktivierung zwischen den Bedingungen sind jedoch zu klein, um bei der weiteren Untersuchung mit Hilfe von t-Tests statistisch bedeutsam zu werden. Es ergibt sich lediglich eine stärkere Aktivierung der linken Hemisphäre in der positiven Bedingung

im Vergleich zur rechten Gehirnhälfte.

Damit stützen die Daten die Annahme, daß die frontale Alpha-Asymmetrie zwischen positiven und negativen Stimmungen differenziert, nur teilweise. Dies könnte jedoch auch auf die geringe Zahl an Versuchspersonen zurückzuführen sein. Die Frage, warum sich für die Phase während der Bilddarbietung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Hemisphären ergeben, muß in weiteren Studien geklärt werden. Möglicherweise wird die Veränderung der frontalen Alpha-Asymmetrie tatsächlich durch die Verarbeitung der Bilder überlagert.

Inhaltsübersicht

1 Emotionen und Hemisphärenlateralität	1
1.1 Einführung.....	1
1.2 Begriffsbestimmung Emotion	2
1.3 Begriffsbestimmung Hemisphärenlateralität.....	3
1.4 Das Elektroenzephalogramm	3
1.5 Subkortikale und kortikale Grundlagen emotionaler Vorgänge.....	5
1.6 Studien zur Lateralisation von Emotionen.....	7
1.6.1 Untersuchung von Hirnläsionen	8
1.6.2 Untersuchung depressiver Patienten	10
1.6.3 Untersuchung gesunder Erwachsener	11
1.7 Davidsons Theorie der kortikalen Lateralisation von Emotionen.....	12
1.7.1 Eigenschaften der frontalen Aktivierungsasymmetrie.....	13
1.7.2 Kritik der Theorie Davidsons.....	15
1.8 Fragestellung und Hypothesen.....	16
2 Methode	18
2.1 Versuchspersonen	18
2.2 Überblick über die experimentellen Bedingungen	18
2.3 Emotionsinduktion im Experiment.....	19
2.4 Reizmaterial und Emotionsinduktion	20
2.5 Reizdarbietung.....	20
2.6 Versuchsdurchführung	22
2.7 Ableitung des Elektroenzephalogramms.....	24
2.8 Versuchssteuerung	26

Inhaltsübersicht	VI
2.9 Analyse der Daten.....	28
2.9.1 Parametrisierung der physiologischen Daten	28
2.9.2 Statistische Auswertung	29
3 Einzelergebnisse und ihre Diskussion	18
3.1 Subjektive Beurteilung der IAPS-Bilder.....	32
3.2 Subjektiv erlebte Stimmung.....	35
3.3 Elektromyographische Daten.....	40
3.4 Elektroenzephalographische Daten	48
3.4.1 Phase vor der Bildpräsentation	49
3.4.2 Phase während der Bildpräsentation.....	57
3.4.3 Phase nach der Bildpräsentation	61
3.4.4 Datenanalyse mit Hilfe des Asymmetrie-Indexes	67
4 Zusammenfassende Diskussion aller Daten des Experiments	75
4.1 Mögliche Erklärung für die valenzspezifische Aktivierungsasymmetrie	76
4.2 Ausblick	77
Literaturverzeichnis.....	78
5 Anhang.....	85

1 Emotionen und Hemisphärenlateralität

1.1 Einführung

Emotionen im weitesten Sinne beeinflussen alle Ebenen der Informationsverarbeitung. Daher verwundert es, daß die wissenschaftliche Untersuchung von Emotionen lange vernachlässigt wurde. Einzige Ausnahme ist die klinische Forschung, im Rahmen derer schon früh Emotionen als Teil klinischer Störungsbilder erforscht wurden (z.B. Gainotti, 1972). Ursachen für die geringe Forschungstätigkeit sind vermutlich in Problemen bei der Definition und der Erfassung von Emotionen zu sehen. Erst in den letzten Jahren hat das Interesse an der Untersuchung emotionaler Phänomene auch im nicht-klinischen Bereich zugenommen. Dabei sind besonders die Erforschung von Lern- und Leistungsemotionen (z.B. Pekrun, 1992) und physiologischen Korrelaten emotionaler Phänomene, zum Beispiel des Startle-Reflexes (Lang, Bradley & Cuthbert, 1990), zu nennen. Diese Entwicklung ist vor allem auf technische und methodische Fortschritte bei der Erfassung von Emotionen zurückzuführen, zum Beispiel die flexiblen Einsatzmöglichkeiten von Computern oder die Komponentendefinitionen der Emotion (siehe nächsten Abschnitt). Bis vor einigen Jahren hat man sich bei der Erforschung physiologischer Komponenten von Emotionen auf die Untersuchung von Indikatoren des autonomen Nervensystems (z.B. Hautwiderstand) konzentriert. Die Erforschung der Rolle des Kortex bei der Erzeugung von Emotionen hat erst in den letzten Jahren breiteres Interesse geweckt: Dem Kortex wurde traditionell die Kontrolle höherer kognitiver Funktionen zugeschrieben, in Bezug auf Emotionen wurde angenommen, daß er ausschließlich eine hemmende Wirkung auf die limbischen Strukturen hat (Davidson, 1988; Kolb & Whishaw, 1993). Im Zuge dieses verstärkten Interesses an der Untersuchung kortikaler Beteiligung an Emotionen rückte die Idee hemisphärischer Spezialisierung auch im emotionalen Bereich in den Vordergrund. Dabei wurde zunächst davon ausgegangen, daß Emotionen vor allem von der rechten Hemisphäre gesteuert werden (z.B. Gainotti, 1972). Erst später ergaben sich Hinweise darauf, daß beide Gehirnhälften an der Steuerung von Gefühlen beteiligt sein könnten. Im Zuge dessen entstand Davidsons Theorie zur kortikalen Lateralisation von Emotionen: Zwischen den Hemisphären soll nach Davidson (1992a, 1995) eine Spezialisierung auf bestimmte Arten emotionalen Verhaltens stattgefunden haben, wobei vor allem die frontalen Regionen der beiden Hirnhälften von Bedeutung sind.

Ein Teilaspekt dieses theoretischen Ansatzes soll in der vorliegenden Arbeit näher untersucht werden: Zeigt sich diese Spezialisierung der Hemisphären in Form von Aktivierungsunterschieden als Reaktion auf emotionale Reize in einem Laborexperiment? Nach der Klärung der wichtigsten Begriffe und Untersuchungsmethoden sind die anatomischen Grundlagen emotionalen Verhaltens sowie experimentelle Befunde zur Lateralisation von Emotionen dargestellt. Die Beschreibung der

Theorie Davidsons zur kortikalen Lateralisation von Emotionen führt dann zur Fragestellung und den Hypothesen der vorliegenden Arbeit.

1.2 Begriffsbestimmung Emotion

Ein Überblick über unterschiedliche Definitionsversuche und andere im Zusammenhang mit Emotionen bedeutsame Aspekte ist zum Beispiel bei Ekman und Davidson (1994) oder Schmidt-Atzert (1996) zu finden, hier sind nur die für die vorliegende Arbeit relevanten Ansätze dargestellt: Die Komponentendefinitionen und das Konzept der Reizspezifität.

In den letzten Jahren haben sich vor allem die Komponentendefinitionen von Emotion durchgesetzt (vgl. Scherer, 1990), die davon ausgehen, daß *Emotion* als komplexer Gesamtvorgang aus verschiedenen Komponenten zusammengesetzt ist (siehe auch Pekrun, 1988). Art und Benennung der einzelnen Komponenten variieren von Wissenschaftler zu Wissenschaftler. Weitgehende Einigkeit besteht jedoch nach Schmidt-Atzert (1996) über drei wesentliche Komponenten: (1) Gefühl (subjektives Erleben), das mit Hilfe von Selbstbeschreibungen und Selbstberichten erfaßt werden kann, (2) körperlicher Zustand (physiologische Komponente), erfaßbar zum Beispiel mit Hilfe des Startle-Paradigmas (Lang et al., 1990), und (3) Ausdruck, zum Beispiel Mimik und Körperhaltung, die mit Hilfe von ausgefeilten Beobachtungssystemen (z.B. FACS, Ekman & Friesen, 1976, 1978) erhoben werden. In der vorliegenden Arbeit wird angenommen, daß Emotionen durch diese drei Komponenten ausreichend gekennzeichnet sind.

Die Komponentendefinitionen bergen jedoch auch Probleme: Die einzelnen Komponenten weichen meist stark voneinander ab (vgl. Schmidt-Atzert, 1996). Versuchspersonen geben zum Beispiel im Selbstbericht an, Ärger zu empfinden, dies ist jedoch anhand ihres Gesichtsausdrucks nicht zu erkennen. In der vorliegenden Arbeit wird versucht, dem Problem der mangelnden Kovariation dadurch zu begegnen, daß unterschiedliche Methoden zur Erfassung der Einzelkomponenten eingesetzt werden: Selbstberichte und das Elektromyogramm (EMG) eines Gesichtsmuskels. Mit dem EMG der Gesichtsmuskeln wird ein verhältnismäßig empfindliches Meßinstrument zur Erfassung des Gesichtsausdrucks eingesetzt, das nur unter eingeschränkter willentlicher Kontrolle steht. Die mangelnde Kovariation der Teilkomponenten ist eines der Haupthindernisse bei der Untersuchung eines weiteren wichtigen Bereiches der Emotionsforschung: Existieren für unterschiedliche Emotionen jeweils spezifische Reizmuster? Ist also zum Beispiel Ärger immer mit derselben Kombination von selbstberichtetem Befinden, physiologischen Reaktionen und Gesichtsausdruck verbunden? Das Konzept der *Reizspezifität* steht dem Konzept der *Antwortstereotypie* gegenüber, das eine unspezifische Erhöhung des allgemeinen Erregungsniveaus (*Arousal*) für alle emotionalen Zustände annimmt (Schachter & Singer, 1962). Die Frage der Existenz reizspezifischer Antwortmuster ist in der Emotionsforschung bis heute noch nicht völlig geklärt (vgl. Stemmler, 1998). Die meisten physiologischen Indikatoren (z.B. Herzrate) reagieren auch auf

kognitive Beanspruchung und sind daher nicht spezifisch für einzelne Emotionen. In der vorliegenden Arbeit wird die Existenz emotionsspezifischer (kortikaler) Reizmuster untersucht.

1.3 Begriffsbestimmung Hemisphärenlateralität

Neben Emotion ist für die vorliegende Arbeit auch der Begriff der *Hemisphärenlateralität* von zentraler Bedeutung. Unter *hemisphärischer Asymmetrie* oder *Hemisphärenlateralität* werden Unterschiede in der Kapazität zur Informationsverarbeitung zwischen der rechten und der linken zerebralen Hemisphäre verstanden (Hugdahl, 1995). Ein Überblick über die Forschung zu den unterschiedlichen Aufgaben der beiden Gehirnhälften ist zum Beispiel bei Bryden (1982) oder Kolb und Wishaw (1993) zu finden. Eine Lateralisation bestimmter Funktionen kann für eine Gehirnhälfte immer nur in Relation zur anderen festgestellt werden, weil die Steuerung fast jeden Verhaltens beiden Hemisphären obliegt: Im Falle der Sprache zum Beispiel sind wichtige Fähigkeiten der Sprachproduktion in der linken Hemisphäre lokalisiert, wobei jedoch auch die rechte Gehirnhälfte über gewisse Sprachfähigkeiten verfügt (Kolb & Wishaw, 1993). Vor allem die beiden temporalen Lappen zeigen deutliche komplementäre Asymmetrien, die möglicherweise eine Grundlage für funktionelle Unterschiede bilden (Kolb & Wishaw, 1993). Auch bei der Verteilung bestimmter Neurotransmitter sind deutliche kortikale und subkortikale Asymmetrien zu erkennen (Kolb & Wishaw, 1993; Tucker & Williamson, 1984). Diese Befunde können als Hinweise darauf interpretiert werden, daß kortikale Asymmetrien auch in Bezug auf Emotionen zu erkennen sein könnten.

Wenn die Lateralisierung bestimmter Funktionen untersucht werden soll, müssen jedoch bestimmte Punkte beachtet werden. Wichtig ist für die vorliegende Arbeit die Händigkeit der Versuchspersonen, da durch die Feststellung der Händigkeit tendenzielle Rückschlüsse auf die funktionelle Organisation des Gehirns möglich sind (Kolb & Wishaw, 1993). Mit dem Wada-Test (Wada & Rasmussen, 1960), bei dem jeweils nur eine der beiden Gehirnhälften vorübergehend anästhesiert wird, kann herausgefunden werden, daß bei Linkshändern der Prozentsatz derer mit linkshemisphärischen Sprachfunktionen kleiner ist (Springer & Deutsch, 1995). Über 95% der Rechtshänder und 70 % der Linkshänder weisen eine Lokalisation des Sprachzentrums in der linken Hemisphäre auf (Rasmussen & Milner, 1977). Bei den restlichen 30 % der Linkshänder können meist beidseitige Sprachrepräsentationen festgestellt werden (Loring et al., 1990).

1.4 Das Elektroenzephalogramm

Da das Elektroenzephalogramm (EEG) in der vorliegenden Arbeit als Methode zur Untersuchung hemisphärischer Asymmetrien eingesetzt wird, sollen im folgenden die grundlegenden Charakteristika des Spontan-EEGs dargestellt werden. Weiterhin wird auf den Alpha-Rhythmus als Mittel zur Erkennung von Aktivierungsunterschieden sowie auf das wichtigste Analyseverfahren des

Spontan-EEGs, die Fourier-Transformation, eingegangen.

Unter einem Elektroenzephalogramm (EEG) versteht man die Aufzeichnung hirnelektrischer Aktivität an der Oberfläche des intakten Schädels (Schandry, 1989). Es gibt Auskunft über den Erregungszustand größerer Zellverbände in der Hirnrinde. Die im EEG aufgezeichneten Spannungsunterschiede zwischen verschiedenen Punkten auf der Schädeloberfläche haben ihren Ursprung im Kortex, vor allem in den großen Pyramidenzellen der Schichten IV und V. Es müssen mindestens 10000 Pyramidenzellen gleichzeitig synaptisch aktiviert werden, um als EEG-Potentiale an der Schädeloberfläche aufgezeichnet werden zu können, da die Feldpotentiale einzelner Zellen zu schwach sind (Birbaumer & Schmidt 1996). Da die aufgezeichneten Signale an der Schädeloberfläche immer die gemeinsame Aktivität vieler elektrischer Prozesse darstellen, läßt das EEG nur relativ ungenaue Aussagen über den anatomischen Ursprung der gemessenen Spannungsdifferenzen zu (Hugdahl, 1995). Daher sollte es durch andere Verfahren mit höherer lokaler Auflösung, zum Beispiel die Positronenemissionstomographie (PET), ergänzt werden, wenn der Ursprung bestimmter Signale genau lokalisiert werden soll. Dieser Nachteil des EEGs als Untersuchungsmethode wird jedoch in Kauf genommen, da die sehr gute zeitliche Auflösung des Verfahrens im Bereich von Millisekunden es für die Untersuchung schneller Veränderungen der Gehirnaktivität prädestiniert. Außerdem handelt es sich beim EEG, im Gegensatz zu PET und fMRT, um ein Verfahren, das ohne Probleme auch bei nicht-klinischen Stichproben angewandt werden kann.

Bei der Untersuchung der Aktivität des Gehirns als Spannungsverlauf über die Zeit mit Hilfe des EEGs wird zwischen spontaner und evozierter Aktivität unterschieden. Unter dem Spontan-EEG, das vor allem zur Erforschung tonischer Prozesse eingesetzt wird, versteht man die ununterbrochen an der Schädeloberfläche registrierbaren Spannungsschwankungen (Schandry, 1989). Die Amplituden dieser beim lebenden Menschen immer vorhandenen Potentialveränderungen liegen zwischen 1 und 200 Mikrovolt. Die Frequenzen der aufgezeichneten Wellen schwanken zwischen 0.5 und 30 Hertz, bestimmte Wellenformen erreichen bis zu 100 Hertz. Die Einteilung der Frequenzbänder entspricht dem Auftreten charakteristischer EEG-Frequenzen bei bestimmten Bewußtseinszuständen. Die Übergänge zwischen einzelnen Frequenzbändern hinsichtlich der Wellenform und der Auswirkung auf den Organismus sind jedoch fließend (Schandry, 1989). Die vier wichtigsten Frequenzbänder im EEG sind das Beta-Band (14 - 30 Hz, 2 - 20 μ V), das Alpha-Band (8 - 13 Hz, 5 - 100 μ V), das Theta-Band (5 - 7 Hz, 5 - 100 μ V) und das Delta-Band (0.5 - 4 Hz, 20 - 200 μ V, Schandry, 1989, S.218, in Anlehnung an Lindsley & Wicke, 1974).

Unter evozierter Aktivität versteht man hirnelektrische Potentialveränderungen als Reaktion auf einen Reiz (siehe auch Hugdahl, 1995). Um die durch einen Reiz verursachten Veränderungen von der immer vorhandenen Spontan-Aktivität zu trennen, müssen mehrere Reaktionen auf denselben Reiz gemittelt werden. Die systematischen Aktivitätsveränderungen durch den Reiz bleiben

dann erhalten, die zufällige Spontan-Aktivität jedoch nicht. In der vorliegenden Arbeit wird die Veränderung der Frequenzverteilung im Spontan-EEG als Reaktion auf Bildreize, sogenannte ereigniskorrelierte Veränderungen des Frequenzspektrums, untersucht. In diesem Fall erfolgt die Mittelung, um reliablere Schätzungen der Frequenzveränderungen im EEG zu erhalten.

Vor allem die Veränderungen im Alpha-Frequenzband sind Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Der größte Anteil an Alpha-Wellen (8-13 Hz) wird erreicht, wenn sich die Versuchsperson bei reduzierter visueller Aufmerksamkeit in einer reizarmen Umgebung befindet. Erzeugt wird der Alpha-Rhythmus vermutlich von verschiedenen Prozessen im posterioren Teil des Gehirns von der rhythmusgebenden und synchronisierenden Struktur des Thalamus (Birbaumer & Schmidt, 1996; Shagass, 1972). Da der Alpha-Rhythmus durch kognitive Aktivität blockiert wird (sog. Alpha-Blockade, Hugdahl, 1995), wird das Alpha-Muster im Elektroenzephalogramm traditionell als Index für hemisphärische Aktivierungsunterschiede benutzt: Durch den Anteil an Alpha-Aktivität an der Gesamtaktivität können dann Rückschlüsse auf den momentanen Aktivierungszustand der Hemisphären gezogen werden: Die Abwesenheit von Alpha-Wellen in einem Bereich des Gehirns deutet auf stärkere Aktivierung dieser Region hin, mehr Alpha-Wellen bedeuten verringerte Aktivität (Hugdahl, 1995; Shagass, 1972).

Zur Analyse der Frequenzen der Wellenmuster des EEGs wird meist eine Fourier-Transformation verwendet. Sie bestimmt die Anteile der einzelnen Frequenzbänder des EEG-Signals, indem das Signal in eine Summe von sinus- und kosinusförmigen Schwingungen unterschiedlicher Frequenz zerlegt wird (Hugdahl, 1995). Dadurch kann das Ausmaß der Frequenzanteile bestimmt werden, die in einem bestimmten Zeitintervall vorkommen. Diese *Power* entspricht dann der Verteilung der quadrierten EEG-Amplituden für einen bestimmten Frequenzabschnitt (Birbaumer & Schmidt, 1996). In der vorliegenden Arbeit werden diese Erkenntnisse zur Untersuchung möglicher Veränderungen des Spontan-EEGs während emotionaler Stimulation eingesetzt. Daher sind im folgenden die grundlegenden Steuerungsmechanismen emotionaler Vorgänge erläutert.

1.5 Subkortikale und kortikale Grundlagen emotionaler Vorgänge

Im folgenden sind nur die wichtigsten subkortikalen und kortikalen Strukturen des Gehirns beschrieben, die Emotionen beeinflussen. Zuerst wird auf das limbische System und die Amygdala als subkortikale Strukturen eingegangen, dann auf die Rolle des frontalen und des temporalen kortikalen Lappens sowie auf das mögliche Zusammenspiel dieser Bereiche bei der Erzeugung und Steuerung emotionalen Verhaltens.

Die klassische Auffassung geht von einer weitgehend subkortikalen Steuerung emotionalen Verhaltens durch das limbische System aus (Gahr, 1996). Welche Strukturen dem limbischen System zuzurechnen sind, variiert von Autor zu Autor. In der vorliegenden Arbeit wird davon ausgegan-

gen, daß das limbische System diejenigen Teilgebiete des Vorderhirns umfaßt, die das Corpus Callosum und den Hirnstamm umgeben oder daran angrenzen, unter anderem den Hippocampus, die Amygdala, das Septum und die Gyri cinguli und parahippocampalis (Gahr, 1996). Mittlerweile wird nur noch ein Teil des limbischen Systems als Ort der Entstehung von Emotionen angesehen: Die Amygdala- oder Mandelkern-Formation. Die Mandelkerne spielen vor allem für solche Emotionen eine zentrale Rolle, die durch erlernte Reize ausgelöst werden, jedoch gibt es nur wenige gesicherte Erkenntnisse über die Entstehung und Steuerung komplexerer Emotionen, zum Beispiel Liebe, Scham oder Zufriedenheit (Gahr, 1996). Durch Stimulation der Amygdala ist im Tierexperiment aggressives Verhalten auslösbar (Rohen, 1994). Bei Vögeln führen Schädigungen der entsprechenden Strukturen dazu, daß kein Vermeidungsverhalten mehr gezeigt wird, Läsionen der menschlichen Amygdala sollen ebenfalls vermeidendes und aggressives Verhalten hemmen (Gahr, 1996). Bei Primaten können die Mandelkerne durch die Verarbeitung verschiedenster sensorischer Informationen, die sie über thalamische und kortikale Verbindungen erhalten, emotionale Antworten des Organismus auf Umweltreize auslösen (Gahr, 1996). Durch Verbindungen zum Neokortex scheint die Amygdala zudem in der Lage zu sein, den Erregungszustand des Kortex zu modulieren: Elektrische Reizung der Mandelkerne hat eine Störung des kortikalen EEGs zur Folge (Gahr, 1996). Durch diese nervöse Verbindung sind die Mandelkerne möglicherweise in der Lage, kognitive kortikale Prozesse zu beeinflussen. Die wechselseitige Beeinflussung zwischen den subkortikalen Strukturen und den im folgenden näher beschriebenen kortikalen frontalen und temporalen Lappen legt die Vermutung nahe, daß alle drei Bereiche Teil eines Systems zur Steuerung emotionaler Prozesse sind.

Mit Sicherheit ist jedoch auch der Kortex, die gefalteten äußeren Schichten des Vorderhirns, aktiv an der Kontrolle von Emotionen beteiligt: Aus Tierexperimenten mit Primaten geht hervor, daß neben der subkortikalen Amygdala-Struktur vor allem der frontale und der paralimbische Kortex eine große Rolle in bezug auf emotionales Verhalten spielen (Kolb & Whishaw, 1993). Die Auswirkungen von Schädigungen in diesen Bereichen sind jedoch komplex und in geringem Maße vorhersagbar. Ein Grund für diese geringe Vorhersagbarkeit ist zum Beispiel die komplizierte Verschaltung des frontalen Lappens mit anderen Gehirnarealen. Neben reziproken Faserverbindungen zum temporalen Kortex sind Verbindungen zum Thalamus, zur Amygdala-Formation und zu weiteren subkortikalen Strukturen wichtig (Kolb & Whishaw, 1993). Deren Existenz legt für den frontalen und den temporalen Lappen wichtige Funktionen bei der Steuerung emotionalen Verhaltens nahe. Bei der Anpassung des Verhaltens an die Umwelt werden speziell dem orbitofrontalen Kortex wichtige Funktionen bei der Korrektur der Einschätzung emotional besetzter Reize zugeschrieben (Gahr, 1996). Läsionen des frontalen Bereiches beim Menschen führen unter anderem zu einer Fülle von Störungen des sozialen und auch des emotionalen Verhaltens. Patienten mit Läsionen des frontalen Areals haben, ähnlich wie Kinder mit noch unausgereiften fronta-

len Lappen, Schwierigkeiten bei der Interpretation des sozialen Kontextes von Verhalten (Kolb & Whishaw, 1993). Angesichts der wichtigen Verbindung zwischen Emotionen und sozialer Interaktion beim Menschen (z.B. Birbaumer & Schmidt, 1996) legen diese Befunde nahe, daß der Frontallappen über wichtige Aufgaben bei der Steuerung sozialen und im weitesten Sinne auch emotionalen Verhaltens verfügt. Darauf deuten auch die beschriebenen Verschaltungen des Frontallappens mit der Amygdala und dem im folgenden beschriebenen Temporallappen hin.

Neben dem frontalen Bereich des Kortex sind auch die temporalen Lappen, die ventral zur Fissura lateralis liegen, bei der Steuerung emotionalen Verhaltens von Bedeutung. Im temporalen Areal wird den verarbeiteten sensorischen Informationen eine affektive Komponente hinzugefügt, was vor allem bei operanten Lernvorgängen wichtig ist (Kolb & Whishaw, 1993). Besonders der mediale temporale Kortex hat die Aufgabe, aufgrund wahrgenommener Reize bestimmte emotionale Reaktionstendenzen hervorzurufen, vor allem Ärger und Angst (Panksepp, 1989). Bei Schädigungen des Temporallappens kommt es zu massiven Störungen des affektiven Verhaltens. Im Tierexperiment stellte sich heraus, daß beidseitige Läsionen der Amygdala, des Hippocampus und des lateralen temporalen Kortex zu affektiven Veränderungen führen. In Experimenten von Horel (z.B. Horel, Keating & Misantone, 1975; Horel & Pytko, 1982) haben Schädigungen sowohl der Amygdala als auch des temporalen Kortex Veränderungen im Angriffs- und Fluchtverhalten von Tieren zur Folge. Außerdem verlieren die Tiere ihre Angst bei der Konfrontation mit unbekanntem Reizen. Affen mit Läsionen des anterioren temporalen Kortex oder der Mandelkerne können in freier Wildbahn nicht mehr überleben, da sie unfähig sind, sich wieder einer Gruppe anzuschließen (Kolb & Whishaw, 1993). Neben der Mandelkern-Formation scheinen also auch kortikale Teile des Temporallappens und des Frontallappens an der Steuerung emotionalen Verhaltens bei Menschen und Säugetieren beteiligt zu sein. Außerdem deuten diese Befunde auf eine sehr enge Verschaltung der drei Bereiche Amygdala, frontaler Lappen und temporaler Kortex hin. Um diese Beteiligung kortikaler Strukturen an der Emotionssteuerung und eine eventuelle Spezialisierung bestimmter Areale zu untersuchen, wurden die im folgenden dargestellten Experimente durchgeführt.

1.6 Studien zur Lateralisation von Emotionen

Im folgenden Abschnitt sind nach einer allgemeinen Einführung zunächst Befunde dargestellt, die sich bei der Untersuchung von Hirnläsionen ergeben haben, dann wird auf Studien an Depressiven und schließlich auf die Untersuchung gesunder Erwachsener eingegangen.

Die Erkenntnis, daß die kortikalen Strukturen maßgeblich an der Steuerung emotionalen Verhaltens beteiligt sind, führte vor allem in den letzten Jahren zu wachsendem Interesse an der Möglichkeit hemisphärischer Spezialisierung auch im Bereich von Emotionen. Es haben sich jedoch grundsätzlich verschiedene theoretische Annahmen darüber entwickelt, wie Emotionen von

den beiden kortikalen Hemisphären gesteuert werden: Lange Zeit herrschte die Auffassung vor, daß sich die Lateralisation von Emotionen darauf beschränkt, daß die rechte kortikale Hemisphäre von Rechtshändern auf die Verarbeitung emotionaler Inhalte spezialisiert ist (z.B. Gainotti, 1989). Begründet wurde dies vor allem mit der Art der Informationsverarbeitung der rechten Gehirnhälfte: Ihre eher holistische, sequentielle Analyse von Reizen sollte sie für den Umgang mit Emotionen prädestinieren (z.B. Gainotti, 1972, 1989). Außerdem könnte die frühere Reifung der rechten Gehirnhälfte zu einer stärkeren Verbindung mit dem limbischen System führen (Tucker & Frederick, 1989). Diese Dominanz der rechten Gehirnhälfte ist vor allem für das Ausdrücken und das Erkennen von nonverbal kommunizierten Komponenten von Emotionen feststellbar (Tucker & Frederick, 1989).

Es existieren jedoch auch Hinweise darauf, daß beide Hemisphären des menschlichen Kortex bei der Erzeugung und Regulierung des emotionalen Zustandes eine Rolle spielen und sie sich sogar antagonistisch auswirken können (z.B. Davidson, 1995; Silberman & Weingartner, 1986). Dies scheint vor allem für die Erzeugung aktuell vorhandener Emotionen zuzutreffen. Diese Annahme wird durch die Erforschung von Gehirnschädigungen unterschiedlichen Ursprungs (z.B. Perini & Mendius, 1984), Untersuchungen an psychisch kranken Patienten (z.B. Silberman, Weingartner, Stillman, Chen & Post, 1983) und durch Studien an gesunden erwachsenen Versuchspersonen (z.B. Ahern & Schwartz, 1985) gestützt. Die Interpretation von Läsionsbefunden und den Folgen einseitiger Betäubung der Hemisphären ist jedoch umstritten: Eine einseitige Hirnschädigung könnte zu einer Hemmung der geschädigten Hemisphäre führen (z.B. Davidson, 1995), es könnte jedoch auch die weniger populäre Ansicht zutreffen, daß Läsionen durch Enthemmung von Kontrollmechanismen die charakteristische emotionale Orientierung der geschädigten Hemisphäre verstärken (Tucker, 1981; Tucker, Stenslie, Roth & Shearer, 1981). Es sind also beide kortikalen Hemisphären an der Regulierung von Emotionen beteiligt, es ist jedoch unklar, ob die Hemisphären gegensätzliche Funktionen haben und wenn ja, welche Emotionen von welcher Hemisphäre gesteuert werden. Im folgenden sind einige wichtige Experimente dargestellt, auf deren Grundlage elaboriertere Theorien zur Lateralisation von Emotionen entwickelt wurden (z.B. Davidson, 1995).

1.6.1 Untersuchung von Hirnläsionen

Die älteste Methode, die Spezialisierung einer kortikalen Hemisphäre auf ein bestimmtes Verhalten festzustellen, ist die Untersuchung von Patienten mit einseitigen Gehirnläsionen. Auch die ersten Hinweise auf eine kortikal lateralisierte Regulierung von Emotionen stammen aus der Beobachtung solcher Patienten.

Als klassisch gilt die Studie von Gainotti (1972), in der im Rahmen einer standardisierten neuropsychologischen Untersuchung 160 Patienten mit einseitigen Hirnläsionen beobachtet werden.

Dabei werden das Verhalten der Patienten sowie ihre verbalen Äußerungen genau festgehalten und als *katastrophische Reaktionen* (z.B. Tränen, aggressives Verhalten), *Indifferenzreaktionen* (z.B. Witzeln, Krankheitsverleugnung) oder *depressive Stimmung* (z.B. Entmutigung, Deklarationen der eigenen Unfähigkeit) klassifiziert (Zuordnungen siehe Gainotti, 1972). Es zeigt sich, daß als katastrophisch oder depressiv klassifizierte Verhaltensmuster häufiger bei Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen auftreten, während Indifferenzreaktionen vor allem nach rechtshemisphärischer Schädigung vorkommen. Gainotti interpretiert die Ergebnisse seiner Studie jedoch nicht dahingehend, daß es sich bei depressiv-katastrophischen und Indifferenzreaktionen um zwei unterschiedliche neurale Mechanismen handelt. Er ist der Meinung, daß die unterschiedlichen Auswirkungen rechts- und linkshemisphärischer Läsionen in der unterschiedlichen funktionellen Organisation der Gehirnhälften begründet sind (Gainotti, 1972, 1989). Demnach werden sensorische Informationen in der linken Hemisphäre eher im Hinblick auf ihre logisch-sprachliche Struktur analysiert, während die andere Hemisphäre primitiver organisiert ist und Informationen somit eine stärkere emotionale Komponente behalten. Deshalb sollte eine Schädigung der linken, *intellektuellen* Hemisphäre eher durch Beeinträchtigung der höheren mentalen Funktionen mit Sprachbeteiligung gekennzeichnet sein. Schädigungen der rechten, *emotionalen* Hemisphäre führen eher zu einer Veränderung der Stimmung, die laut Gainotti (1972) als eine implizite Art der Krankheitsverleugnung gedeutet werden können. Trotz dieser abweichenden Interpretation wird seine Studie als Wegbereiterin einer lateralisierten Steuerung von Emotionen angesehen, an der beide Hemisphären beteiligt sind.

Zehn Jahre später erstellen Sackeim et al. (1982) eine Zusammenfassung von Fällen von pathologischem Lachen und Weinen bei Patienten mit einseitigen Hirnläsionen. Dabei zeigt sich, daß linkshemisphärische Läsionen häufiger zusammen mit Fällen von pathologischem Weinen vorkommen, während pathologisches Lachen mit höherer Wahrscheinlichkeit zusammen mit Schädigungen der rechten Hemisphäre auftritt. Beobachtungen an Patienten, deren rechte kortikale Hemisphäre entfernt worden ist, ergeben, daß sie vorwiegend positiv gestimmt sind, was der Theorie der Enthemmung der kontralateralen Hemisphäre widerspricht. Um zu klären, ob in diesem Fall nicht eine Enthemmung subkortikaler Areale vorliegt, werden Fälle pathologischen Lachens und Weinens während epileptischer Anfälle untersucht. Ausgehend von der Annahme, daß ein Anfall gesteigerte physiologische Aktivität des Gehirngewebes bedeutet, ergibt sich, daß Lachanfälle bei linksseitigen Foci doppelt so häufig auftreten wie bei rechtsseitigen. Nach diesen Befunden liegt also bei Läsionen eine kontralaterale Enthemmung vor, daher ist die linke Hemisphäre vor allem emotional positiv, die rechte eher emotional negativ orientiert. Diese Ergebnisse werden auch von Perini und Mendius (1984) bestätigt, die den Effekt einseitiger epileptischer Anfälle auf Stimmungsveränderungen und Angst untersuchen. Es ergeben sich für Epileptiker mit linksseitigen Läsionen signifikant höhere Werte auf den Fragebogen-Skalen für Depression und dispositionelle

Angst als für Epileptiker mit rechtsseitigen Läsionen und die Kontrollgruppe. Patienten mit linksseitigen Schädigungen scheinen also anfälliger für dysphorische Stimmungsveränderungen zu sein. In ihrer Studie von 1993 untersuchen Luciano, Devinsky und Perrine sieben Epileptiker, deren partielle Anfälle mit Weinen verbunden sind. Sechs der sieben Patienten weisen rechtsseitige frontotemporale Anfallsfoci auf: Die nichtdominante (rechte) Hemisphäre ist verantwortlich für den negativen Affekt. Ähnliches ergibt sich in der Studie von Ahern et al. (1994), die Veränderungen des affektiven Zustandes während des Wada-Tests untersuchen. Bei Betäubung der linken Hemisphäre ordnen die Probanden ihre Stimmung signifikant negativer ein als in der Baseline-Bedingung, während sich bei Inaktivierung der rechten Hemisphäre kein signifikanter Effekt zeigt. Auch diese Ergebnisse werden dahingehend interpretiert, daß sie ein Modell unterschiedlicher Lateralisation von Emotionen bestätigen, wobei die rechte (nichtdominante) Hemisphäre stärker an negativem Affekt beteiligt ist.

Die Forschungsergebnisse der Arbeitsgruppe um Robinson (z.B. Lipsey, Spencer, Rabins & Robinson, 1986; Robinson, Kubos, Starr, Rao & Price, 1984) sind in diesem Zusammenhang von besonderer Relevanz, da mit Hilfe einer Computertomographie eine genaue Lokalisation des Schädigungsortes versucht wird. Hier zeigt sich, daß speziell die Verletzung des linken frontalen Lappens mit depressiven Symptomen zusammenhängt. Die depressiven Symptome treten in um so intensiverer Ausprägung auf, je näher die Verletzung am frontalen Pol liegt. Patienten, die in Folge der Läsionen manische Reaktionen entwickeln, haben mit sehr viel höherer Wahrscheinlichkeit eine Schädigung der rechten als der linken Hemisphäre erfahren. Diese Ergebnisse werden so interpretiert, daß Depressionen mit einem Aktivierungsdefizit entweder in der linken frontalen oder in der rechten posterioren Hemisphäre verbunden sind.

Angeregt durch diese Befunde zur Entwicklung depressiver Symptome in Folge von Läsionen werden depressive Patienten ohne Hirnschädigungen untersucht, um zu klären, ob sich weitere Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Depression und veränderter Funktionsweise des linken (Frontal-)Lappens ergeben. Diese Befunde sind im nächsten Abschnitt dargestellt.

1.6.2 Untersuchung depressiver Patienten

In einer der ersten Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Depressionen und Aktivierungsveränderungen im Kortex (Tucker et al., 1981) zeigt sich, daß höhere selbstberichtete Depression (gemessen mit Hilfe eines Fragebogens) mit schlechterer visueller Vorstellungsfähigkeit zusammenhängt. Dies wird als Hinweis auf eine Hemmung der Informationsverarbeitungsprozesse in der rechten Gehirnhälfte während leichter Depressionen angesehen. Während der Induktion depressiver Stimmung ergibt sich höhere Aktivierung im EEG im rechten frontalen Bereich. Diese Befunde interpretieren Tucker et al. (1981) dahingehend, daß der neuropsychologische Mechanismus der Depression ein hemmender Einfluß der rechten frontalen Region sein könnte, der die

kognitiven Prozesse der posterioren rechten Hemisphäre beeinträchtigt.

In ihrer Studie von 1983 untersuchen Silberman et al. die Lateralisation verbaler und räumlicher Informationsverarbeitung bei depressiven Frauen. Angenommen wird, daß es während einer akuten Depression zu einer Veränderung der hemisphärischen Aktivierung zugunsten der rechten Hemisphäre kommt. Die verwendete Unterscheidungsaufgabe mit Groß- und Kleinbuchstaben als Reizmaterial erlaubt Rückschlüsse auf den momentanen Aktivierungszustand der Hemisphären. Ein Teil der Reize muß verbal analysiert (gelesen) werden, was bei Rechtshändern vorwiegend linkshemisphärisch stattfindet. Diese Tatsache sollte zu besseren Diskriminationsleistungen bei Reizpräsentation im rechten visuellen Feld führen. In der anderen Hälfte der Fälle muß eine räumliche oder räumlich-verbale Reizeanalyse durchgeführt werden, es sollten sich bessere Unterscheidungsleistungen im linken Gesichtsfeld oder keine Unterschiede zwischen den Gesichtsfeldern ergeben. Die Depressiven weisen in keiner der Bedingungen die erwartete bessere Leistung bei Präsentation im rechten Gesichtsfeld auf. Sie zeigen vielmehr eine Leistungsverbesserung bei Präsentation im linken Gesichtsfeld. Diese Befunde sind als Hinweis auf ein anormales Funktionieren der Hemisphären bei Depressionen zu sehen und deuten auf eine Überaktivierung der rechten Gehirnhälfte hin.

1.6.3 Untersuchung gesunder Erwachsener

Um zu überprüfen, ob sich ähnliche Aktivierungsunterschiede auch bei gesunden, also nicht-depressiven Erwachsenen ohne bekannte Hirnschädigung, zeigen, werden weitere Studien unter Anwendung unterschiedlicher Untersuchungsmethoden an dieser Population durchgeführt.

Ein Beispiel dafür ist die Studie von Ahern und Schwartz (1985). Bei weiblichen Probanden zeigt sich, daß Fragen, die Furcht erzeugen sollen, zu stärkerer Aktivierung der rechten frontalen Region führen, während Fragen, die Fröhlichkeit (*Happiness*, positive Emotion) oder Traurigkeit (*Sadness*, negative Emotion) hervorrufen sollen, mit stärkerer linksseitiger frontaler Aktivierung zusammenhängen. Es kann also nicht von einer getrennten Verarbeitung positiver und negativer Emotionen ausgegangen werden, da bestimmte positive Emotionen (Fröhlichkeit) mit demselben Aktivierungsmuster in Zusammenhang gebracht werden wie negative (Traurigkeit). Es muß auf einer anderen als der positiv-negativ-Dimension differenziert werden. Die Studie von Meyers und Smith (1986) baut auf diesen Erkenntnissen auf und untersucht durch Messung der EEG-Aktivität der frontalen Lappen und der elektrodermalen Aktivität die Verarbeitung nonverbaler affektiver Reize. Es stellt sich heraus, daß es im Falle von positiven affektiven Reizen zu bilateraler Aktivierung der frontalen Lappen kommt, während als Reaktion auf negative oder neutrale Reize keine Aktivierungsunterschiede der frontalen Lappen erkennbar sind. Es ergeben sich keinerlei Hinweise auf hemisphärische Asymmetrien, außerdem zeigt sich keine Lateralisation der elektrodermalen Reaktionen. Diese Befunde, die den oben dargestellten widersprechen, müßten im

Rahmen einer umfassenden Theorie der kortikalen Lateralisation von Emotionen in Einklang gebracht werden.

In der Studie von Collet und Duclaux (1987) wird die Lateralisation des EEGs in drei Emotionsbedingungen (Neutral, Positiv, Negativ) untersucht. Die Emotionsinduktion erfolgt durch mentale Vorstellung vorher gezeigter Filmszenen. Mit Hilfe des Elektromyogramms des Korrugator-Muskels werden Zeitabschnitte von 30 Sekunden ausgesucht, in denen die positiven und negativen Emotionen jeweils am stärksten ausgeprägt sind. Dieses Verfahren beruht auf einem korrelativen Zusammenhang zwischen gesteigerter elektromyographischer Aktivität des Muskels und negativen Emotionen und verminderter Aktivität und positiven Emotionen. Mit dieser Versuchsanordnung gelingt es nicht, Aktivierungsveränderungen der frontalen Bereiche nachzuweisen. Die (männlichen und weiblichen) Versuchspersonen zeigen keinerlei Veränderungen der frontalen Alpha-Lateralisation als Reaktion auf die Emotionsbedingungen.

Anhand dieser widersprüchlichen Untersuchungsergebnisse ist erkennbar, daß sich die Entwicklung einer Theorie, die alle Befunde integrieren kann, problematisch gestaltet. Die Theorie Davidsons als ein möglicher Ansatz soll im nächsten Abschnitt dargestellt werden.

1.7 Davidsons Theorie der kortikalen Lateralisation von Emotionen

Im folgenden Abschnitt soll die Theorie Davidsons zur kortikalen Lateralisation von Emotionen ausführlich dargestellt werden. Nach einer Einführung in diesen theoretischen Ansatz werden die Eigenschaften der frontalen Aktivierungsasymmetrie als Maß zur Bestimmung hemisphärischer Aktivierung dargestellt, dem folgt eine Kritik an Davidsons Auffassung.

Die im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Forschungsergebnisse werden von Davidson erweitert und sowohl auf Populationen gesunder weiblicher Erwachsener (z.B. Tomarken, Davidson, Wheeler & Kinney, 1992) als auch auf weibliche Kinder (z.B. Davidson & Fox, 1989) übertragen. Nach Davidsons Auffassung spielen speziell die anterioren kortikalen Regionen eine große Rolle bei der Steuerung emotionalen Verhaltens (Davidson, 1995). Bezug nehmend auf die in Abschnitt 1.6.3 dargestellten Ergebnisse von Meyers und Smith (1986) nimmt er weiterhin an, daß zwischen den Hemisphären eine Spezialisierung auf bestimmte Klassen von Emotionen stattgefunden hat: Die linke anteriore Hemisphäre ist auf Annäherungsverhalten, die rechte anteriore Hemisphäre auf Rückzugsverhalten spezialisiert (Davidson, 1992a).

Die emotionale Wertigkeit eines Reizes erstreckt sich nach Davidson auf einer Annäherungs-Rückzugs-Dimension (Davidson, 1992c, siehe auch Ahern & Schwartz, 1985). Annäherung und Rückzug werden als grundlegende Dimensionen menschlichen Verhaltens angesehen (Schneirla, 1959; Stellar & Stellar, 1985). Davidson schlägt zwei grundlegende neurale Mechanismen vor, von denen jeder unterschiedliche Formen von Motivation und Emotion überträgt: Das Annähe-

nungssystem erleichtert appetitives Verhalten und generiert bestimmte Arten von positivem Affekt, die mit Annäherung verbunden sind (z.B. Enthusiasmus, Stolz), während das zweite System auf die neurale Implementierung von Rückzug spezialisiert ist (Davidson, 1994a).

Diese Spezialisierung der Hemisphären zeigt sich in der stärkeren oder schwächeren Aktivierung der entsprechenden frontalen Gehirnregionen bei weiblichen Rechtshändern (Davidson, Schwartz, Pugash & Bromfield, 1976) bei der aktuellen Erzeugung positiven oder negativen Affekts. Davidson mißt diese Aktivierungsunterschiede mit Hilfe des Anteils an Alpha-Wellen im EEG, wobei ein geringerer Anteil an Alpha-Wellen auf stärkere Aktivierung hindeutet (Shagass, 1972). Eine stärkere Aktivierung einer Hemisphäre liegt vor, wenn der Alpha-Wellen-Anteil im EEG dieser Region im Vergleich zu der entsprechenden Region der kontralateralen Hemisphäre geringer ist (z.B. Davidson, Chapman, Chapman & Henriques, 1990; Wheeler, Davidson & Tomarken, 1993). Anhand der Richtung der *frontalen Alpha-Asymmetrie* (logarithmierte rechtsseitige frontale Alpha-Power minus logarithmierte linksseitige frontale Alpha-Power) können Aussagen über die relative Aktivierung einer kortikalen Hemisphäre gemacht werden (z.B. Wheeler, Davidson & Tomarken, 1993). Eine Aktivierung der linken anterioren Region ist daher nach Davidson (1995) mit Emotionen verbunden, die mit Annäherungsverhalten zusammenhängen. Verminderte Aktivierung in dieser Region soll mit Phänomenen in Verbindung stehen, die durch Defizite im Annäherungsverhalten verursacht werden, zum Beispiel Depressionen (Davidson, 1991; Henriques & Davidson, 1991). Im Gegensatz dazu soll eine Aktivierung der rechten anterioren Region mit Gefühlen und psychopathologischen Zuständen zusammenhängen, die mit Rückzug in Verbindung stehen, zum Beispiel Ekel, Angststörungen und Phobien (Davidson, 1991, 1995).

Als Erklärung für die asymmetrische Organisation der beiden neuralen Systeme dient Davidson die Idee der funktionellen Bisymmetrie von Kinsbourne (1978): Die bessere linkshemisphärische Kontrolle der feinmotorischen Steuerung könnte der linken Hemisphäre eine besondere Rolle bei Annäherungsverhalten zukommen lassen. Da die rechte Hemisphäre eher auf globale motorische Steuerung spezialisiert ist, könnte sie das Flucht- und Rückzugsverhalten kontrollieren, das weniger fein abgestimmte Reaktionen erfordert. Da die anterioren frontalen Areale direkt an die motorischen Regionen des Kortex angrenzen, soll die durch Annäherungs- und Rückzugsverhalten verursachte Aktivierungsasymmetrie vor allem dort zu erkennen sein.

1.7.1 Eigenschaften der frontalen Aktivierungsasymmetrie

Schon in einer der frühesten Studien Davidsons ergeben sich unter positiver wie unter negativer affektiver Stimulation große Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchspersonen hinsichtlich der Gesamtstärke und der Richtung des festgestellten durchschnittlichen Asymmetriewerts (Davidson, Taylor & Saron, 1979). Davidson geht daher davon aus, daß die eher tonischen individuellen Unterschiede in der frontalen Aktivierungsasymmetrie von phasischen Effekten überlagert

werden, die durch experimentelle Induktion positiver und negativer Emotionen erzeugt werden können (Davidson, 1992a). Die individuell unterschiedliche tonische frontale Aktivierungsasymmetrie kann in einer experimentellen Ruhe- oder Baseline-Phase gemessen werden (z.B. Davidson, Taylor & Saron, 1979). Mit Hilfe dieser Baseline-Aktivierungsasymmetrie soll die Reaktion der Versuchspersonen auf einen nachfolgenden affektiven Reiz mit großer Sicherheit auf einer Annäherungs-Rückzugs-Dimension vorausgesagt werden können, sie ist jedoch unabhängig von der emotionalen Befindlichkeit vorher oder während des Experiments (Davidson & Fox, 1989; Tomarken, Davidson & Henriques, 1990; Tomarken, Davidson, Wheeler & Doss, 1992; Wheeler, Davidson & Tomarken, 1993). Die Aktivierungsasymmetrien während der Ruhebaseline variieren zwischen den Personen, erweisen sich jedoch als individuell konsistent und zeitlich stabil (Davidson, 1994b). Zudem ergibt sich eine hohe Konsistenz und Reliabilität für unterschiedliche Messungen der anterioren Aktivierungsasymmetrie (Tomarken, Davidson, Wheeler & Kinney, 1992). Davidson schlägt vor, daß die frontale Aktivierungsasymmetrie eine individuelle Prädisposition (= Diathese) widerspiegelt, mit vorwiegend positivem oder negativem Affekt auf einen vorhandenen affektiven Reiz zu reagieren (Davidson, 1995). Außerdem sollen individuelle Unterschiede der Aktivierungsasymmetrie mit dispositioneller Gestimmtheit und der Funktion des Immunsystems verbunden sein (Davidson, 1992b; Kang et al., 1991).

Neben den langfristigen Auswirkungen der frontalen Alpha-Asymmetrie besitzt die Aktivierung der frontalen Lappen nach Auffassung Davidsons auch als Maß einer momentanen Reaktion auf affektive Reize Aussagekraft (Davidson, 1995; Tomarken & Davidson, 1994). In der Studie von Sobotka, Davidson und Senulis (1992), die Belohnungs- und Bestrafungsmuster in einer Spielsituation manipulieren, zeigt sich eine höhere rechtsseitige frontale Aktivierung während der Bestrafungsdurchgänge, verglichen mit den Belohnungsdurchgängen. Wenn also Belohnungs- und Bestrafungsmuster verändert werden, ändert sich auch die frontale Aktivierungsasymmetrie: Bei Bestrafung ist mehr rechtsseitige Aktivierung vorhanden, während bei Belohnung eher die linke frontale Hemisphäre aktiv ist. In der Studie von Davidson, Ekman, Saron, Senulis und Friesen (1990) wird die hemisphärische Aktivierung in unterschiedlichen kortikalen Regionen während emotionaler Stimulation durch ca. 60 Sekunden dauernde Filme erfaßt. Es gibt fünf Bedingungen: Eine Baseline-Bedingung ohne emotionale Stimulation, eine Bedingung, in der Filme präsentiert wurden, die vor allem Furcht auslösen sollen, eine mit Filmen, die Ekel auslösen sollen, eine vierte, die mit Annäherung verbundene Emotionen auslösen soll und eine fünfte, in der durch die Filme vor allem Freunde hervorgerufen werden soll. Parallel zur Messung des EEGs wird der Gesichtsausdruck mit Hilfe des Facial Action Coding Systems (FACS, Ekman & Friesen, 1976, 1978) erfaßt. In dieser Studie zeigt sich, daß Ekel vor allem mit relativer rechtsseitiger Aktivierung in den frontalen und anterior temporalen Regionen verbunden ist, verglichen mit Freude. Die Auslösung von Freude ist mit relativ stärkerer linksseitiger Aktivierung in den anterioren Arealen

verbunden, verglichen mit der Auslösung von Ekel. Für die zentralen und die parietalen Regionen ergeben sich keine Unterschiede in der hemisphärischen Asymmetrie in Abhängigkeit von der emotionalen Bedingung. Eine Verschiebung der frontalen Aktivierungsasymmetrie ergibt sich jedoch, ähnlich wie in der Studie von Ekman, Davidson und Friesen (1990), nur dann, wenn mit Hilfe von FACS diejenigen Perioden herausgesucht werden, in denen die stärksten positiven bzw. negativen Emotionen erzeugt werden.

Insgesamt sind also in Davidsons Untersuchungen Phasen, in denen negative Emotionen induziert werden, im Vergleich zu Phasen der Induktion positiver Emotionen mit höherer rechtsseitiger anteriorer Aktivierung verbunden. Phasen der Induktion positiver Emotionen sind verbunden mit höherer linksseitiger Aktivierung, verglichen mit Phasen negativer Emotionsinduktion (Davidson, 1995).

1.7.2 Kritik der Theorie Davidsons

An der Theorie Davidsons zur frontalen Aktivierung sind jedoch unterschiedliche Punkte zu kritisieren. Dabei steht seine Einteilung aller Emotionen in annäherungs- und rückzugsorientierte Gefühlszustände im Vordergrund, die Davidson nur unzureichend begründet. Die einmal vorgenommene Konzeptualisierung einer Emotion als annäherungs- oder rückzugsorientiert kann nicht konsequent beibehalten werden, da die Reaktion eines Individuums auf Reize aus der Umwelt nicht unter allen Bedingungen eindeutig klassifizierbar ist. Ekel zum Beispiel, der von Davidson (1991, 1994a, 1995) als stärkste rückzugsorientierte Emotion angesehen wird, ruft unter bestimmten Bedingungen keine eindeutige Rückzugsreaktion hervor: Bei Verkehrsunfällen beispielsweise gibt es Menschen, die stehenbleiben und die Rettung der Unfallopfer interessiert verfolgen. Oft wollen diese Zuschauer dem Geschehen so nahe sein, daß sie sogar die Rettungsarbeiten behindern. Ein solches Verhalten ist nicht eindeutig auf der Annäherungs-Rückzugs-Dimension klassifizierbar. Der Anblick von Verletzten oder gar Toten sollte eigentlich Ekel und Rückzugsverhalten hervorrufen, keinesfalls jedoch sollte es zur Annäherung an den Unfallort führen. Wie würde Ekel sich in einer solchen Situation auf die frontale Aktivierungsasymmetrie auswirken? Käme es zu der nach Davidson immer mit Ekel verbundenen rechtshemisphärischen frontalen Aktivierung, oder würde sich eine annäherungsverbundene linkshemisphärische Aktivierung zeigen? Anhand solcher Überlegungen zeigt sich, wie problematisch die Klassifikation von Emotionen als annäherungs- oder rückzugsorientiert sein kann.

Ein weiterer Kritikpunkt sind die wenig schlüssigen Begründungen Davidsons selbst für seine Ergebnisse. Warum die linke Hemisphäre auf Annäherung und die rechte auf Rückzug spezialisiert sein soll und weshalb sich diese Spezialisierung in den frontalen Arealen zeigt, wird in seinen Studien nur unzureichend begründet. Die Idee der funktionellen Bisymmetrie, auf die sich Davidson beruft, scheint zwar schlüssig, wissenschaftliche physiologische, biologische oder medizini-

sche Befunde, die diese These direkt stützen könnten, fehlen jedoch weiterhin. Außerdem konnten seine Ergebnisse bis jetzt noch nicht eindeutig repliziert werden. Einzige Ausnahme zum jetzigen Zeitpunkt ist die Studie von Jacobs und Snyder (1996). Ihnen gelingt es, die Bedeutung der frontalen Aktivierungsasymmetrie als Persönlichkeitsmerkmal nachzuweisen, jedoch nur für männliche Probanden. Gesteigerte relative linkshemisphärische Aktivierung ist in dieser Studie mit erhöhtem positiven Affekt, geringerem negativen Affekt oder beidem verbunden. Die frontale Aktivierungsasymmetrie erweist sich als zuverlässiger Indikator für die Art, wie die Probanden mit emotionalen Reizen umgehen: Es ergibt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen relativer linksseitiger lateral-frontaler Aktivierung und gesteigertem positivem Affekt in verschiedenen Fragebogen. Jacobs und Snyder (1996) führen zudem Gründe an für den Zusammenhang zwischen der Reaktion auf emotionale Reize und der frontalen Aktivierungsasymmetrie: Sie postulieren eine enge reziproke anatomische Verbindung der anterioren kortikalen Regionen mit dem limbischen System. Subkortikale Asymmetrien, zum Beispiel des katecholaminergen Systems der Amygdala (Tucker & Williamson, 1984), könnten einen asymmetrischen efferenten Fluß zu den anterioren kortikalen Regionen verursachen. Eine alternative Erklärung wäre außerdem eine unterschiedliche Sensibilität der frontalen kortikalen Zonen für aufsteigende subkortikale Einflüsse (Jacobs & Snyder, 1996). Diese Überlegungen sowie widersprüchliche Befunde (z.B. Meyers & Smith, 1986) lassen es sinnvoll erscheinen, die Hypothesen im folgenden formulierten Hypothesen Davidsons im Rahmen eines Experiments zu überprüfen.

1.8 Fragestellung und Hypothesen

In der vorliegenden Arbeit soll nur ein Teilaspekt der Theorie Davidsons untersucht werden: Ist die frontale Aktivierungsasymmetrie durch emotionale Reize kurzzeitig veränderbar? Könnte die Veränderung des Aktivierungsmusters der frontalen Areale einen spezifischen Indikator für positive und negative Emotionen darstellen? Die Aussagen Davidsons zur frontalen Aktivierungsasymmetrie als Persönlichkeitsmerkmal werden nicht berücksichtigt.

Zunächst ist es unerlässlich, die erfolgreiche Induktion von Emotionen unterschiedlicher Valenz mit Hilfe verschiedener Methoden zu überprüfen. Nur dann, wenn die intendierten Emotionen auch bei allen Versuchspersonen mit zuverlässig und in ausreichender Intensität erzeugt werden, kann untersucht werden, ob durch den affektiven Kontext die Aktivierungsasymmetrie nach Davidson (1995) verändert wird. Daher werden sowohl Selbstberichte zu den erzeugten Emotionen als auch ein physiologisches Maß (EMG des Korrugators) erfaßt, das Gefühlszustände unterschiedlicher Valenz zuverlässig trennen soll.

1. Die selbstberichteten Reaktionen auf die Bilder, das Stimmungs-Rating und die Ableitung des Korrugator-Muskels sollten entsprechend den Bildbedingungen ausfallen:
 - a) In der positiven Bedingung sollte in beiden Ratings vor allem positiver Affekt gezeigt

werden, außerdem niedrige Korrugator-Aktivität.

- b) In der negativen Bedingung sollte erhöhte Korrugator-Aktivität und negativer Affekt in beiden Selbstberichten auftreten. Zur neutralen Bedingung bestehen keine Hypothesen.

Zu den oben dargestellten Kritikpunkten an Davidsons Theorie (siehe Abschnitt 1.7.2) kommt noch die Tatsache hinzu, daß eine vollständige Replikation der Befunde Davidsons zur kurzzeitigen Veränderung der frontalen Aktivierungsasymmetrie (state-Aspekt seiner Theorie) durch Forscher außerhalb seiner eigenen Arbeitsgruppe immer noch aussteht. Daher sollen auch sehr grundlegende Annahmen Davidsons untersucht werden:

2. Es soll überprüft werden, ob eine Aktivierungsasymmetrie der frontalen Areale (gemessen durch den Alpha-Anteil im Spontan-EEG) existiert.
3. Außerdem soll untersucht werden, ob sich eine valenzspezifische asymmetrische Aktivierung tatsächlich nur in den frontalen Arealen und nicht in zentralen oder parietalen Regionen zeigt (Davidson, 1995).

Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt jedoch auf der Frage, ob sich die frontale Aktivierungsasymmetrie nach Davidson (1995) kurzzeitig verändern läßt:

4. Als Reaktion auf die Bilder in drei Emotionsbedingungen (*Neutral*, *Positiv*, *Negativ*) sollte eine zeitlich begrenzte Verschiebung der Aktivierungsasymmetrie stattfinden.
 - a) In der positiven Bedingung sollte eine im Vergleich zur negativen Bedingung relativ stärkere Aktivierung der linken Hemisphäre stattfinden.
 - b) In der negativen Bedingung sollte im Vergleich zur positiven Bedingung eine relativ stärkere Aktivierung der rechten Hemisphäre erkennbar sein. Zur neutralen Bedingung werden keine Hypothesen aufgestellt.

Diese Hypothesen werden mit den im folgenden Kapitel beschriebenen Methoden untersucht.

2 Methode

2.1 Versuchspersonen

Um eine Vergleichbarkeit mit den vorangegangenen Untersuchungen (z.B. Tomarken et al., 1990; Wheeler et al., 1993) zu gewährleisten, wurden nur weibliche Personen untersucht. Es wurden 20, größtenteils studentische Versuchspersonen der Universität Regensburg rekrutiert. Der Median des Alters der Stichprobe lag bei $Mdn = 21$ (Daten siehe Anhang). Alle Probandinnen besaßen nach eigenen Angaben eine normale oder auf normal korrigierte Sehkraft und gaben an, sich am Versuchstag gesund und leistungsfähig zu fühlen. Die Teilnahme erfolgte freiwillig im Rahmen der Teilnahme an Forschungsprojekten während des Studiums. Die Daten aller 20 Versuchspersonen wurden in die Auswertung der Rating-Daten (selbstbeurteilte Stimmung und Beurteilung der Bilder) sowie in die Auswertung der EMG-Daten einbezogen. Für die Auswertung des EEGs mußten die Daten von fünf Versuchspersonen aufgrund von Artefakten (im Elektrookulogramm oder somatischer Art), die Daten einer Versuchsperson aus technischen Gründen ausgeschlossen werden. Die Probandinnen, deren Daten ausgewertet werden konnten, waren zwischen 20 und 36 Jahren alt ($Mdn = 21.5$). Von den 14 verbleibenden Versuchspersonen waren 13 eindeutig rechts-händig, eine bevorzugte weder die rechte noch die linke Hand (nach Oldfield, 1971, Daten siehe Anhang).

2.2 Überblick über die experimentellen Bedingungen

Jede Versuchsperson durchlief nach der Erfassung der Händigkeit mit dem Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) und der Erfassung der momentanen selbstberichteten Stimmung nacheinander vier experimentelle Bedingungen, während derer das EEG aufgezeichnet wurde, sowie die abschließende Rating-Phase (siehe Abbildung 1).

Baseline-Phase: In der ersten Bedingung, der Baseline-Phase, erfolgte keine emotionale Stimulation durch Bilder, sie diente der Erfassung der Alpha-Asymmetrie ohne emotionalen Kontext bei geschlossenen (*Augen-zu-Phase*) oder geöffneten Augen (*Augen-auf-Phase*).

Emotionsbedingungen: In den drei Emotionsbedingungen (*Neutral, Positiv, Negativ*) sollte bei den Probandinnen die hemisphärische Asymmetrie innerhalb eines emotionalen Kontextes erfaßt werden. Dazu wurden jeweils 34 positive, negative oder neutrale Bilder des IAPS (Lang et al., 1995) dargeboten (siehe nächsten Abschnitt). Um den Effekt der Emotionsinduktion zu überprüfen, wurde das Elektromyogramm des Korrugator-Muskels parallel zum EEG aufgezeichnet, außerdem wurde die selbstberichtete Stimmung (subjektiver Eindruck) zu fünf Zeitpunkten im Experiment (vor und nach der Baseline-Phase sowie im Anschluß an die entsprechenden Emotionsbedingungen) erfaßt.

Rating-Phase: Nach den Emotionsbedingungen folgte eine Rating-Phase, in der die zuvor präsentierten Bilder hinsichtlich der Dimensionen Valenz und Erregung beurteilt werden sollten.

2.3 Emotionsinduktion im Experiment

Ein schwerwiegendes Problem bei Laborexperimenten zur Untersuchung von Emotionen ist das der Wahl einer validen Methode zur Emotionsinduktion. Mit dem IAPS-Bilder-Set (Lang, Bradley & Cuthbert, 1995) ist hinreichend erforschetes und standardisiertes visuelles Reizmaterial vorhanden, das die Induktion von Emotionen unterschiedlicher Valenz erlaubt. In ihrer Studie von 1993 untersuchen Hamm und Vaitl die Reliabilität und Validität dieser Emotionsinduktionsmethode, wobei besonders darauf geachtet wird, daß sich die Ergebnisse auch mit verschiedenen Methoden zur Emotionsmessung replizieren lassen. Für die Einstufung der momentanen emotionalen Befindlichkeit bestätigen sich die bestimmenden Faktoren Valenz und Erregung sowie Dominanz (vgl. Schmidt-Atzert, 1996). Die grundlegenden Faktoren Valenz und Erregung werden in der vorliegenden Arbeit als Dimensionen angesehen, die sich zur Beschreibung von Emotionen eignen. In der Studie von 1989 untersuchen Greenwald, Cook und Lang die Verbindung zwischen verbalen Selbstberichten von Emotionen und psychophysiologischen Reaktionen (u.a. Hautleitfähigkeit, Aktivität der Gesichtsmuskeln Zygomaticus und Korrugator) beim Betrachten von IAPS-Bildern. Es zeigt sich, daß die Aktivität der Gesichtsmuskulatur und die selbstberichtete Valenz der Bilder eng zusammenhängen (vgl. Dimberg, 1990; Lang, Greenwald, Bradley & Hamm, 1993). Außerdem konnte die Eignung der Bilder zur Emotionsinduktion mit Hilfe des Startle-Paradigmas nachgewiesen werden (Lang et al., 1990). Die Bilder des IAPS rufen also nicht nur konsistente und stabile Eindrucksurteile hervor, sondern auch reliable physiologische Reaktionen. In der vorliegenden Arbeit wird der Erfolg der Emotionsinduktion ebenfalls auf unterschiedlichen Ebenen überprüft. Die Erfassung der subjektiv erlebten Stimmung durch Selbstberichte erfolgt mit Hilfe ausgewählter Items aus der Eigenschaftswörterliste (EWL) von Janke und Debus (1978, Näheres siehe Anhang). Außerdem wird das Elektromyogramm des Korrugator-Gesichtsmuskels parallel zum EEG abgeleitet. Mit Hilfe der Ableitung des Elektromyogramms am Zygomaticus-Muskel und am Korrugator-Muskel kann nach Dimberg (1990) die Anwesenheit positiver und negativer Emotionen überprüft werden: Positive emotionale Reize sind verbunden mit zunehmender Aktivierung des Zygomaticus-Muskels im Wangenbereich. Negative emotionale Reize hängen mit steigender Aktivität des Korrugator-Muskels oberhalb der Augenbraue zusammen (Dimberg, 1990). Die Aktivität des Korrugators steigt mit zunehmend negativen Reizen linear an. Für zunehmend positive Reize und den Zygomaticus ist der entsprechende Zusammenhang jedoch nicht zu erkennen. Daher wird in der vorliegenden Arbeit das Korrugator-EMG als physiologisches Maß zur Kontrolle der Emotionsinduktion eingesetzt.

2.4 Reizmaterial und Emotionsinduktion

Zur Emotionsinduktion dienten 102 Bilder des International Affective Picture Systems (IAPS, Lang et al., 1995). Mit Hilfe des IAPS wurden drei unterschiedliche emotionale Bedingungen realisiert: Eine mit affektiv positivem (*Positiv*) und eine mit affektiv negativem Kontext (*Negativ*) sowie eine neutrale Bedingung (*Neutral*). In jeder der drei Emotionsbedingungen *Neutral*, *Positiv* und *Negativ* wurden 34 Bilder des IAPS verwendet.

Die 34 Bilder in jeder Emotionsbedingung wurden anhand der im IAPS-Bilder-Set angegebenen Beurteilungen durch den weiblichen Teil der Referenzstichprobe (Lang et al., 1995) auf der Dimension affektive Valenz ausgewählt. Die Einstufung der Valenz wird auf einer neunstufigen Skala vorgenommen, die von 1 (negativ) bis 9 (positiv) reicht, der Mittelpunkt der Skala liegt beim Punktwert 5. In der neutralen Emotionsbedingung wurden solche Bilder gezeigt, deren Valenzbeurteilungen zwischen sechs und vier Punkten liegen. Es wurden zum Beispiel Bilder von Pflanzen, Gegenständen oder Fahrzeugen ausgewählt. Für die positive Emotionsbedingung wurden solche Bilder gewählt, die hinsichtlich der Valenz über sechs Punkten liegen, dabei handelte es sich zum Beispiel um Bilder von Babys, (Liebes-)Paaren und jungen Tieren. Zur Induktion des negativen emotionalen Kontextes wurden Bilder verwendet, die Valenzwerte unter vier Punkten aufweisen, es handelte sich beispielsweise um Darstellungen von zerstückelten oder verletzten Körpern und toten Tieren. Die Werte auf der ebenfalls neunstufigen Skala Erregung, die von 1 (beruhigend) bis 9 (erregend) reicht, sind ebenfalls bei Lang et al. (1995) für jedes Bild angegeben. Die Bilder in der positiven und negativen Bedingung sollten nach Möglichkeit als gleich erregend empfunden werden, die in der neutralen Bedingung gezeigten Bilder sollten möglichst geringe Erregungswerte aufweisen. Eine Liste der Bilder ist im Anhang aufgeführt.

Um die Reize direkt auf dem Bildschirm darbieten zu können, wurden die auf einer Foto-CD im jpg-Format vorliegenden Dateien mit Hilfe des Micrografx Picture Publisher 4.0a (Micrografx Inc.) in das pcx-Format übertragen und auf die Größe 640 x 480 Pixel bei 24 Bit Farbtiefe transformiert.

2.5 Reizdarbietung

Die Präsentation der Bilder und Anweisungen erfolgte über einen 20-Zoll PC-Farbmonitor (Eizo T662-T), der sich in etwa 100 cm Entfernung in Augenhöhe vor der Versuchsperson befand.

Während des Experimentes wurden sämtliche Informationen an die Versuchsperson durch farbige Textfelder gegeben. Durch eine Tastenbox mit drei Reaktionstasten waren Reaktionen der Probandinnen auf die Anweisungen möglich, zum Beispiel das Starten einer neuen Bedingung und die Eingabe von Ratings (siehe Abbildung 1).

Baseline-Phase: Die Emotionsmessung vor Beginn der Baseline-Phase sowie im Anschluß an die Baseline-Bedingungen erfolgte wie im Anhang dargestellt. Der Beginn der Baseline-Phase wurde

durch ein Textfeld angekündigt, nach Tastendruck der Versuchsperson begann die Reizpräsentation mit einer Verzögerung von drei Sekunden. In den sechs Augen-auf-Phasen erschien gleichzeitig mit einem Warnton (880Hz, je 10 ms Anstiegs- und Abstiegszeit) ein 4 cm x 4 cm großes, blaues Kreuz in der Bildschirmmitte. Das Kreuz signalisierte nicht nur den Beginn der Datenaufzeichnung, sondern diente während der gesamten Phase als Fixationspunkt, auf den die Probandinnen den Blick ausrichten sollten. Außerdem sollten Augen- und Körperbewegungen sowie Blinzeln vermieden werden. Um die Augen-zu-Phase zu kennzeichnen, erschien während der gesamten Phase ein hellgrauer, waagerechter Balken (Länge 4 cm, Dicke 0.35 cm) in der Bildschirmmitte.

Nach 46 Sekunden verschwand das Kreuz oder der Balken, in der Augen-zu-Phase wurde das Ende des Durchgangs von einem 660-Hz-Ton (Dauer 200 ms, je 10 ms Anstiegs- und Abstiegszeit) signalisiert. Dann erschien ein Textfeld mit der Information über die Art der nächsten Phase, die nach Tastendruck begann. Nacheinander folgten 6 Augen-zu-Phasen und 6 Augen-auf-Phasen von je 46 Sekunden Dauer in randomisierter Reihenfolge. Nach der Baseline-Phase folgte das zweite Stimmungs-Rating und eine sechsminütige Pause. Während der Pause wurden die Probandinnen nicht gestört. Die Information über die Pausenlänge sowie über die noch verbleibende Pausenzeit erhielt die Probandin über ein Hinweisfenster mit einem mit der Zeit zunehmenden Balken.

Emotionsbedingungen: Die Emotionsbedingungen wurden durch ein Textfeld angekündigt, nach dem Tastendruck begann die Bildpräsentation. Vor jedem Bild ertönte zunächst der Warnton (880Hz, je 10 ms Anstiegs- und Abstiegszeit), gleichzeitig erschien für 3 Sekunden das oben beschriebene blaue Fixationskreuz. Dann verschwand das Kreuz, und ein Bild wurde 8 Sekunden lang in einer Größe von mindestens 25 x 27 cm und höchstens 36 x 27 cm (Breite x Höhe) präsentiert. Nach Verschwinden des Bildes wurde wiederum für 3 Sekunden das Fixationskreuz gezeigt. Dann blieb der Bildschirm schwarz, die Länge dieses Inter-Stimulus-Intervalls wurde zufällig zwischen 8 und 12 Sekunden variiert. Dann begann das nächste Bildpräsentations-Trial mit Warnton und Fixationskreuz, nächstem Bild, wieder dem Kreuz. Insgesamt ergab sich für ein Bildpräsentations-Trial eine Dauer von 14 Sekunden.

Die Bilder einer Emotionsbedingung wurden in randomisierter Reihenfolge dargeboten, nach der Präsentation aller 34 Bilder folgte jeder der drei Emotionsbedingungen ein Stimmungs-Rating (Items siehe Anhang). Die Reihenfolge der drei Emotionsbedingungen wurde über die Versuchspersonen ausbalanciert. Die Bedingungen wurden durch jeweils sechsminütige Pausen getrennt, die der Nivellierung von Stimmungseffekten dienen sollten. Die Probandinnen wurden nicht gestört, die Pausenzeit wurde analog zur Pause nach der Baseline-Phase angezeigt.

Rating-Phasen: Die im Anhang beschriebenen fünf Stimmungs-Ratings sowie die Beurteilung der 102 präsentierten Bilder im Anschluß an die drei Emotionsbedingungen wurden anhand von

neunstufigen Skalen erfaßt, die auf dem Bildschirm dargeboten wurden. Die Frage zur Erfassung der Valenz lautete „Wie angenehm oder unangenehm haben Sie das Bild empfunden?“ (1 = sehr unangenehm, 9 = sehr angenehm). Die Frage zur Erfassung der emotionalen Erregung lautete „Wie stark hat Sie das Bild innerlich beruhigt oder erregt?“ (1 = beruhigt, 9 = erregt). Die Antworteingabe erfolgte mit Hilfe der Reaktionstasten der Tastenbox, durch die ein Kreuz auf der Skala hin- und herbewegt werden konnte. Im Bilder-Rating wurde vor Präsentation der Antwortskalen das Bild analog zur Präsentation während der Emotionsbedingungen für sechs Sekunden gezeigt.

Die Bearbeitung der 114 Durchgänge (102 Bilder, 12 Baseline-Phasen) dauerte einschließlich der vorgegebenen Pausen circa 85 Minuten.

2.6 Versuchsdurchführung

Die Probandinnen saßen in einem künstlich beleuchteten, abgedunkelten Versuchsraum des Lehrstuhls für Psychologie V (Prof. Pekrun) des Instituts für Psychologie der Universität Regensburg. Die Versuchspersonen wurden vom Versuchsleiter vom Steuerraum aus mit Hilfe einer Videokamera und einer zweiseitigen Sprechanlage überwacht. Dadurch war eine Kommunikation zwischen der Versuchsperson und dem Versuchsleiter möglich, außerdem konnte die Blickausrichtung der Versuchspersonen kontrolliert werden.

Vor Beginn des Experiments wurden verschiedene biographische Daten der Versuchsperson mittels eines Fragebogens (siehe Anhang) erhoben, zum Beispiel das Alter, das Geburtsdatum, die Händigkeit (nach eigener Angabe) und der Gesundheitszustand. In diesen Bogen konnten außerdem besondere Vorkommnisse während des Versuches eingetragen werden.

Die Untersuchung erfolgte entsprechend dem in Abbildung 1 gezeigten Versuchsablauf, die einzelnen Phasen des Experiments sind im folgenden näher erläutert. Nach einer schriftlichen Instruktion (siehe Anhang) und einem Übungsdurchgang zum Umgang mit den Antwortskalen und der Tastenbox wurde die Händigkeit der Probandinnen mit Hilfe eines ins Deutsche übersetzten und als fünfstufige Skala konzipierten Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) erfaßt (siehe Anhang). Die Fragen zur Händigkeit wurden auf dem Computerbildschirm präsentiert, die Versuchspersonen konnten ihre Antworten über eine fünfstufige Skala eingeben, auf der ein Kreuz mit Hilfe der Tastenbox hin- und herbewegt werden konnte. Nachdem die Probandin ihre Eingabe durch Tastendruck bestätigt hatte, erschien die nächste Frage gemeinsam mit der nächsten Antwortskala auf dem Bildschirm.

Nach der Erfassung der Händigkeit und dem Stimmungs-Rating wurde die Versuchsperson über das Vorgehen bei der Anbringung der Meßelektroden informiert und die Elektroden wurden wie in Punkt 2.7 beschrieben angebracht. Währenddessen las die Probandin die schriftliche Instruktion über den Ablauf des nun folgenden Experiments (siehe Anhang). Die Impedanzen der einzelnen

Verstärkerkanäle wurden auf dem Versuchspersonenbogen protokolliert. Die Versuchsperson wurde noch einmal mündlich darauf hingewiesen, daß sie die Bilder während der gesamten Präsentationszeit betrachten und intensiv auf sich wirken lassen solle. Weitere Fragen der Versuchsperson wurden geklärt.

Übungsdurchgang: Mit Hilfe des dann folgenden Übungsdurchgangs sollten die Versuchspersonen mit dem Ablauf des Experiments vertraut gemacht werden, die Testphase enthielt deshalb alle Teile des Experimentalprogramms (4 Baseline-Phasen, eine Pause von 30 Sekunden Dauer und 4 Bildpräsentations-Trials). Durch die Präsentation der Bilder sollten die Versuchspersonen darauf vorbereitet werden, daß auch unangenehme Bilder gezeigt werden. Nach absolviertem Übungsdurchgang wurden eventuelle weitere Fragen der Versuchsperson geklärt. Die Probandinnen wurden nochmals instruiert, daß immer, wenn ein Kreuz, ein Balken oder ein Bild zusammen mit dem Warnton erscheint, Daten aufgezeichnet werden und Körper- und Augenbewegungen eingestellt werden sollen. Erst wenn sichergestellt war, daß die Probandinnen die Instruktionen verstanden hatten, wurde die Datenaufzeichnung gestartet.

Baseline-Phase: Die erste Phase des Experiments, während der EEG- und EMG-Daten aufgezeichnet wurden, war die Baseline-Phase, die zur Bestimmung der Aktivierungsasymmetrie ohne emotionale Stimulation diente. Sie bestand, wie oben beschrieben, aus jeweils sechs Phasen mit geschlossenen Augen und sechs Phasen, die mit offenen Augen absolviert werden mußten. Da die in der Baseline-Phase aufgezeichneten Daten nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind, sondern weiterführenden Auswertungen vorbehalten werden sollen, wird ihr Ablauf nur der Vollständigkeit halber aufgeführt. Im weiteren wird nicht mehr auf die Baseline-Phasen eingegangen.

Emotionsbedingungen: Jede Versuchsperson wurde nach der Baseline-Phase drei Emotionsbedingungen unterzogen, in denen in drei Blöcken (Neutral, Positiv, Negativ) insgesamt 102 Bilder präsentiert wurden, die bestimmte Klassen von Emotionen auslösen sollten. Vor Versuchsbeginn wurde die Versuchsperson darüber informiert, daß in einem Block nur Bilder aus einer Emotionsbedingung gezeigt werden, außerdem wurde ihr die Reihenfolge der Emotionsbedingungen mitgeteilt. Dieses Vorgehen sollte verhindern, daß durch die Erwartung negativer Bilder durch die Versuchsperson ein emotional negativer Kontext erzeugt wird, der die zu erzeugenden Emotionen überlagert.

Bevor die Meßelektroden nach absolviertem Versuch abgenommen wurden, wurden nochmals die Impedanzen der Verstärkerkanäle gemessen und ebenfalls auf dem Versuchspersonenbogen protokolliert, um überprüfen zu können, ob sich Elektroden während des Experiments gelöst oder sich die Impedanzen homologer Kanäle geändert hatten. Die Aufzeichnung des EEGs und des EMGs war damit abgeschlossen, die Elektroden wurden entfernt und es folgte die Rating-Phase, in der die subjektiven Valenz- und Erregungsbeurteilungen der Probandinnen zu jedem einzelnen Bild erfaßt wurden. Damit die Versuchspersonen sich mit dem Ablauf der Rating-Phase vertraut

machen konnten, absolvierten sie nach dem Lesen der Instruktion (siehe Anhang) zunächst einen Übungsdurchgang, anschließend wurde für jede Versuchsperson eine randomisierte Folge der 102 Bilder der drei Emotionsbedingungen dargeboten. Jedes einzelne Bild erschien nochmals für sechs Sekunden auf dem Monitor. Nach der Bilddarbietung erschienen die Fragen zur Erfassung der Valenz und der Erregung auf dem Bildschirm (siehe Abschnitt 2.5). Die Antworteingabe erfolgte über die Reaktionstasten der Tastenbox. Für die Beantwortung dieser Fragen bestand keine Zeitbegrenzung.

Mit Abschluß der Rating-Phase war das Experiment beendet. Der gesamte Versuch einschließlich des Anbringens der Meßelektroden dauerte circa drei bis dreieinhalb Stunden. Die Versuchspersonen wurden anschließend über die Hintergründe der Untersuchung informiert.

2.7 Ableitung des Elektroenzephalogramms

Die Ableitung des Elektroenzephalogramms (EEG) erfolgte mit Hilfe einer elastischen Kappe der Firma Falk Minow Services. Nach dem internationalen 10-20-System (Jaspers, 1958) wurden Elektroden an den Positionen Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1 und O2 befestigt. Die Ableitung erfolgte unipolar gegen die verbundenen Ohrläppchen als Referenz (A1, A2). Die Erdung erfolgte am Mastoid-Knochen hinter dem rechten Ohr der Versuchspersonen. Für die Ableitung des EEGs und zur Erdung wurden Ag/AgCl-Elektroden der Firma InVivoMetric verwendet, die mit Einkerbungen zur Anbringung an der Kappe versehen waren. Der Durchmesser der aktiven Fläche der Elektroden betrug 0.8 cm. Als Elektrolyt und zur Reinigung der Haut wurde Abralyt-Light-Elektrolytgel der Firma Falk Minow Services verwendet.

Zur Registrierung von Augenbewegungen dienten zwei bipolare Kanäle. Das vertikale Elektrookulogramm (VEOG) wurde zur Artefaktkontrolle durch Elektroden ober- und unterhalb des rechten Auges der Versuchspersonen abgeleitet. Das horizontale Elektrookulogramm (HEOG) wurde über Elektroden an den äußeren Canthi des rechten und linken Auges aufgezeichnet. Außerdem erfolgte eine Ableitung des Korrugator-Muskels (EMG) oberhalb der Augenbraue des linken Auges. Analoge Ag/AgCl-Elektroden (Durchmesser der aktiven Fläche 0.4 cm) wurden zur Ableitung des EOGs und des EMGs verwendet und mit Hilfe von Kleberingen angebracht. Für diese Ableitungen wurde Elektrodencreme der Firma Hellige verwendet, zur Säuberung der Gesichtshaut diente Skinpure-Creme der Firma Nihon-Kohden.

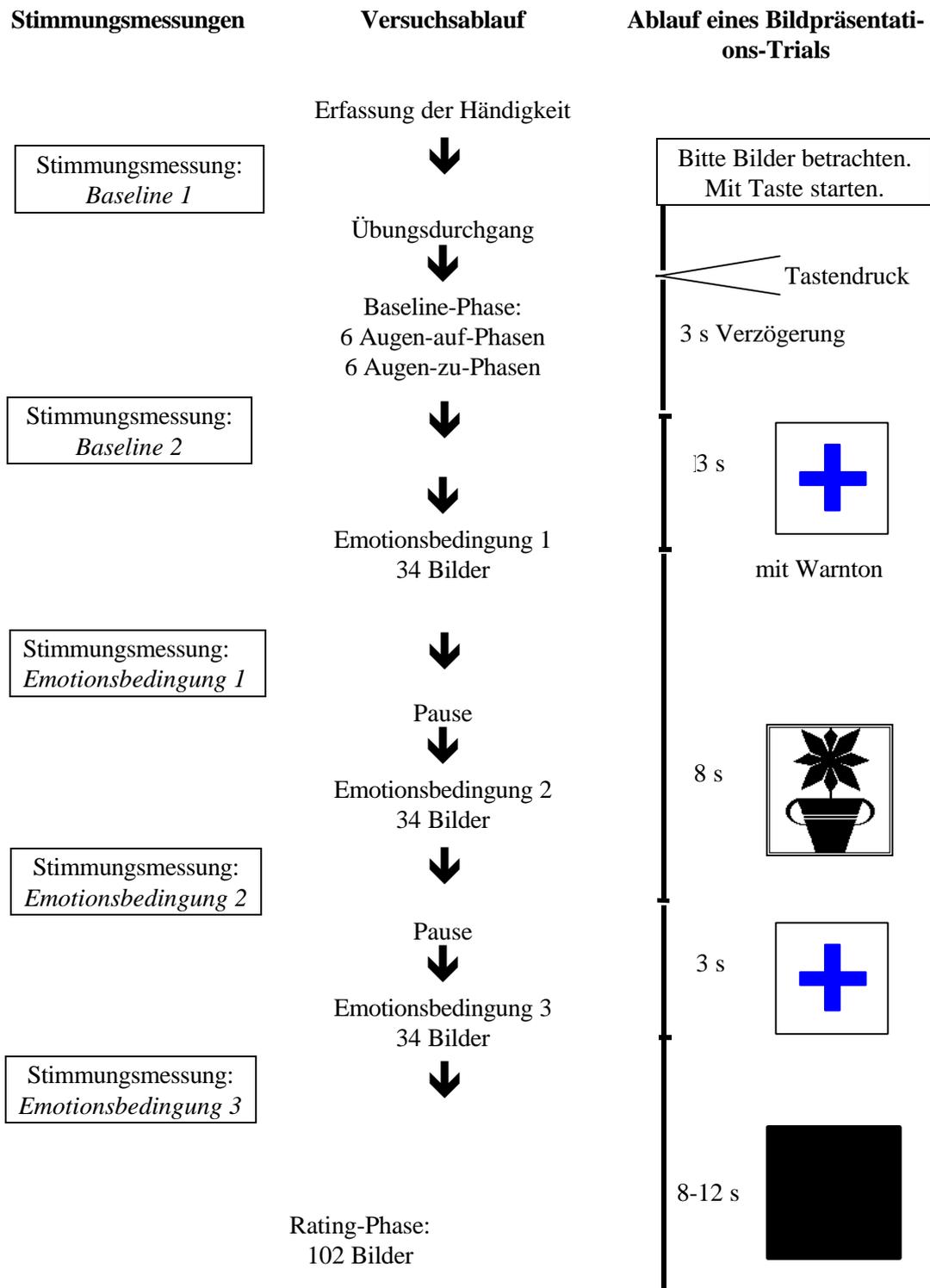


Abbildung 1: Versuchsablauf, Stimmungsmessungen und Ablauf einer Bildpräsentation im Experiment. In der linken Spalte sind die Zeitpunkte der fünf Stimmungsmessungen aufgeführt, die mittlere Spalte zeigt den Ablauf des Experiments. In der rechten Spalte ist der Ablauf des jeweils ersten Einzeldurchgangs zu Beginn einer Bildbedingung dargestellt, die weiteren Durchgänge können dann nicht mehr von der Versuchsperson selbst durch Tastendruck gestartet werden.

Die Aufzeichnung des EEGs, des EOGs und des EMGs erfolgte mit SYNAMPS DC-Verstärkern, die mit Hilfe des Softwarepaketes SCAN (NeuroScan Inc.) gesteuert wurden. Die Aufzeichnung des EEGs und des EOGs erfolgte im gleichspannungsgekoppelten Verstärkermodus mit 0 Hz als unterer und 40 Hz/-6dB als oberer Grenzfrequenz, das EMG wurde mit 1 Hz als unterer und 200 Hz/-6dB als oberer Grenzfrequenz aufgezeichnet. Zur Minimierung möglicher Netzeinflüsse dienten 50 Hz Notch-Filter. Die Impedanzen aller Kanäle lagen unter 2 KO, homologe Kanäle wiesen vergleichbare Impedanzwerte auf. Die Digitalisierung aller Kanäle erfolgte mit einer Abtastrate von 1000 Hz. Zur permanenten Sicherung der Daten erfolgte off-line eine Übertragung auf Compact-Disks.

2.8 Versuchssteuerung

Das gesamte Experiment wurde durch zwei Pentium-Computer gesteuert (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**): Mit Hilfe des Computers 1 (Datenaufzeichnung) wurde die Aufzeichnung sämtlicher EEG-, EOG- und EMG-Daten über das SCAN-Softwarepaket vorgenommen, Computer 2 (Reizdarbietung) steuerte den Versuchsablauf und speicherte die von den Probandinnen mittels der Tastenbox eingegebenen Ratings. Der Computer zur Aufzeichnung der Daten war durch ein SCSI-Interface mit dem SYNAMPS-System verbunden. Die Abstimmung von Datenaufzeichnung, Versuchssteuerung und SYNAMPS-System wurde erreicht, indem Informationen über die aktuelle Phase des Experiments jeweils mit Auftauchen eines jeden neuen Reizes als 8-Bit-Strings (sogenannte *Marker*) über die parallele Schnittstelle an das SYNAMPS-System übertragen wurden. Diese Informationen, durch numerische Marker kodiert, wurden von SYNAMPS on-line gemeinsam mit den physiologischen Daten aufgezeichnet. Kommandos des Versuchssteuerungsprogramms auf Computer 2 wurden über die serielle Schnittstelle an Computer 1 übertragen. Über diese Verbindung wurde die bei DC-Ableitungen nötige regelmäßige Neukalibrierung der Verstärker (DC-Reset) vor jeder neuen Phase in der Baseline-Bedingung und vor jedem zweiten Bild gesteuert. Außerdem diente diese Verschaltung dazu, die Aufzeichnung der Daten auf Festplatte in den Versuchspausen zu unterbrechen.

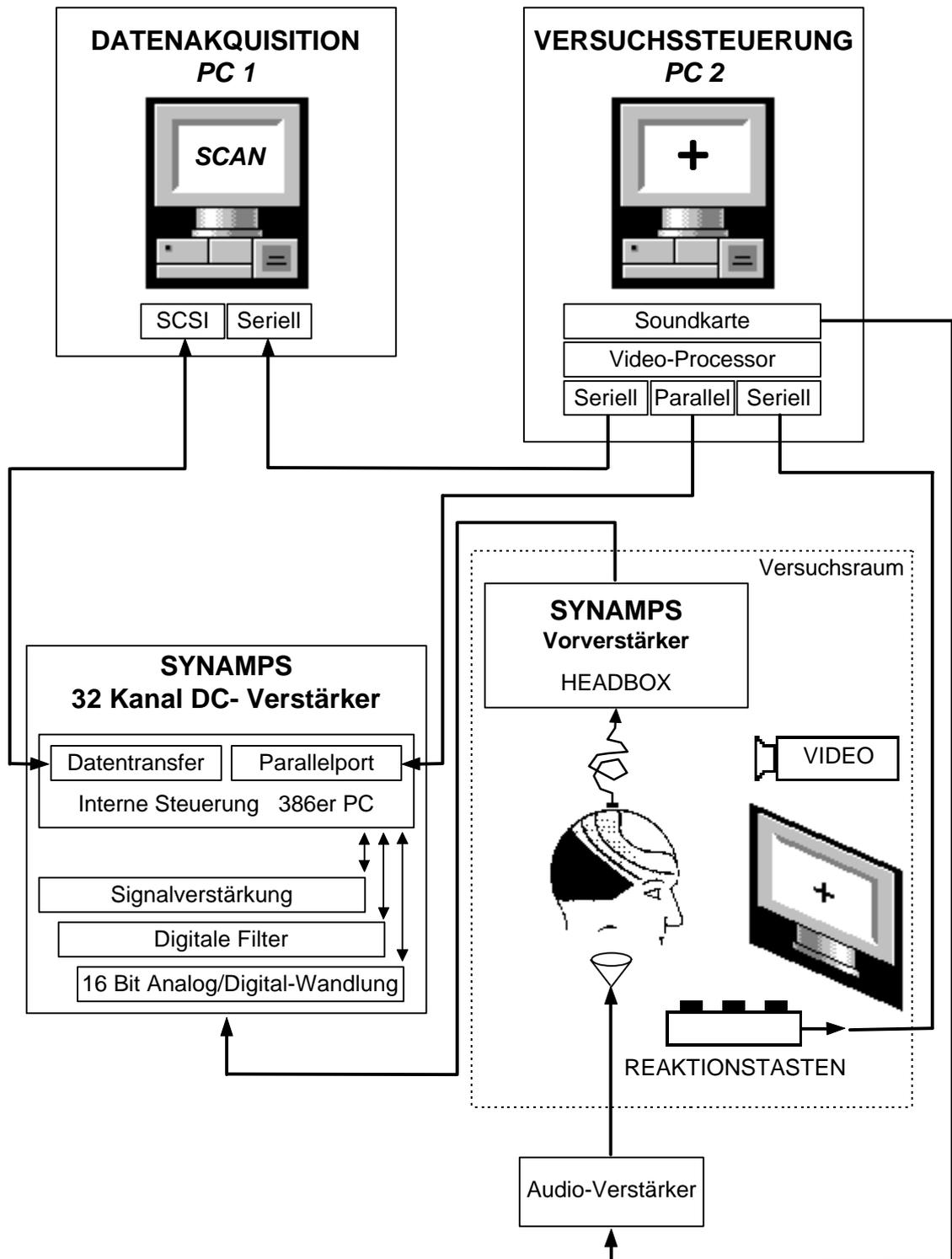


Abbildung 2: Übersicht über den Laboraufbau und die Verschaltung der Computer (nach Meinhardt, 1998). Erläuterungen siehe Text.

2.9 Analyse der Daten

2.9.1 Parametrisierung der physiologischen Daten

Parametrisierung des Elektromyogramms

Die Parametrisierung der elektromyographischen Daten erfolgte entsprechend Fridlund und Cacioppo (1986). Die Daten wurden 60 - 200 Hz / -24 dB bandpass-gefiltert. Die gefilterten Daten wurden in Abschnitte von jeweils 500 ms unterteilt. Für jedes Bild ergaben sich 28 Zeitabschnitte à 500 ms, 6 Epochen vor der Bildpräsentation, 16 Zeitabschnitte, während denen das Bild gezeigt wurde und 6 Epochen nach der Bildpräsentation. Die Rohdaten in den 28 Zeitabschnitten wurden gleichgerichtet, über jeweils 500 ms Dauer integriert und durch die Anzahl der Datenpunkte geteilt. Dann wurden die sechs Abschnitte vor, 16 während der Bilddarbietung und 6 nach der Bildpräsentation gemittelt, um ein Maß für die mittlere Muskelaktivität vor, während und nach dem Bild zu erhalten.

Parametrisierung des Elektroenzephalogramms

Für die Auswertung des EEGs wurden die während der Baseline-Bedingungen erhobenen Daten nicht berücksichtigt. Die Analyse der EEG-Daten erfolgte mit dem SCAN Softwarepaket (NeuroScan Inc.). Die während des Versuchs kontinuierlich aufgezeichneten Daten wurden zunächst über Bandpass (0.1 - 40 Hz / -24 dB) gefiltert. Dann wurden Epochen von jeweils 2048 ms Dauer gebildet. Die 2048-ms-Epochen wurden baselinerkorrigiert und das lineare Detrending auf die Daten angewendet. Dann wurde auf die Daten ein 37 %-Hamming-Fenster angewendet, das die höherfrequente Störsignale aus dem Signal herausfiltert bzw. unterdrückt, die durch eine begrenzte Dauer entstehen und in der FFT Artefakte hervorrufen. Die Zeitabschnitte, in die die Rohdaten eingeteilt wurden, waren so gewählt, daß sich die Epochen zu 75 % entsprechend dem Schema in Abbildung 2 überlappten. Schließlich wurden die Daten in zwei Stufen artefaktkorrigiert: Zunächst erfolgte ein Ausschluß derjenigen Abschnitte, in denen ein Grenzwert von 50 μV in einem der EEG-Kanäle oder 100 μV in einem EOG-Kanal unter- oder überschritten wurde. Danach wurden die Daten gesichtet, um artefaktbehaftete Epochen verwerfen zu können, die durch das automatische Korrekturverfahren nicht erkannt wurden. Mit Hilfe der Fast-Fourier-Transformation wurde dann die Power in den einzelnen Frequenzbereichen berechnet und gleichzeitig die Daten nach Intervall (PRE, FRÜH, MITTE, SPÄT, PST) für alle Elektroden und Emotionsbedingungen gemittelt (siehe Abbildung 2). Diese gemittelten Werte wurden dann mit Hilfe von Turbo C (Borland Inc.) logarithmiert (natürlicher Logarithmus), um eine Normierung der Daten zu erreichen.

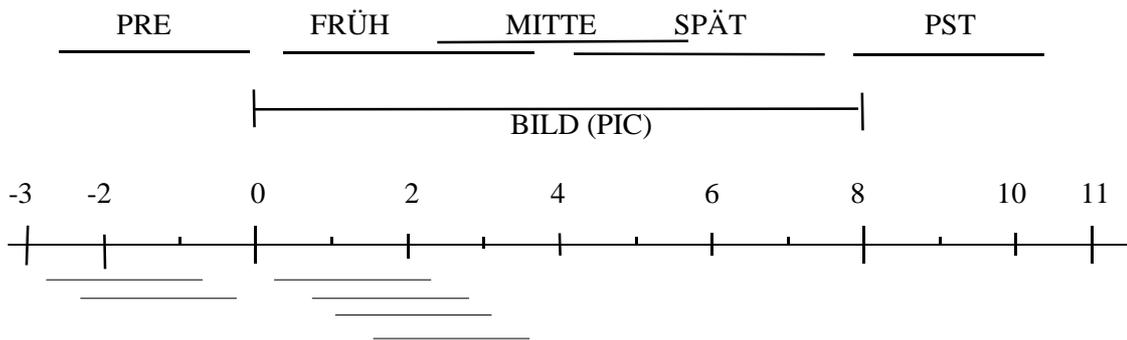


Abbildung 2: Überlappungsschema der artefaktfreien Epochen in der Fast-Fourier-Transformation. Die Abkürzungen bedeuten: PRE: Phase vor der Bildpräsentation, PIC: Phase, während der ein Bild gezeigt wird, PST: Phase nach der Bildpräsentation.

Tabelle 1: Einteilung der Epochen in Abschnitte

Epoche Nr.	Beginn ¹	Ende ¹	Abschnitt	
-1	- 2780	- 732	PRÄ	
0	- 2268	- 220	PRÄ	
1	160	2208	FRÜH	BILD
2	672	2720	FRÜH	BILD
3	1184	3232	FRÜH	BILD
4	1696	3744	FRÜH	BILD
5	2208	4256	MITTE	BILD
6	2720	4768	MITTE	BILD
7	3232	5280	MITTE	BILD
8	3744	5792	MITTE	BILD
9	4256	6304	SPÄT	BILD
10	4768	6816	SPÄT	BILD
11	5280	7328	SPÄT	BILD
12	5792	7840	SPÄT	BILD
13	8220	10268	POST	
14	8732	10780	POST	

¹ Alle Angaben erfolgen in ms ausgehend vom Bildonset.

2.9.2 Statistische Auswertung

Alle statistischen Berechnungen wurden mit dem Statistik-Paket SPSS (SPSS Inc.), Version 7.5 oder höher durchgeführt. Bei der Analyse der Daten wurden Ergebnisse statistischer Tests ab einem Signifikanzniveau von 5 % und geringer als statistisch bedeutsam angesehen. Da es sich bei der vorliegenden Untersuchung hinsichtlich der EEG-Daten um eine explorative Studie handelt, wurden bei der Analyse der EEG-Daten Zusammenhänge ab einem Signifikanzniveau von

$p < 10\%$ als tendenzielle Zusammenhänge interpretiert. Da bei der Anwendung der mehrfaktoriellen Varianzanalysen mit vollständiger Meßwiederholung unter Umständen die Annahme der Varianzhomogenität verletzt sein könnte, erfolgte eine Korrektur der Freiheitsgrade nach Huynh-Feldt. Für jeden F-Test werden im folgenden die originären F-Werte angegeben, die Freiheitsgrade sowie das nach Huynh-Feldt korrigierte Signifikanzniveau.

Analyse der Rating-Daten zu den Bildern

Um die Vergleichbarkeit mit den im IAPS angegebenen Rating der amerikanischen Stichprobe zu ermöglichen (Lang et al., 1995), wurde das Ordinalskalenniveau der Daten bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Die Daten wurden mit Hilfe von zwei einfaktoriellen Varianzanalysen mit den Faktoren Valenz und Erregung und vollständiger Meßwiederholung analysiert. Die Faktorstufen waren in beiden Fällen neutral, positiv und negativ. Dann wurden die Ratings in den einzelnen Bedingungen mit Hilfe von post-hoc-t-Tests für gepaarte Stichproben verglichen.

Analyse der selbstberichteten Stimmung

Auch hier wurde das Ordinalskalenniveau der Daten vernachlässigt und davon ausgegangen, daß die einzelnen Skalen miteinander vergleichbar sind. Die vor und nach absolvierter Baseline-Phase erhobenen Rating-Daten wurden nicht berücksichtigt. Die Rating-Daten zur momentanen Stimmung wurden für die drei Meßzeitpunkte Itemanalysen unterzogen. Entsprechend wurden die 12 Einzelitems für die drei Emotionsbedingungen jeweils zu den Skalen *positiver Affekt* und *negativer Affekt* zusammengefaßt. Mit Hilfe des (ein-Stichproben-) Kolmogorov-Smirnov-Tests wurde die Normalverteilung der zusammengefaßten Skalen überprüft. Schließlich wurde ein positiver Affekt-Index für die drei Emotionsbedingungen gebildet (Werte der Skala positiver Affekt minus Werte der Skala negativer Affekt). Nach der Überprüfung der Normalverteilungsannahme erfolgte die varianzanalytische Auswertung der Affekt-Indizes, post-hoc-Vergleiche erfolgten mit Hilfe von t-Tests für gepaarte Stichproben.

Analyse des Elektromyogramms

Wie oben dargestellt wurden die Werte für die mittlere Muskelaktivität für jedes Intervall (vor, während und nach der Bildpräsentation) in den drei Emotionsbedingungen berechnet. Die Folge der präsentierten Bilder einer Emotionsbedingung wurde außerdem in drei Abschnitte eingeteilt: vom jeweils ersten Bild, das in einer Bedingung gezeigt wurde, wurde bis zum jeweils 11. Bild in der Folge der Abschnitt *früh* gebildet, das 12. bis 23. Bild wurden zum Abschnitt *mittel* zusammengefaßt, der Abschnitt *spät* bestand aus den restlichen 11 Bildern (24. bis 34.). Mit Hilfe einer 3 x 3 x 3-Varianzanalyse mit vollständiger Meßwiederholung und den Faktoren Emotionsbedingung, Intervall und Zeitpunkt (Position in der Bildfolge) wurden die EMG-Daten untersucht. Die

varianzanalytische Auswertung erfolgte bis auf einfaktorielles Niveau, Einzelvergleiche erfolgten mit Hilfe von t-Tests für gepaarte Stichproben.

Analyse der EEG-Daten

Die ursprünglich drei Zeitabschnitte während der Präsentation eines Bildes wurden gemittelt, um der geringen Zahl an Versuchspersonen Rechnung zu tragen. Weiterhin wurde die varianzanalytische Auswertung aufgrund der geringen Anzahl von Versuchspersonen getrennt nach drei Intervallen (vor, während und nach der Bildpräsentation) durchgeführt. Die Daten wurden mit Hilfe einer 3 x 2-Varianzanalyse mit vollständiger Meßwiederholung und den Faktoren Emotion und Hemisphäre getrennt nach Elektrodenpaar und Intervall untersucht. Die Faktorstufen des Faktors Emotion waren neutral, positiv und negativ, die Stufen des Faktors Hemisphäre waren links und rechts. Aus homologen Elektroden wurden jeweils Paare gebildet, es ergaben sich die folgenden 8 Elektrodenpaare: Fp1-Fp2, F7-F8, F3-F4, T3-T4, C3-C4, P3-P4, T5-T6 und O1-O2. Außerdem ergaben sich drei Intervalle: Das PRE-Intervall vor der Bildpräsentation, das PIC-Intervall während der Bildpräsentation und das PST-Intervall nach der Präsentation des Bildes. Ergab die oben beschriebene Varianzanalyse mit vollständiger Meßwiederholung eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Emotion und Hemisphäre, wurden die Emotionsbedingungen mit Hilfe von drei 2 x 2-Varianzanalysen mit vollständiger Meßwiederholung mit den Faktoren Emotion und Hemisphäre verglichen. Die Stufen des Faktors Emotion waren dann positiv und negativ, positiv und neutral oder neutral und negativ. Trat keine signifikante Wechselwirkung auf, wurde die statistische Analyse abgebrochen.

Zusätzlich wurde für die Elektrodenpaare, bei denen die oben beschriebene 3 x 2-Varianzanalyse eine signifikante Wechselwirkung ergab, der Asymmetrie-Index nach Davidson (1995) berechnet (logarithmierte rechtsseitige minus logarithmierte linksseitige Alpha-Power). Die Daten wurden mit Hilfe einfaktorieller Varianzanalysen mit vollständiger Meßwiederholung (Faktoren neutral, positiv, negativ) untersucht, post-hoc-Vergleiche erfolgten mit Hilfe von t-Tests für gepaarte Stichproben.

Im nächsten Abschnitt werden die Ergebnisse dieser Auswertung dargestellt und diskutiert.

3 Einzelergebnisse und ihre Diskussion

In diesem Abschnitt sollen die für die in Abschnitt 1 formulierte Fragestellung relevanten Ergebnisse dargestellt, diskutiert und in Zusammenhang gebracht werden. Alle weiteren im Experiment erhobenen Daten werden in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt. Zunächst werden die Ergebnisse der Auswertung der subjektiven Beurteilungen der IAPS-Bilder sowie der selbstberichteten momentanen Stimmung dargestellt und diskutiert. Dem folgt eine Beschreibung und Interpretation der Befunde, die sich bei der Auswertung der EMG-Daten ergeben haben. Schließlich werden die EEG-Daten, getrennt nach den drei Phasen, dargestellt und diskutiert.

3.1 Subjektive Beurteilung der IAPS-Bilder

Im folgenden Abschnitt sind zunächst die Ergebnisse der Datenauswertung dargestellt, dem folgt eine Interpretation der Befunde.

Ergebnisse

Die zu den 102 präsentierten Bildern erhobenen Beurteilungen aller 20 Versuchspersonen konnten in die statistische Auswertung einbezogen werden. Um die Vergleichbarkeit mit den von Lang (Lang et al., 1995) zu den Bildern des Affective Picture Systems erhobenen Daten der weiblichen amerikanischen Stichprobe zu gewährleisten, wird das arithmetische Mittel berechnet. In Abbildung 3 sind die Rating-Daten der Versuchspersonen zu den Bildern der einzelnen Emotionsbedingungen auf den Dimensionen *Valenz* und *Erregung* dargestellt.

Nachdem die einfaktorielle Varianzanalyse mit vollständiger Meßwiederholung und dem Faktor Valenz (Faktorstufen neutrale, positive und negative Bilder) signifikante Unterschiede ergeben hat ($F(2, 38) = 346.26, p < .001, \epsilon = 0.79$), werden die mittleren Valenzwerte der drei Bedingungen mit Hilfe von t-Tests für gepaarte Stichproben verglichen. Die Bilder der positiven Bedingung werden im Mittel um 4.3 Punkte angenehmer eingeschätzt als die Bilder der negativen Bedingung. Die Einschätzung der Valenz der neutralen Bilder liegt zwischen der der positiven und der der negativen Bedingung: Neutrale Bilder werden um 1.9 Punkte weniger angenehm eingeschätzt als positive und um 2.4 Punkte angenehmer als negative Bilder. Positiven Bildern werden insgesamt die höchsten Valenzwerte zugeordnet, negativen Bildern die geringsten, die neutralen Bilder liegen dazwischen. Sämtliche Unterschiede zwischen den Emotionsbedingungen hinsichtlich der Einstufung der emotionalen Valenz sind signifikant (Ergebnisse siehe Tabelle 2): Die Einschätzung der Valenz variiert also systematisch mit der entsprechenden Emotionsbedingung.

Tabelle 2: Vergleich der Valenz- und der Erregungswerte der Bilder in den Emotionsbedingungen

Bedingung	M	SD	Vergleich mit	t^1	p
Valenz					
Neutral	5.14	(0.32)	Positiv	- 14.00	< .001
Positiv	7.00	(0.49)	Negativ	- 20.81	< .001
Negativ	2.71	(0.65)	Neutral	- 17.16	< .001
Erregung					
Neutral	3.86	(1.33)	Positiv	- 6.63	< .001
Positiv	5.23	(1.05)	Negativ	6.26	< .001
Negativ	6.70	(0.62)	Neutral	10.21	< .001

N = 20

¹df = 19

Die Analyse der Erregungsratings erfolgt entsprechend: Nachdem die einfaktorielle Varianzanalyse mit vollständiger Meßwiederholung und dem Faktor Erregung (Faktorstufen neutrale, positive, negative Emotionsbedingung) signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen ergeben hat ($F(2, 38) = 69.09, p < .001, \epsilon = 0.98$), erfolgt eine weitere Analyse der Unterschiede zwischen den mittleren Erregungswerten mit Hilfe von t-Tests (siehe Tabelle 2). Die Bilder der neutralen Bedingung erhalten die geringsten Erregungs-Werte: Sie werden um 1.4 Punkte weniger erregend eingeschätzt als die positiven und um 2.8 Punkte weniger erregend als die negativen Bilder. Die Bilder der positiven Bedingung liegen zwischen der neutralen und der negativen und werden um 1.5 Punkte weniger erregend eingestuft als die Bilder der negativen Bedingung. Positive und negativen Bilder sind also stärker erregend als neutrale. Auch diese Unterschiede sind signifikant, was anhand Tabelle 2 zu ersehen ist: Wie die Einschätzung der Valenz ist auch das Rating der Erregung von der emotionalen Bedingung abhängig.

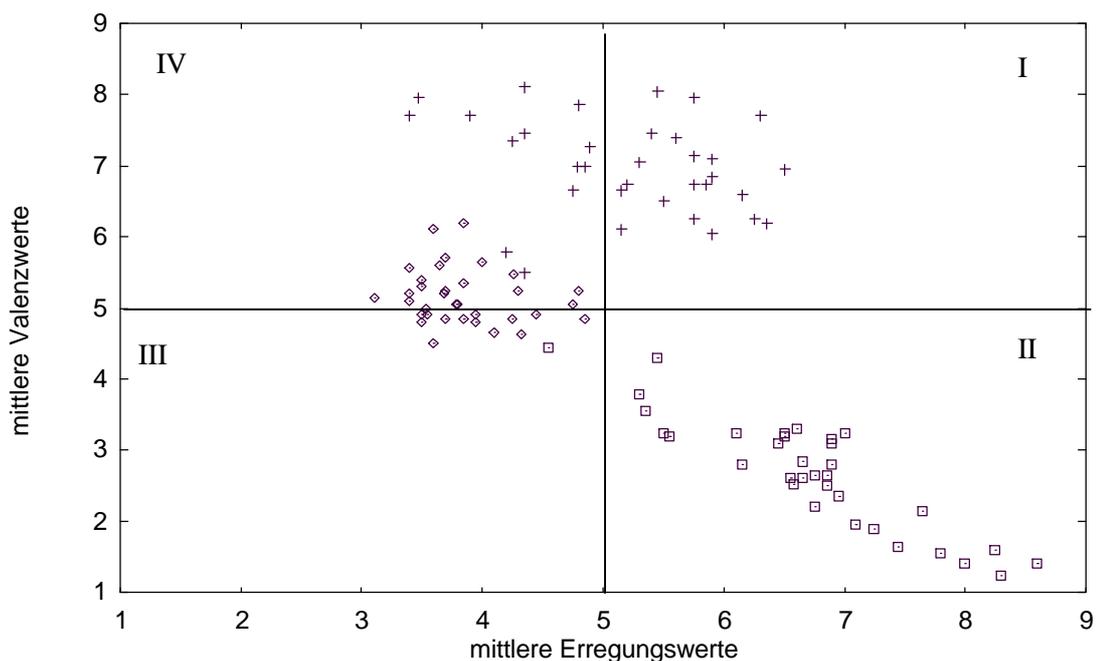


Abbildung 3: Gemittelte Erregungs- und Valenzwerte als Reaktion auf die Bilder in der Rating-Phase. Die Abbildung zeigt die Werte der neutralen Bilder (◆), die Werte der positiven Bilder (⊕) und die der negativen Bilder (■). Die vier Quadranten des hypothetischen Koordinatensystems sind mit römischen Ziffern numeriert.

Diskussion

Die Einstufungen der Valenz unterscheiden sich in den drei Emotionsbedingungen signifikant voneinander (siehe auch Abbildung 3). Die positiven Bilder werden als sehr angenehm und mittelmäßig erregend eingestuft. Sie können anhand der Ratings im Koordinatensystem von Abbildung 3 in den Quadranten I und IV angeordnet werden. Die negativen Bilder liegen mit nur einer Ausnahme im Quadranten II des Koordinatensystems, sie werden also als sehr unangenehm und gleichzeitig sehr erregend beurteilt. Die neutralen Bilder liegen in den Quadranten III und IV, sie werden als wenig erregend und weder besonders angenehm noch besonders unangenehm eingestuft. Die Ratings der Probandinnen erfolgen in allen drei Fällen entsprechend den Bildbedingungen: Die positiven und die negativen Bilder werden nicht nur als angenehm / unangenehm entsprechend der Emotionsbedingung empfunden, sie werden auch als erregend beurteilt. Diese im Vergleich zur neutralen Bedingung verhältnismäßig hohen Erregungswerte der positiven und negativen Bilder waren bei affektiv ansprechendem Bildmaterial zu erwarten. Daß die neutralen Bilder im Vergleich dazu insgesamt als emotional wenig ansprechend empfunden werden, bestätigt ihre Eignung, als Reizmaterial in einer Kontrollbedingung ohne nennenswerte emotionale Stimulation zu dienen.

Die Bilder der positiven Bedingung werden im Vergleich zu den negativen Bildern von den Versuchspersonen als deutlich weniger erregend eingestuft, obwohl die positiven und die negativen Bilder nach den Angaben von Lang et al. (1995) so ausgewählt wurden, daß die mittleren Erregungswerte in den beiden Bedingungen nahezu übereinstimmen (siehe Tabelle im Anhang). Dieser Befund deutet darauf hin, daß die Ratings der amerikanischen Stichprobe zu den Bildern nicht immer auch auf deutsche Probandinnen übertragbar sind. Dies sollte in weiteren Untersuchungen mit den IAPS-Bildern berücksichtigt werden. Aus dieser unterschiedlichen Beurteilung der Bilder der Emotionsbedingungen kann jedoch nicht der Schluß gezogen werden, daß sich die beiden Bedingungen auch hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zur Erzeugung eines affektiven Kontextes unterscheiden. Vermutlich haben viele der positiven Bilder eher einen spezifischen anregenden Effekt auf die Probandinnen im Versuch: Die Bilder von Liebespaaren zum Beispiel werden von einer Probandin als aufregend empfunden, während eine andere sie als eher beruhigend einstuft. Die negativen Bilder haben im Gegensatz dazu eher eine generell erregende Wirkung auf die Versuchspersonen: Bilder von Leichen oder verletzten Kindern werden von allen Probandinnen als stark erregend eingestuft. Eine alternative Erklärung wäre außerdem, daß die positiven Bilder von den studentischen Versuchspersonen lediglich als weniger erregend *beurteilt* werden, weil sie mit

dem Umgang mit der Beurteilungsskala nicht vertraut sind. Diese Vermutung müßte jedoch in weiteren Studien näher untersucht werden.

3.2 Subjektiv erlebte Stimmung

Die Selbstberichte der momentanen Stimmung werden erhoben, um Stimmungsveränderungen durch die Darbietung der Bilder des IAPS zu erfassen. Die Ratings werden jeweils im Anschluß an die drei Emotionsbedingungen (neutral, positiv, negativ) erhoben (Näheres siehe Anhang). Zur Messung dienten 12 Items, die über neunstufige Ratingskalen (Punktwert 1: geringste Ausprägung, Punktwert 9: höchste Ausprägung) erfaßt werden. Mit Hilfe der Items gut gelaunt, fröhlich, glücklich, heiter und zufrieden wurde der *positive Affekt* erhoben, die Items ängstlich, ärgerlich, traurig, angeekelt, elend und gelangweilt dienten zur Erfassung des *negativen Affekts*. Zur Messung der Erregung diente das Item *erregt*. Im folgenden sind zunächst die Ergebnisse der Auswertung dargestellt, dem folgt eine Diskussion der Daten.

Ergebnisse

In die Auswertung konnten die Daten aller 20 Probandinnen einbezogen werden.

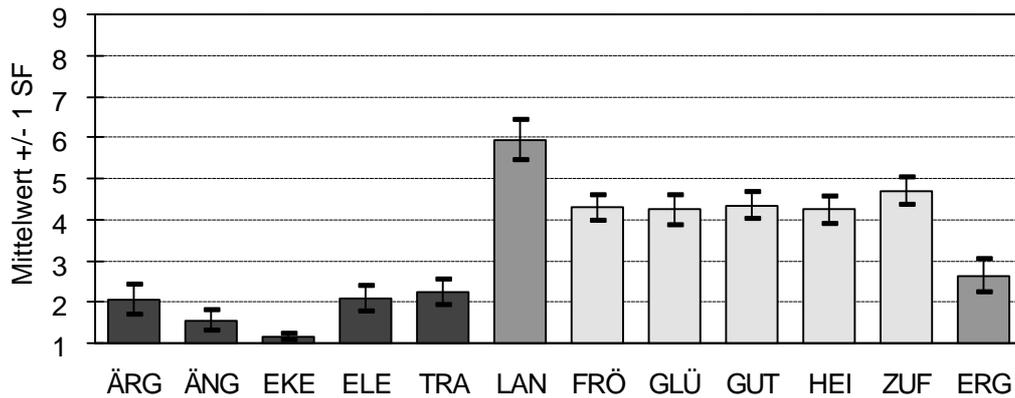
In Abbildung 4a-c sind die Mittelwerte der 12 Einzelitems zur subjektiv erlebten Stimmung für die drei Emotionsbedingungen graphisch dargestellt. Die Analyse dieser Daten soll nur beschreibend erfolgen. Zur signifikanzstatistischen Auswertung werden die Skalen positiver Affekt und negativer Affekt gebildet. Dazu werden, wie unten dargestellt, Itemanalysen durchgeführt und die zu bildenden Skalen auf ihre interne Konsistenz überprüft.

Wie Abbildung 4a zeigt, vergeben die Versuchspersonen im Anschluß an die neutrale Bedingung verhältnismäßig hohe Punktwerte bei den Items des positiven Affekts (Skalenwerte zwischen 4 und 5) und niedrige Werte bei den Items des negativen Affekts (Skalenwerte kleiner als 2.5). Dem Item gelangweilt werden die höchsten Punktwerte zugeordnet (6 Punkte). Dieses Item weist in der neutralen Bedingung auch im Vergleich zu den beiden anderen Emotionsbedingungen die höchsten Werte auf. Anhand von Abbildung 4b ist erkennbar, daß den Items zur Messung des positiven Affekts zum Erhebungszeitpunkt Positiv relativ die höchsten Punktwerte zugeordnet werden. Im Vergleich zur neutralen Bedingung liegen die Werte des positiven Affekts im Mittel um 1.5 Punkte höher. Den Items des negativen Affekts werden nach der positiven Bedingung relativ die geringsten Werte zugeordnet. Bemerkenswert ist außerdem der verhältnismäßig niedrige Wert des Items *erregt*, der dem in der neutralen Bedingung vergleichbar ist. Abbildung 4c zeigt die Ratings zur Stimmung, die nach der negativen Bedingung erfaßt werden. Im Vergleich zur positiven oder zur neutralen Bedingung vergeben die Probandinnen zu diesem Zeitpunkt die höchsten Punktwerte bei den Items des negativen Affekts und die geringsten Werte bei den Items des positiven Affekts. Von den negativen Items werden angeekelt, elend und traurig besonders hohe Werte zuge-

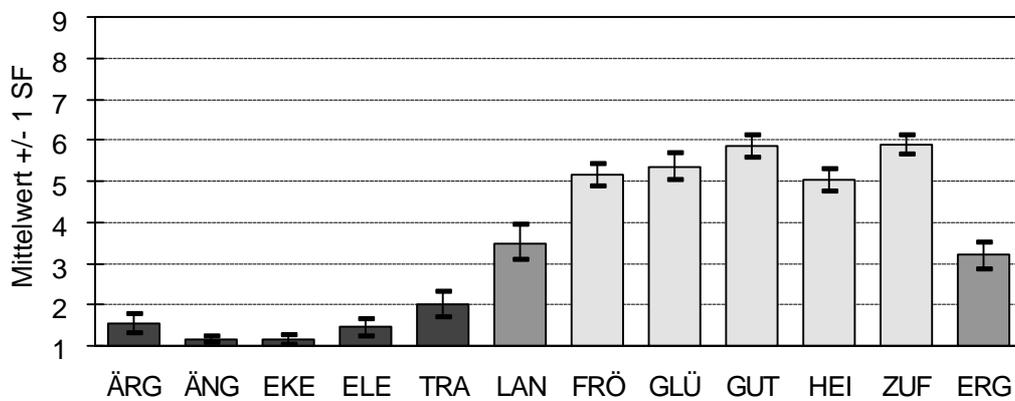
ordnet. Das Item erregt hat nach der negativen Bedingung den höchsten Punktwert von allen drei Erhebungen.

Dann werden, um einen Affekt-Index zu bilden, die aus den zwölf Items gebildeten zwei neuen Skalen näher untersucht. Die Ergebnisse der Itemanalysen der 12 Einzelskalen sind zusammen mit Mittelwerten und Standardabweichungen im Anhang aufgeführt. Da sich das Item gelangweilt in der Itemanalyse in allen drei Emotionsbedingungen als deutlich von den anderen Items der Skala negativer Affekt abweichend erwiesen hat (siehe Tabelle im Anhang), wird es aus der Skala entfernt. Wie anhand von Tabelle 3 erkennbar ist, erhöht sich die Reliabilität der Skala negativer Affekt nach Entfernung des Items deutlich und erreicht ein mittleres bis hohes Niveau (Werte von .62 bis .84). Die Skala positiver Affekt ist in allen drei Emotionsbedingungen ausreichend reliabel (Werte von .92 bis .96). Die beiden Skalen erweisen sich in allen Versuchsbedingungen als normalverteilt, das Signifikanzniveau liegt mit einer Ausnahme bei $p > .30$ (siehe Tabelle 3).

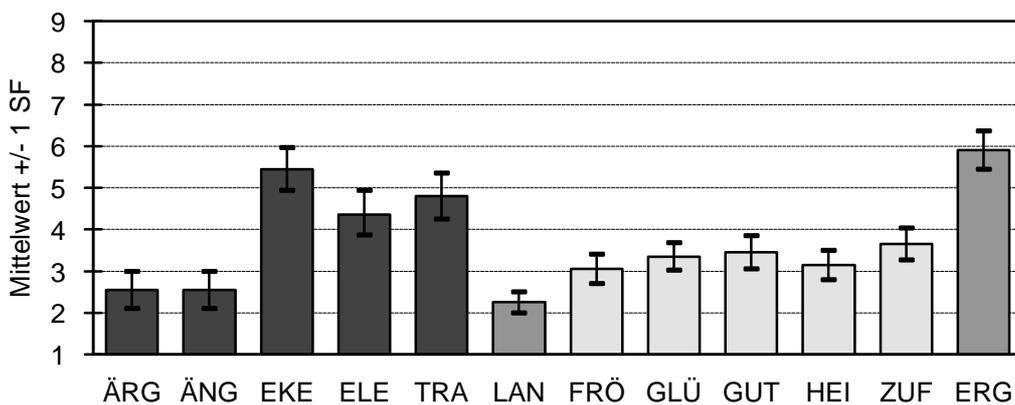
Zur signifikanzstatistischen Auswertung der Ratings der selbstberichteten Stimmung in den drei Emotionsbedingungen werden die Skalen positiver und negativer Affekt in jeder der drei Emotionsbedingungen zu je einem *Affekt-Index* zusammengefaßt (Mittelwerte der Skala positiver Affekt minus Mittelwerte der Skala negativer Affekt). Dieser Affekt-Index ist für alle drei Bedingungen normalverteilt, wie in Tabelle 4 erkennbar ist.



a) Neutrale Emotionsbedingung



b) Positive Emotionsbedingung



c) Negative Emotionsbedingung

Abbildung 4: Stimmungsmessungen nach der neutralen, der positiven und der negativen Emotionsbedingung. Die Abbildung zeigt die gemittelten Punktwerte auf den Skalen zum Erhebungszeitpunkt (Balken) und die Standardfehler der Mittelwerte. Die Abkürzungen bedeuten: ÄRG: ärgerlich, ÄNG: ängstlich, EKE: angeekelt, ELE: elend, TRA: traurig, LAN: gelangweilt, FRÖ: fröhlich, GLÜ: glücklich, GUT: gut gelaunt, HEI: heiter, ZUF: zufrieden, ERG: erregt.

Tabelle 3: Skalenganalysen der zusammengefaßten Skalen in den drei Emotionsbedingungen

Skala	Bedingung	M	SD	Schiefe	K-S Z ¹	p	α
positiver Affekt	Neutral	4.37	(1.37)	- 0.27	0.71	< .695	.95
	Positiv	5.46	(1.10)	-1.02	0.85	< .473	.92
	Negativ	3.33	(1.51)	0.38	0.72	<.677	.96
negativer Affekt	Neutral	1.82	(0.82)	1.04	0.94	< .343	.66
	Positiv	1.46	(0.59)	1.65	1.21	< .106	.62
	Negativ	3.94	(1.70)	0.58	0.61	< .854	.84

N = 20

¹ als K-S Z ist der Z-Wert des Kolmogorow-Smirnow-Tests auf Normalverteilung angegeben**Tabelle 4:** Test der Normalverteilung der Affekt-Indizes in den drei Emotionsbedingungen

Affekt-Index für Bedingung	K-S Z ¹	p
Neutral	0.55	< .924
Positiv	0.89	< .400
Negativ	0.58	< .892

N = 20

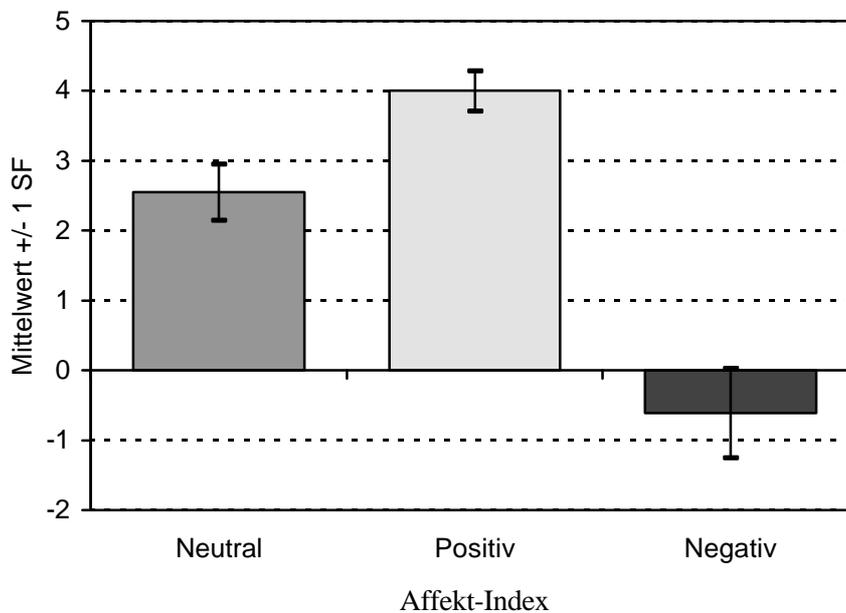
¹ als K-S Z ist der Z-Wert des Kolmogorow-Smirnow-Tests auf Normalverteilung angegeben**Abbildung 5:** Affekt-Indizes in den drei Emotionsbedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte des Affekt-Index sowie die Standardfehler der Mittelwerte.

Tabelle 5: t-Tests für Unterschiede im Affekt-Index

Affekt-Index für Bedingung	M	SD	Vergleich mit	t^1	p
Neutral	2.55	(1.77)	Positiv	-3.44	< .003
Positiv	4.00	(1.29)	Negativ	7.05	< .001
Negativ	-0.61	(2.87)	Neutral	6.47	< .001

N = 20

¹df = 19

In Abbildung 5 ist der Index graphisch veranschaulicht. Erkennbar ist, daß sich die Affekt-Indizes in den drei Versuchsbedingungen deutlich unterscheiden ($F(3, 57) = 33.16; p < .001; \epsilon = 0.72$). Die post-hoc-Analyse der drei Affekt-Indizes in Tabelle 5 zeigt, daß sich die Indizes in allen drei Emotionsbedingungen signifikant voneinander unterscheiden: Der Index in der positiven Bedingung nimmt die höchsten Werte an, der in der negativen Bedingung die niedrigsten, der Index in der neutralen Bedingung liegt dazwischen.

Diskussion

Im weiteren sollen die oben dargestellten Ergebnisse zur subjektiv erlebten Stimmung interpretiert werden. Die verwendeten Items haben sich als ausreichend reliabel erwiesen, auch nach Zusammenfassung der Items zu den Skalen positiver und negativer Affekt. Anhand der grafischen Darstellung der Beurteilungen der Einzelitems (siehe Abbildung 4a-c) ist erkennbar, daß zwischen den drei Stimmungs-Ratings sehr deutliche Unterschiede bestehen. Nach Bildung des positiven Affekt-Index werden die vorhandenen Unterschiede zwischen den Bedingungen noch anschaulicher. Die Rating-Daten zur selbstberichteten Stimmung bestätigen, was anhand der Beurteilung des Reizmaterials (siehe Abschnitt 3.1) zu vermuten war: Die selbstberichtete Stimmung der Probandinnen entspricht der jeweils vorangegangenen Emotionsbedingung. Nach der positiven Bedingung vergeben die Versuchspersonen die geringsten Werte auf der Skala negative Stimmung und die höchsten Werte auf der Skala positive Stimmung. Dies deutet auf eine verbesserte Stimmung im Anschluß an die Präsentation der positiven Bilder hin. Im Anschluß an die negative Bedingung ergibt sich ein gegensätzliches Muster: Den Items der Skala negativer Affekt werden die höchsten Punktwerte zugeordnet, während auf der Skala positive Stimmung sehr niedrige Werte angegeben werden. Dies deutet darauf hin, daß die Präsentation der negativen Bilder zu einer Stimmungsverschlechterung führt. Zudem werden nur im Stimmungs-Rating nach der negativen Bedingung stark erhöhte Werte bei den Items angeekelt, traurig und elend vergeben. Die Emotion Ekel ist nach Davidson (1991, 1994a, 1995) diejenige, die die stärksten Rückzugstendenzen hervorruft. Entsprechend kann angenommen werden, daß die EEG-Daten dem von Davidson (z.B. 1995) postulierten Muster entsprechen sollten. Sollte dies nicht der Fall sein, so kann dies nicht auf die Erzeugung unangemessener oder zu schwacher negativer Emotionen zu-

rückgeführt werden. Interessant sind außerdem die nur nach der negativen Bedingung stark erhöhten Erregungswerte im Stimmungs-Rating. Sie entsprechen der Einstufung der negativen Bilder als deutlich stärker erregend als die positiven oder die der neutralen Bedingung (siehe Abschnitt 3.1). Dies ist ein weiterer Hinweis auf die Übereinstimmung der erhobenen Daten auf den verschiedenen Dimensionen.

Die neutrale Bedingung spiegelt in diesem Fall die positive Grundtönung der Stimmung der Probandinnen wieder. In dieser Bedingung vergeben sie jedoch im Gegensatz zur positiven Bedingung deutlich erhöhte Werte für Langeweile und geringere Erregungswerte. Daher ist davon auszugehen, daß die Unterschiede zwischen diesen beiden Bedingungen weniger deutlich sind als zwischen der positiven und der negativen und der neutralen und der negativen Bedingung. Trotzdem erleben die Versuchspersonen das Betrachten der wenig detailreichen Bilder der neutralen Bedingung als wenig interessant, zudem fühlen sie sich auch emotional vergleichsweise wenig angesprochen. Dies ist an den geringen Erregungswerten zu erkennen. Dieser Befund steht im Einklang mit den Ergebnissen der Beurteilung des Reizmaterials (siehe Abschnitt 3.1).

Die in den drei Emotionsbedingungen signifikant unterschiedlichen Selbstbeurteilungen der momentanen Stimmung deuten darauf hin, daß die Bilder der drei Bedingungen deutlich unterschiedliche affektive Kontexte erzeugen. Eine alternative Erklärung für diesen vermeintlichen Erfolg der Emotionsinduktionsmethode wäre jedoch auch das Phänomen der *sozialen Erwünschtheit*: Möglicherweise verändert sich nicht das Befinden der Probandinnen, sondern sie sind nur der Meinung, daß unterschiedliche Reaktionen erwartet werden und geben deshalb Veränderungen ihrer Stimmung an. Um diese Möglichkeit auszuräumen wurden die elektromyographischen Daten erhoben, die im folgenden Abschnitt dargestellt und diskutiert werden.

3.3 Elektromyographische Daten

Ergebnisse

Das Elektromyogramm des Korrugator-Muskels wird erhoben, um, wie oben beschrieben, zusammen mit der selbstberichteten emotionalen Befindlichkeit und den Beurteilungen der Bilder einen Hinweis darauf zu ermöglichen, ob die intendierten Emotionen in den einzelnen Bedingungen tatsächlich erzeugt werden. Da das EMG parallel zu den EEG-Daten aufgezeichnet wird, kann anhand dieses physiologischen Maßes zu jedem Zeitpunkt während der Datenaufzeichnung auf das emotionale Erleben der Versuchspersonen rückgeschlossen werden. Dabei wird nach Dimberg (1990) davon ausgegangen, daß die Aktivität des Korrugator-Muskels bei negativen Emotionen zunimmt, während sich der Muskel bei positiver Gestimmtheit entspannen, seine Aktivität also abnehmen sollte (siehe Abschnitt 2.3). Diese Daten konnten für alle 20 Versuchspersonen ausgewertet werden.

Es wird eine 3 x 3 x 3-Varianzanalyse mit vollständiger Meßwiederholung und den Faktoren Valenz, Intervall und Zeit (Position des Bildes in der Bildfolge) durchgeführt. Die Faktorstufen des Faktors Valenz sind neutrale, positive und negative Bedingung, der Faktor Intervall umfaßt die Stufen vor (PRE), während (PIC) und nach der Bildpräsentation (PST). Durch den Faktor Zeit ist die ordinale Position des Bildes innerhalb der Folge der präsentierten Bilder kodiert, er kann die Stufen früh (1. bis 11. Bild), mittel (12. Bis 23. Bild) und spät (24. Bis 34. Bild) annehmen. Die Varianzanalyse ergibt einen Haupteffekt des Faktors Valenz ($F(2, 38) = 24.26, p < .001, \epsilon = 0.95$), einen Haupteffekt des Faktors Intervall ($F(2, 38) = 5.67, p < .007, \epsilon = 1.00$), einen Haupteffekt des Faktors Zeit ($F(2, 38) = 17.16, p < .001, \epsilon = 0.66$) und eine Wechselwirkung zwischen den Faktoren Valenz und Intervall ($F(4, 76) = 4.35, p < .008, \epsilon = 0.76$). Die weiteren Wechselwirkungen sind nicht signifikant, die entsprechenden Mittelwerte können Tabelle 6 entnommen werden.

Im folgenden wird zuerst der Haupteffekt Valenz näher analysiert, dann wird der Haupteffekt Intervall gemeinsam mit der Wechselwirkung Valenz x Intervall untersucht. Schließlich erfolgt die Analyse des Haupteffekts Zeit. Die Untersuchung des Haupteffekts des Faktors Valenz mit Hilfe von t-Tests (siehe Tabelle 7) ergibt, daß sich die mittleren Muskelaktivitäten in den einzelnen Emotionsbedingungen signifikant unterscheiden. Die Muskelaktivität ist in der negativen Bedingung am höchsten und in der positiven Bedingung am niedrigsten, die Werte in der neutralen Bedingung liegen dazwischen. Die Unterschiede zwischen der positiven und der negativen sowie zwischen der negativen und der neutralen Bedingung sind jedoch größer als die Unterschiede zwischen der neutralen und der positiven Bedingung. Der Haupteffekt Intervall wird nicht isoliert interpretiert, sondern gemeinsam mit der Wechselwirkung Valenz x Intervall, da nicht alle Faktorstufen des Faktors Intervall in jeder der drei Emotionsbedingungen den gleichen Trend aufweisen (siehe Abbildung 7).

Tabelle 6: Mittlere Korrugator-Aktivität in μV , getrennt nach Emotionsbedingung, Intervall und Zeit

Intervall		VOR dem Bild (PRE)			WÄHREND des Bildes (PIC)			NACH dem Bild (PST)		
		NEU ¹	POS ¹	NEG ¹	NEU	POS	NEG	NEU	POS	NEG
FRÜH ²	M	3.66	3.27	5.24	3.75	2.95	5.38	3.84	3.17	5.52
	S	(2.91)	(3.00)	(4.47)	(2.96)	(2.75)	(4.37)	(3.00)	(3.07)	(4.50)
	D									
MITTE ²	M	4.44	3.67	6.56	4.53	3.38	6.67	4.61	3.67	6.89
	S	(4.33)	(3.39)	(4.87)	(4.23)	(2.90)	(4.63)	(4.36)	(3.28)	(4.91)
	D									
SPÄT ²	M	4.85	4.24	6.87	4.91	4.03	7.07	5.02	4.36	7.19
	S	(4.84)	(3.55)	(4.77)	(4.83)	(3.59)	(4.74)	(5.03)	(3.87)	(4.93)
	D									
Gesamt- mittel- wert	M	4.32	3.73	6.23	4.40	3.45	6.37	4.49	3.74	6.53
	S	(3.98)	(3.26)	(4.66)	(3.98)	(3.04)	(4.53)	(4.10)	(3.36)	(4.72)
	D									

N = 20

¹NEU: Neutrale Bedingung, POS: Positive Bedingung, NEG: Negative Bedingung²FRÜH: Position 1 bis 11 in der präsentierten Bildfolge, MITTE: Position 12-23 in der Bildfolge, SPÄT: Position 24-34 in der Bildfolge**Tabelle 7:** Analyse des Haupteffektes Valenz¹

Bedingung	M	SD	Vergleich mit	t^2	p
NEUTRAL	4.40	(4.02)	Positiv	2.18	< .042
POSITIV	3.64	(3.22)	Negativ	-5.75	< .001
NEGATIV	6.38	(4.63)	Neutral	-5.19	< .001

N = 20

¹ Der Haupteffekt Intervall wird im Rahmen der Wechselwirkung zwischen Intervall und Valenz näher analysiert (siehe Tabelle 8).²df = 19

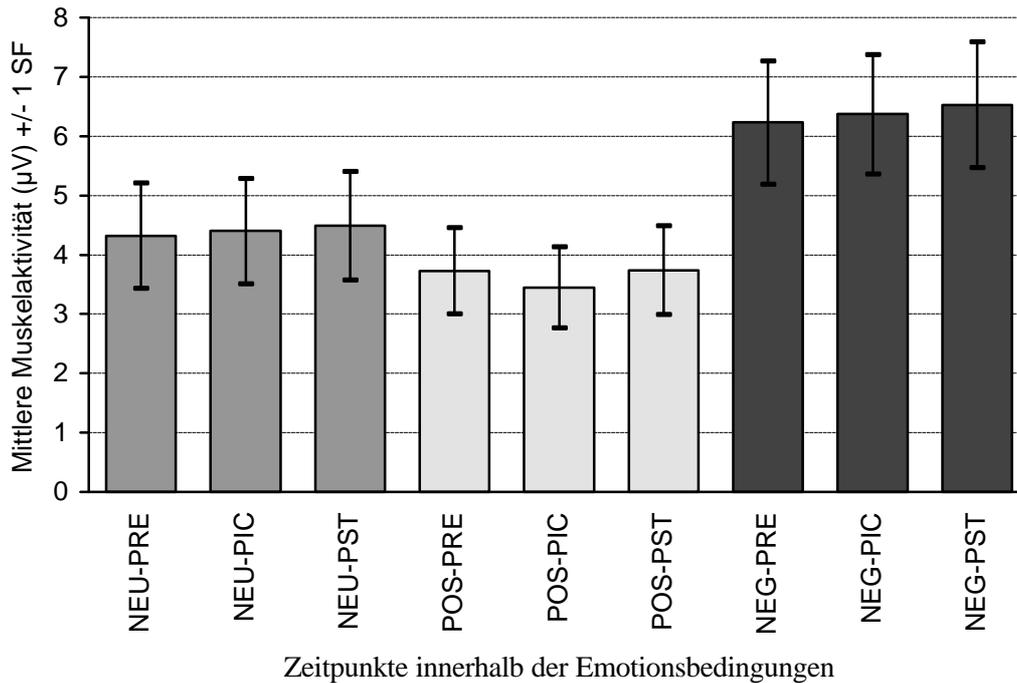


Abbildung 7: Mittlere Aktivität des Korrugator-Muskels in den einzelnen Bedingungen. In der Abbildung sind die Mittelwerte sowie die Standardfehler der Mittelwerte angegeben. Die Emotionsbedingungen sind: NEU: Neutrale Emotionsbedingung, POS: Positive Emotionsbedingung, NEG: Negative Emotionsbedingung; Zeitpunkt: PRE: vor der Bilddarbietung, PIC: während der Bilddarbietung, PST: nach der Bilddarbietung. Entsprechend bedeutet NEU-PRE: Zeitpunkt vor der Präsentation eines neutralen Bildes.

Die statistische Analyse der Wechselwirkung zwischen den Faktoren Valenz und Intervall mit Hilfe von t-Tests (siehe Tabelle 8a) ergibt, daß sich im Intervall vor dem Bild (PRE-Phase) alle drei Emotionsbedingungen signifikant voneinander unterscheiden (siehe auch Abbildung 8a und Abbildung 7). Dabei sind die Unterschiede zwischen der neutralen und der positiven Bedingung weniger deutlich als zwischen der positiven und der negativen und der negativen und der neutralen Bedingung. Ähnliche Befunde ergeben sich auch während der Bildpräsentation (PIC-Phase, siehe Abbildung 8b) sowie im Intervall nach der Bildpräsentation (PST-Phase, siehe Abbildung 8c): Die drei Emotionsbedingungen sind signifikant unterschiedlich, die Muskelaktivität steigt von positiv über neutral nach negativ an. In Abbildung 7 sind die mittleren Muskelaktivitäten in den einzelnen Emotionsbedingungen als Wechselwirkung zwischen den Faktoren Valenz und Intervall dargestellt. Es zeigt sich, wie auch in Abbildung 8a-c, daß anhand der mittleren Muskelaktivität eine deutliche Trennung der drei Bildbedingungen voneinander vorgenommen werden kann. Anhand der t-Tests in Tabelle 8b ist erkennbar, daß sich die PRE, PIC und PST-Phasen einer Emotionsbedingung deutlich voneinander unterscheiden: In der neutralen und der negativen Bedingung unterscheidet sich die PST-Phase (nach der Bildpräsentation) signifikant von den beiden anderen Phasen. In der positiven Bedingung sind signifikante Unterschiede zwischen der PIC-Phase und

den beiden anderen Intervallen zu erkennen. Dies bestätigt, was schon anhand Abbildung 7 zu vermuten war: Die positive Bedingung weicht von der neutralen und der negativen ab, im Intervall während der Bildpräsentation findet in der positiven Bedingung eine deutliche Entspannung des Korrugators statt, verglichen mit der PRE- und der PST-Phase. Die Unterschiede zwischen der PRE- und der PIC sowie zwischen PST- und der PIC-Phase sind statistisch bedeutsam. In der neutralen und der negativen Bedingung unterscheiden sich die PST-Phasen jeweils signifikant von den beiden anderen Phasen (siehe auch Abbildung 7 und Mittelwerte in Tabelle 8a und b).

Tabelle 8a: Analyse der Wechselwirkung zwischen den Faktoren Valenz und Intervall

Vergleiche	Bedingungs- Intervall	M	SD	Vergleich mit	t^1	p
PRE ³	NEU ² -PRE ³	4.32	(3.98)	POS-PRE	1.71	< .103
	POS ² -PRE	3.73	(3.26)	NEG-PRE	-5.38	< .001
	NEG ² -PRE	6.23	(4.66)	NEU-PRE	-4.71	< .001
PIC ³	NEU-PIC ³	4.40	(3.98)	POS-PIC	2.60	< .017
	POS-PIC	3.45	(3.04)	NEG-PIC	-5.92	< .001
	NEG-PIC	6.37	(4.53)	NEU-PIC	-5.28	< .001
PST ³	NEU-PST ³	4.49	(4.10)	POS-PST	2.13	< .046
	POS-PST	3.74	(3.36)	NEG-PST	-5.75	< .001
	NEG-PST	6.53	(4.72)	NEU-PST	-5.42	< .001

Tabelle 8b: Analyse der Wechselwirkung zwischen den Faktoren Valenz und Intervall

Vergleiche	Bedingungs- Intervall	M	SD	Vergleich mit	t^1	p
NEU ²	NEU-PRE			NEU-PIC	-1.63	< .120
	NEU-PRE			NEU-PST	-2.90	< .009
	NEU-PIC			NEU-PST	-2.65	< .016
POS ²	POS-PRE			POS-PIC	2.49	< .022
	POS-PRE			POS-PST	-0.12	< .909
	POS-PIC			POS-PST	-3.34	< .003
NEG ²	NEG-PRE			NEG-PIC	-1.22	< .239
	NEG-PRE			NEG-PST	-2.31	< .032
	NEG-PIC			NEG-PST	-2.11	< .048

N = 20

¹ df = 19

² NEU: Neutrale Bedingung, POS: Positive Bedingung, NEG: Negative Bedingung

³ PRE: Intervall vor der Bildpräsentation, PIC: Intervall während dessen ein Bild gezeigt wird, PST: Intervall nach der Präsentation eines Bildes.

Der Haupteffekt Zeit interagiert nicht mit den anderen Faktoren und wird daher getrennt beschrieben. Die Analyse des Haupteffektes Zeit (Position in der Bildfolge) mit Hilfe von t-Tests ergibt signifikante Unterschiede zwischen den drei Stufen früh, mittel und spät in der Bildfolge (siehe

Tabelle 9). Die Aktivität des Muskels steigt über alle Intervalle und alle Bedingungen hinweg an. Dieses Phänomen ist auch Abbildung 8a-c zu entnehmen, in der die mittlere Muskelaktivität des Korrugators in Abhängigkeit vom Faktor Zeit (Position in der Bildfolge) für alle drei Emotionsbedingungen für die Intervalle vor (Abbildung 8a), während (Abbildung 8b) und nach der Bildpräsentation (Abbildung 8c) dargestellt ist. Die Kurven in Abbildung 8a-c sagen die Daten der mittleren Muskelaktivitäten in den Bildbedingungen des Experiments am besten vorher. Im Falle der neutralen und der negativen Bedingung handelt es sich um Exponentialfunktionen ($y = b \cdot x^a$) mit beschleunigtem Verlauf, die Daten der positiven Bedingung lassen sich am besten durch einen linearen ($y = a \cdot x + b$) Zusammenhang beschreiben.

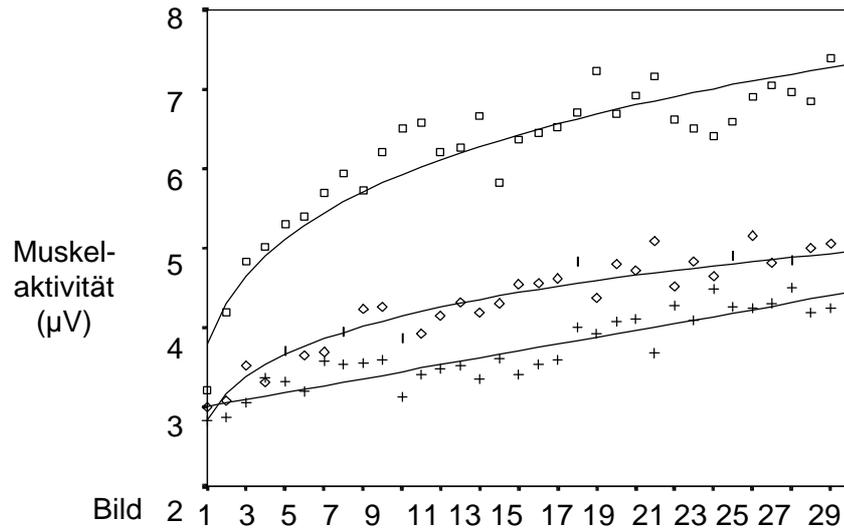
Tabelle 9: Analyse des Haupteffektes Zeit

Bedingung	M	SD	Vergleich mit	<i>t</i>¹	<i>p</i>
FRÜH ²	4.09	(3.34)	MITTE	-4.05	< .001
MITTE ²	4.94	(4.00)	SPÄT	-3.09	< .006
SPÄT ²	5.39	(4.30)	FRÜH	-4.41	< .001

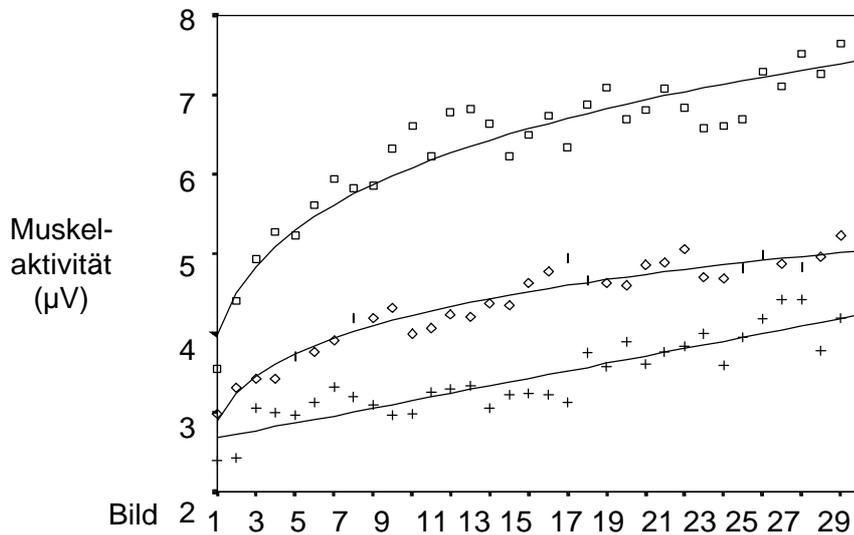
N = 20

¹df = 19

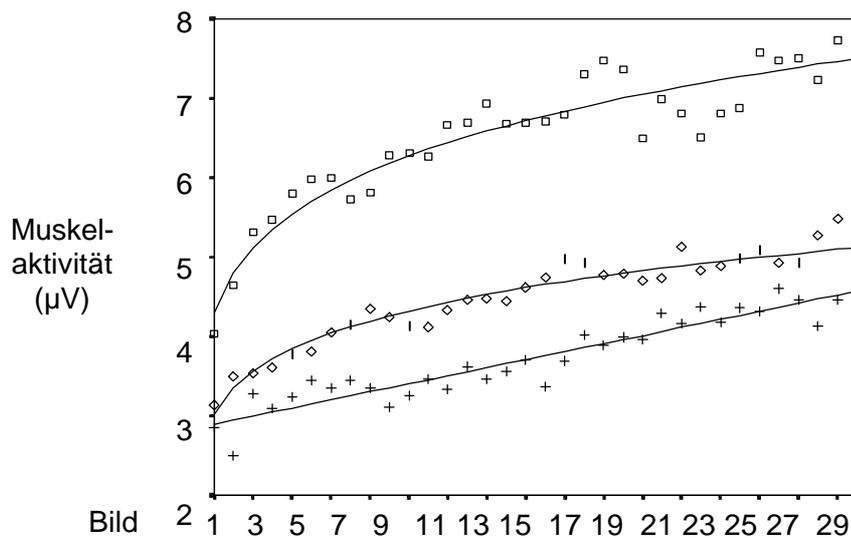
²FRÜH: Position 1 bis 11 in der präsentierten Bildfolge, MITTE: Position 12-23 in der Bildfolge, SPÄT: Position 24-34 in der Bildfolge



a) Mittlere Muskelaktivität in der PRE-Phase



b) Mittlere Muskelaktivität in der PIC-Phase



c) Mittlere Muskelaktivität in der PST-Phase

Abbildung 8: Verlauf der mittleren Korrugator-Aktivität (in μV) in Abhängigkeit von der Position innerhalb der Bildfolge. Die Abbildung zeigt die Werte der neutralen Bilder (\blacklozenge), die Werte der positiven Bilder (\blackplus) und die der negativen Bilder (\blacksquare).

Diskussion

Bei der Interpretation der EMG-Daten zeigt sich, wie schon bei der Interpretation der Daten der beiden Ratings, signifikante Unterschiede zwischen den drei Emotionsbedingungen. In der negativen Bedingung ist die Muskelaktivität mit großem Abstand zu allen drei Zeitpunkten (vor, während und nach der Bildpräsentation) am höchsten, während es in der positiven Bedingung entsprechend Dimberg (1990) zu allen Zeitpunkten zu einer deutlich erkennbaren Muskelentspannung kommt. Die Muskelaktivität ist in der positiven Bedingung am geringsten. Die während der neutralen Bedingung erhobenen Muskeldaten bestätigen, daß die Probandinnen grundsätzlich eher positiv gestimmt sind.

Zudem ist an der signifikant unterschiedlichen Muskelaktivität in Abhängigkeit von der Zahl der präsentierten Bilder die erfolgreiche Emotionsinduktion erkennbar: Die Trennung zwischen den drei Emotionsbedingungen wird deutlicher, je mehr Bilder präsentiert werden. Trotzdem können die drei Emotionsbedingungen im Mittel schon nach der Präsentation von fünf Bildern anhand des EMGs unterschieden werden (siehe Abbildung 8a-c). Diese nachhaltige Wirkung der Bildpräsentation wird auch durch Abbildung 7 zumindest für die positive Bedingung bestätigt: Die Darbietung eines positiven Bildes führt im Mittel zu einer deutlichen Muskelentspannung, nach Verschwinden des Bildes nimmt die Muskelaktivität wieder leicht zu, bleibt jedoch während der gesamten Experimentalbedingung auf dem niedrigsten Niveau von allen drei Bedingungen.

Insgesamt ist jedoch eine stärkere Anspannung des Korrugators mit zunehmender Zahl der präsentierten Bilder zu erkennen: Eventuell strengt das Experiment die Probandinnen an.

Die mittleren Korrugator-Aktivitäten in den einzelnen Emotionsbedingungen bestätigen also nicht nur die Ergebnisse aus Abschnitt 3.1 und 3.2, die EMG-Daten entsprechen zudem den Emotionsbedingungen, während derer sie erhoben werden. Diese Befunde bestätigen die in Abschnitt 1 formulierten Hypothesen und untermauern damit die Aussagekraft der elektromyographischen Daten als Möglichkeit zur Überprüfung der Emotionsinduktion. Durch die Bilder des IAPS-Sets kann also der gewünschte affektive Kontext in allen drei Emotionsbedingungen erzeugt werden. Außerdem ist mit Hilfe dieser Bilder nicht nur eine zuverlässige, sondern auch eine schnelle und ökonomische Emotionsinduktion möglich. Die erfolgreiche Emotionsinduktion in allen drei Bedingungen wird bei der nun folgenden Darstellung und Interpretation der EEG-Daten vorausgesetzt.

3.4 Elektroenzephalographische Daten

Die Auswertung der EEG-Daten konnte für 14 Versuchspersonen durchgeführt werden (siehe Abschnitt 2.1). Zuerst wird eine 3 x 2-Varianzanalyse mit vollständiger Meßwiederholung und den Faktoren Emotion (Neutral, Positiv, Negativ) und Hemisphäre (Links, Rechts) für jedes der acht homologen Elektrodenpaare und die drei Intervalle (PRE, PIC, PST) durchgeführt. Die Ergebnisse für die Intervalle sind im folgenden dargestellt. Es werden nur diejenigen Elektrodenpaare weiteren statistischen Analysen unterzogen, für die die übergeordnete 3 x 2-Varianzanalyse eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Emotion und Hemisphäre ergeben hat. Nur diese Wechselwirkung ist für die Überprüfung der Hypothesen aus Abschnitt 1 relevant, da eine Veränderung des relativen Aktivierungsunterschiedes in Abhängigkeit von der Emotionsbedingung vorausgesagt wird. Davidson (z.B. 1995) postuliert eine Veränderung des Aktivierungsmusters in Abhängigkeit von der emotionalen Bedingung: In der positiven Bedingung soll bei den Versuchspersonen eine im Vergleich zur negativen Bedingung relativ stärkere Aktivierung der linken Hemisphäre stattfinden. In der negativen Bedingung soll im Vergleich zur positiven Bedingung eine relativ stärkere Aktivierung der rechten Hemisphäre erkennbar sein. Alle weiteren Effekte werden in der weiteren statistischen Analyse nicht mehr berücksichtigt.

Der Tatsache, daß Aussagen über die Aktivierung einer Hemisphäre sind immer nur in Relation zur anderen möglich sind (Davidson, 1995; Kolb & Whishaw, 1993), wird in der vorliegenden Arbeit Rechnung getragen: Die Alpha-Asymmetrie als Maß für Aktivierungsunterschiede zwischen den Hemisphäre berücksichtigt dies, da der Anteil an Alpha-Wellen einer Hemisphäre immer im Unterschied zum Alpha-Anteil der anderen Gehirnhälfte bestimmt wird. Daher bleiben absolute Unterschiede der hemisphärischen Aktivierung zwischen den Versuchspersonen in der vorliegenden Arbeit unberücksichtigt, es wird nur auf relative Unterschiede eingegangen. In der Diskussion der EEG-Daten werden zudem ausschließlich Effekte für Elektrodenpaare interpretiert, für die übergeordnete 3 x 2-Varianzanalyse eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Emotion und Hemisphäre ergeben hat.

In Abbildung 8 sind topographische Daten der nicht-logarithmierten Rohdaten im Alpha-Frequenzband dargestellt. Aus technischen Gründen ist der Frequenzbereich von 7.8 Hz bis 13 Hz dargestellt. Dem Mapping-Verfahren liegt eine Nearest-Neighbour-Interpolation mit linearer Abstandswichtung und vier Nachbarn zugrunde. Die Maps wurden mit Hilfe der Neuro-Scan-Software *Window + Mapgen* erstellt. Die Abbildung zeigt die Alpha-Aktivität in der PRE-, PIC- und der PST-Phase in den drei Experimentalbedingungen. In Rottönen dargestellte Bereiche bedeuten, daß das Gebiet einen hohen Anteil an Alpha-Aktivität aufweist und damit nur wenig aktiviert ist. Blautöne bedeuten einen geringeren Alpha-Anteil und damit relativ höhere Aktivität.

Anhand der Abbildung ist der Effekt der Bilddarbietung auf die Alpha-Aktivität und damit auf die Aktivierung der kortikalen Areale deutlich zu erkennen. Die Maps der PRE- und der PST-Phase zeigen in allen drei Emotionsbedingungen die geringste Aktivierung (hoher Alpha-Anteil). Dies trifft insbesondere für die posterioren Areale (parietal bis okzipital) zu. Im anterioren Bereich ist die Aktivierung vergleichsweise stärker. Während der PIC-Phase reduziert sich die Alpha-Aktivität in den posterioren Arealen deutlich, was auf die Verarbeitung der Bilder in diesen Bereichen hindeutet. Außerdem findet eine zusätzliche Aktivierung in den frontalen Arealen statt, die in der positiven und der negativen Bedingung vergleichsweise stärker ist als in der neutralen Bedingung.

3.4.1 Phase vor der Bildpräsentation

Die PRE-Phase wird von den drei Sekunden gebildet, in denen vor Erscheinen des Bildes das Fixationskreuz gezeigt wird. Im folgenden sind zunächst die Ergebnisse der oben dargestellten varianzanalytischen Auswertung für diese Phase dargestellt, dem folgt eine Diskussion der Daten.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Varianzanalyse für diese Phase sind Tabelle 10, die entsprechenden logarithmierten Mittelwerte sind Tabelle 12 zu entnehmen. Negative Werte in den Tabellen ergeben sich durch das Logarithmieren der Daten. Anhand der grau unterlegten Zellen in Tabelle 10 sind signifikante Effekte erkennbar. Ein Haupteffekt des Faktors Emotion ist nur für das Elektrodenpaar F7 - F8 statistisch bedeutsam ($p < .009$). Ein Haupteffekt des Faktors Hemisphäre ist in der PRE-Phase für die Elektrodenpaare FP1 - FP2 und F3 - F4 statistisch abgesichert auf einem Niveau von $p < .05$, für die Elektrodenpaare F7 - F8 und C3 - C4 ist ein tendenzieller Unterschied erkennbar. Diese Haupteffekte werden in der weiteren statistischen Analyse der Daten nicht mehr berücksichtigt, da vor allem die Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren Emotion und Hemisphäre für die vorliegende Arbeit von Bedeutung ist.

Eine Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren der Varianzanalyse ist für drei Elektrodenpaare erkennbar. Sie ist für die Elektrodenpaare F3 - F4 und C3 - C4 statistisch bedeutsam (Signifikanzniveau $p < .05$), für das Paar P3 - P4 zeigt sich eine Tendenz ($p < .094$). Die Alpha-Power der beiden Hemisphären variiert also in Abhängigkeit von der Emotionsbedingung. Diese Wechselwirkung zwischen den Faktoren Emotion und Hemisphäre wird mit Hilfe von weiteren Varianzanalysen untersucht. Die statistische Analyse wird mit Hilfe von 2 x 2-Varianzanalysen mit vollständiger Meßwiederholung mit den Faktoren Emotion und Hemisphäre durchgeführt, allerdings werden nur jeweils zwei der drei Emotionsbedingungen miteinander verglichen. Die Ergebnisse sind Tabelle 11 zu entnehmen. Zusammen mit Tabelle 12 und Abbildung 9a-c ist daran die Richtung der Effekte und Wechselwirkungen zu erkennen.

Abbildung 8: EEG-Alpha-Band der nicht-logarithmierten Rohdaten in der positiven, negativen und der neutralen Bedingung vor (PRE), während (PIC) und nach (PST) der Bilddarbietung. Aus technischen Gründen ist das Frequenzband zwischen 7.8 und 13 Hz dargestellt.

Tabelle 10: Ergebnisse der übergeordneten 3 x 2-Varianzanalyse mit vollständiger Meßwiederholung für das Intervall vor der Bildpräsentation (PRE-Intervall)

Elektrodenpaar		F1 - F2	F7 - F8	F3 - F4	T3 - T4	C3 - C4	T5 - T6	P3 - P4	O1 - O2
Emotion	F^1	1.70	5.69	1.33	1.94	1.30	1.13	1.53	1.39
	p^4	< .202	< .009	< .282	< .166	< .289	< .337	< .238	< .267
	ϵ	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	0.92	0.84	0.92
Hemisphäre	F^2	8.74 ⁴	4.56	5.02	2.10	3.15	1.62	0.89	0.11
	p^4	< .011	< .052	< .043	< .171	< .099	< .226	< .363	< .748
	ϵ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Emotion x Hemisphäre	F^3	0.18	1.55	3.97	0.248	3.42	1.74	2.60	0.41
	p^4	< .836	< .232	< .031	< .782	< .048	< .196	< .094	< .622
	ϵ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	0.79

N = 14

¹ df = (2, 26)² df = (1, 13)³ df = (2, 26)⁴ signifikante Ergebnisse ($p < .10$) sind grau unterlegt

Da in den Tabellen jeweils die Alpha-Power-Werte angegeben sind, bedeutet ein höherer Mittelwert in der Tabelle eine geringere Aktivierung der jeweiligen Hemisphäre. In den Abbildungen bedeutet ein höherer Balken einen höheren Alpha-Anteil, also geringere Aktivierung.

Für das Paar F3 - F4 (siehe Abbildung 9a) ergeben sich für den Vergleich der positiven mit der negativen Bedingung keine signifikanten Effekte oder Wechselwirkungen. Für den Vergleich der positiven mit der neutralen Bedingung ergibt sich ein tendenziell signifikanter Haupteffekt des Faktors Hemisphäre. Die linke Hemisphäre ist in beiden Bedingungen stärker aktiviert als die rechte. Außerdem ergibt sich eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Emotion und Hemisphäre. In der neutralen Bedingung ist die linke Hemisphäre im Vergleich zur positiven Bedingung tendenziell stärker aktiviert ($t(13) = 1.70$; $p < .113$), wohingegen in der rechten Hemisphäre keine Unterschiede zwischen positiv und neutral auftreten. In der neutralen Bedingung sind die Unterschiede zwischen den Hemisphären größer als in der positiven ($t(13) = -2.78$; $p < .016$). Für den Vergleich der negativen mit der neutralen Bedingung ergibt sich lediglich ein statistisch bedeutsamer Effekt des Faktors Hemisphäre, was bedeutet, daß die linke Hemisphäre in beiden Bedingungen im Vergleich zur rechten aktiver ist.

Für das Paar C3 - C4 (siehe Abbildung 9b) sind keine statistisch bedeutsamen Effekte oder Wechselwirkungen für den Vergleich zwischen positiv und negativ zu erkennen. Für den Vergleich positiv - neutral zeigt sich eine signifikante Wechselwirkung zwischen Emotion und Hemisphäre. In der linken Hemisphäre ist die Aktivität bei neutralen Reizen größer als bei positiven ($t(13) = 1.92$; $p < .077$). Dagegen treten in der rechten Hemisphäre keine Unterschiede zwischen positiven und neutralen Reizen auf. Bei neutralen Reizen ist zudem die linke Gehirnhälfte aktiver ($t(13) = -2.98$; $p < .011$). Die Erwartung positiver Reize führt nicht zu einer unterschiedlichen

Beanspruchung der Hemisphären. Für den Vergleich der negativen mit der neutralen Emotionsbedingung ergibt sich ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Hemisphäre, die linke Gehirnhälfte ist aktiver als die rechte, dies trifft jedoch nicht für alle Stufen des Faktors Emotion zu. Zudem ist für dieses Elektrodenpaar eine signifikante Wechselwirkung Emotion x Hemisphäre zu erkennen. In der neutralen Bedingung ist die linke im Vergleich zu rechten Gehirnhälfte deutlich aktiver ($t(13) = -2.98; p < .011$). Bei negativen Reizen ist keine unterschiedliche Aktivierung der Hemisphären zu erkennen.

Für das Elektrodenpaar P3 - P4 (siehe Abbildung 9c) sind, wie schon im Falle der beiden anderen Elektrodenpaare, für den Vergleich positiv - negativ keine statistisch bedeutsamen Effekte oder Wechselwirkungen erkennbar. Beim Vergleich der positiven mit der neutralen Bedingung zeigt sich eine signifikante Wechselwirkung: Grund dafür ist wiederum die vergleichsweise stärkere Aktivierung der linken Hemisphäre in der neutralen Bedingung im Vergleich zur positiven. Die rechte Hemisphäre ist in beiden Bedingungen nahezu gleich stark aktiviert. In der positiven Bedingung nimmt die linke Hemisphäre in ihrer Aktivierung im Vergleich zur neutralen Bedingung ab. Der Vergleich zwischen der negativen und der neutralen Bedingung ergibt eine tendenziell signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Emotion und Hemisphäre. Die Aktivierung der rechten Gehirnhälfte ist in der negativen Bedingung größer als in der neutralen ($t(13) = -1.83; p < .090$). In der linken Hemisphäre ist keine unterschiedliche Aktivierung in den beiden Experimentalbedingungen erkennbar. Alle weiteren Haupteffekte und Wechselwirkungen sind nicht signifikant. Insgesamt ist also erkennbar, daß vor allem in der neutralen Bedingung eine asymmetrische Aktivierung der Hemisphären vorliegt, die durch die Erwartung emotionaler Reize deutlich geringer wird.

Tabelle 11: Ergebnisse der 2 x 2-Varianzanalyse mit vollständiger Meßwiederholung für den Zeitpunkt PRE

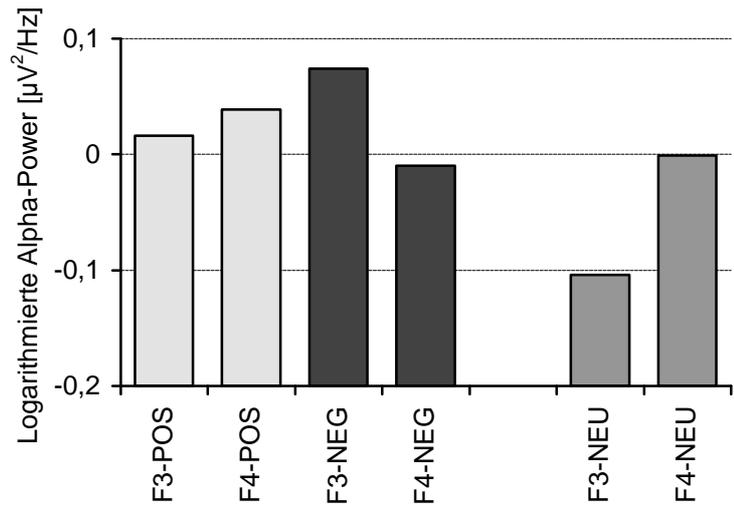
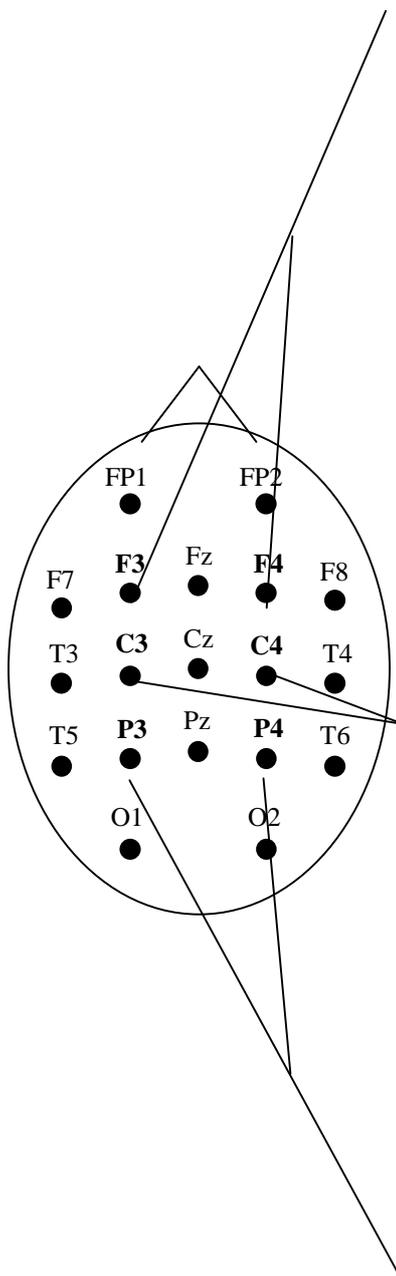
Elektrodenpaar	Vergleich					
	POSITIV - NEGATIV		POSITIV - NEUTRAL		NEGATIV- NEUTRAL	
F3 - F4	<i>F</i> ¹	<i>p</i> ²	<i>F</i> ¹	<i>p</i> ²	<i>F</i> ¹	<i>p</i> ²
Emotion	2.46	< .141	1.75	< .209	0.04	< .852
Hemisphäre	2.50	< .138	4.56 ²	< .052	7.18	< .019
Emotion x Hemisphäre	2.61	< .130	6.94	< .021	1.81	< .202
C3 - C4	<i>F</i> ¹	<i>p</i>	<i>F</i> ¹	<i>p</i>	<i>F</i> ¹	<i>p</i>
Emotion	1.97	< .184	1.73	< .211	0.00	< .995
Hemisphäre	0.60	< .452	2.92	< .111	7.22	< .019
Emotion x Hemisphäre	0.05	< .826	5.47	< .036	6.39	< .025
P3 - P4	<i>F</i> ¹	<i>p</i>	<i>F</i> ¹	<i>p</i>	<i>F</i> ¹	<i>p</i>
Emotion	1.87	< .194	0.39	< .544	1.68	< .218
Hemisphäre	0.31	< .586	1.26	< .281	1.10	< .313
Emotion x Hemisphäre	0.04	< .844	5.01	< .043	3.48	< .085

N = 14

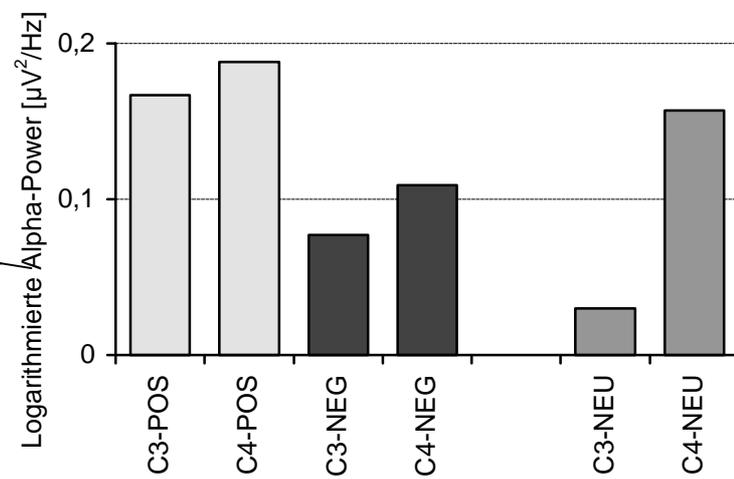
¹ df = (1, 13)² signifikante Ergebnisse ($p < .10$) sind grau unterlegt

Tabelle 12: Mittelwerte der Varianzanalyse zum Zeitpunkt PRE

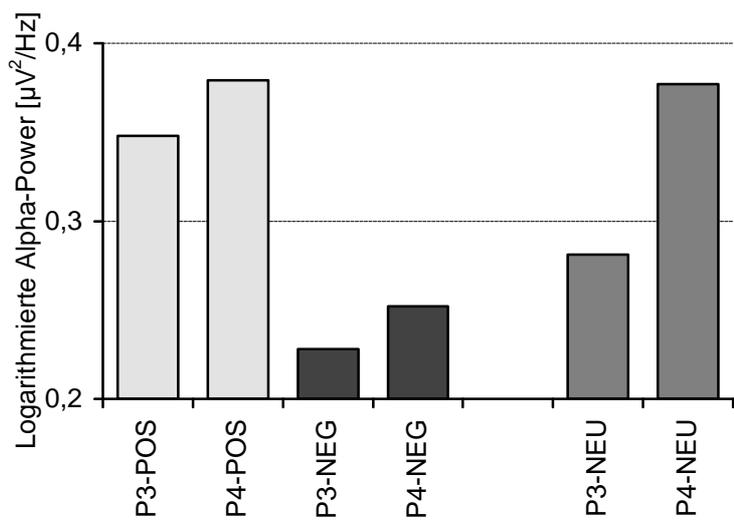
Elektroden- paar	Hemis- phäre		PRE			
			POS	NEG	NEU	GESAMT
FP1 - FP2						
L	M	-0.389	-0.461	-0.439	-0.430	
	SD	(0.754)	(0.766)	(0.693)	(0.733)	
R	M	-0.297	-0.355	-0.339	-0.330	
	SD	(0.754)	(0.736)	(0.683)	(0.722)	
G	M	-0.343	-0.408	-0.389		
	SD	(0.752)	(0.747)	(0.685)		
F7 - F8						
L	M	-0.716	-0.801	-0.809	-0.776	
	SD	(0.796)	(0.783)	(0.707)	(0.756)	
R	M	-0.534	-0.671	-0.600	-0.602	
	SD	(0.813)	(0.813)	(0.801)	(0.806)	
G	M	-0.625	-0.736	-0.795		
	SD	(0.790)	(0.782)	(0.736)		
F3 - F4						
L	M	0.016	-0.074	-0.104	-0.054	
	SD	(0.822)	(0.829)	(0.694)	(0.772)	
R	M	0.039	-0.010	-0.001	0.009	
	SD	(0.797)	(0.790)	(0.683)	(0.753)	
G	M	0.028	-0.042	-0.052		
	SD	(0.808)	(0.807)	(0.685)		
T3 - T4						
L	M	-0.599	-0.666	-0.667	-0.644	
	SD	(0.846)	(0.848)	(0.781)	(0.812)	
R	M	-0.465	-0.579	-0.540	-0.528	
	SD	(0.956)	(0.906)	(0.929)	(0.925)	
G	M	-0.532	-0.622	-0.603		
	SD	(0.889)	(0.859)	(0.841)		
C3 - C4						
L	M	0.167	0.077	0.030	0.091	
	SD	(0.807)	(0.876)	(0.754)	(0.800)	
R	M	0.188	0.109	0.157	0.151	
	SD	(0.827)	(0.859)	(0.747)	(0.803)	
G	M	0.178	0.093	0.093		
	SD	(0.811)	(0.867)	(0.746)		
T5 - T6						
L	M	-0.057	-0.151	-0.124	-0.111	
	SD	(0.954)	(0.978)	(0.946)	(0.943)	
R	M	0.054	-0.067	0.053	0.013	
	SD	(1.144)	(1.253)	(1.191)	(1.186)	
G	M	-0.001	-0.109	-0.036		
	SD	(1.042)	(1.106)	(1.055)		
P3 - P4						
L	M	0.348	0.228	0.281	0.286	
	SD	(0.973)	(1.049)	(0.946)	(0.976)	
R	M	0.379	0.252	0.377	0.336	
	SD	(1.026)	(1.126)	(1.050)	(1.057)	
G	M	0.364	0.240	0.329		
	SD	(0.996)	(1.083)	(0.992)		
O1 - O2						
L	M	0.104	-0.016	0.069	0.052	
	SD	(0.959)	(1.043)	(0.977)	(0.976)	
R	M	0.113	-0.008	0.103	0.069	
	SD	(1.082)	(1.162)	(1.085)	(1.099)	
G	M	0.109	-0.012	0.086		
	SD	(1.018)	(1.099)	(1.027)		



a) F3 - F4: Log. Alpha-Power vor dem Bild



b) C3 - C4: Log. Alpha-Power vor dem Bild



c) P3 - P4: Log. Alpha-Power vor dem Bild

Abbildung 9a-c: Mittlere logarithmierte Alpha-Power in den drei Bildbedingungen für die Elektrodenpaare mit signifikanter Wechselwirkung in der Phase vor der Bilddarbietung.

Diskussion

In der übergeordneten 3 x 2-Varianzanalyse ergibt sich für das Elektrodenpaar F3 - F4 eine signifikante Wechselwirkung der Faktoren Emotion und Hemisphäre. Anhand Abbildung 9a ist erkennbar, daß sich der von Davidson (1995) vorhergesagte Aktivierungsunterschied in Abhängigkeit von der emotionalen Bedingung nicht ergibt. In der positiven Bedingung ist, verglichen mit der negativen Bedingung, die linke Hemisphäre nicht aktiver. Die 2 x 2-Varianzanalyse ergibt zudem für den Vergleich der positiven mit der negativen Bedingung keine signifikante Wechselwirkung mehr. Statistisch bedeutsam ist die Wechselwirkung lediglich für den Vergleich der positiven mit der neutralen Bedingung, jedoch ist die linke Hemisphäre in der positiven Bedingung nicht aktiver als in der neutralen Bedingung. Dies müßte jedoch der Fall sein, da die positive Bedingung im Vergleich zur neutralen auf jeden Fall als emotional positiver einzustufen ist, folglich sollte die linke Hemisphäre aktiver sein. Daher sind die in Abschnitt 1 formulierten Hypothesen für das Elektrodenpaar F3 - F4 in der PRE-Phase als nicht bestätigt anzusehen.

Die übergeordnete 3 x 2-Varianzanalyse ergibt für das Elektrodenpaar C3 - C4 ebenfalls eine signifikante Wechselwirkung Emotion x Hemisphäre. Anhand Abbildung 9b ist jedoch erkennbar, daß sich wiederum das schon für das Paar F3- F4 beschriebene Aktivierungsmuster ergibt. Die linke Hemisphäre ist in der positiven Bedingung im Vergleich zur negativen nicht stärker aktiviert, wobei jedoch die rechte Hemisphäre in der negativen im Vergleich zur positiven Bedingung den Hypothesen entsprechend stärker aktiviert ist. Die 2 x 2-Varianzanalyse ergibt außerdem keine signifikante Wechselwirkung für den Vergleich der positiven mit der negativen Bedingung. Nur für die Vergleiche der positiven beziehungsweise der negativen Bedingung mit der neutralen zeigen sich signifikante Interaktionen. Sie entsprechen jedoch nur für den Vergleich der negativen mit der neutralen Bedingung dem gesuchten Aktivierungsmuster, wobei die negative Bedingung im Vergleich zur neutralen eine stärkere rechtshemisphärische Aktivierung hervorrufen sollte. Nur für diesen Vergleich ist die rechte Gehirnhälfte in der negativen Bedingung im Vergleich zur neutralen stärker aktiviert, während die linke Hemisphäre in der neutralen Bedingung im Vergleich zur negativen aktiver ist. Es ergibt sich keine Veränderung des Aktivierungsmusters für den entscheidenden Vergleich der positiven mit der negativen Bedingung. Also können für das Elektrodenpaar C3 - C4 die in Abschnitt 1 aufgestellten Hypothesen als bestätigt gelten: Tatsächlich ergeben sich für zentrale Elektrodenpaare keine signifikanten Aktivierungsveränderungen, wie sie für die frontalen Elektroden vorhergesagt werden. Da für die neutrale Bedingung keine Hypothesen formuliert werden, führt die tendenzielle Verschiebung der Aktivierungsasymmetrie im Vergleich der neutralen mit der negativen Bedingung nicht zur Widerlegung der davidsonschen Voraussagen für die zentralen Elektroden.

Das dritte Elektrodenpaar, für das sich in der 3 x 2-Varianzanalyse eine signifikante Wechselwirkung ergeben hat, ist das Paar P3 - P4. Auch in diesem Fall ergibt die 2 x 2-Varianzanalyse keine signifikante Interaktion für den Vergleich der positiven mit der negativen Bedingung. Anhand von Abbildung 9c ist erkennbar, daß die linke Hemisphäre in der positiven Bedingung im Vergleich zur negativen nicht stärker aktiviert ist. Wie schon für Elektrodenpaar C3 - C4 ergeben sich für den Vergleich der positiven mit der neutralen und der negativen mit der neutralen Bedingung signifikante Wechselwirkungen in der 2 x 2-Varianzanalyse. Unter der Annahme, daß die neutrale Bedingung im Vergleich zur positiven als weniger positiv, im Vergleich zu negativen als weniger negativ einzustufen ist, ergeben sich lediglich für den Vergleich der neutralen mit der negativen Bedingung Aktivierungsverschiebungen, wie sie für die frontalen Elektrodenpaare vorausgesagt werden: Die rechte Hemisphäre in der negativen Bedingung ist signifikant stärker aktiviert als die rechte Hemisphäre in der neutralen Bedingung. Da Davidson selbst jedoch keine Aussagen über die neutrale Bedingung macht, kann dieser Befund nicht als Widerspruch zu Davidsons Vorhersagen interpretiert werden.

Auch für sämtliche Elektroden des frontalen Areals zeigen sich keine Aktivierungsveränderungen in der von Davidson angenommenen Richtung. Dies liegt vermutlich daran, daß die emotionale Stimulation in der PRE-Phase in allen Bedingungen am geringsten ist, wie anhand der EMG-Daten der drei Emotionsbedingungen unschwer zu erkennen ist (siehe **Abbildung 7**). Die Widerlegung der Vorhersagen Davidsons könnte also auch daher rühren, daß die Emotionsinduktion im Abschnitt vor der Bildpräsentation nicht erfolgreich war. Da das Stimmungs-Rating nicht getrennt nach den drei Intervallen vorgenommen wurde, kann diese Vermutung nicht durch weitere Daten gestützt werden. Außerdem werden in der PRE-Phase noch keine Bilder präsentiert, die Versuchspersonen warten lediglich auch die Bilddarbietung. Daher könnte es sich bei dieser Phase um eine grundlegend andere Situation handeln als in Davidsons eigenen Experimenten, daher würde das Ausbleiben der von ihm vorhergesagten Effekte nicht verwundern.

3.4.2 Phase während der Bildpräsentation

Als PIC-Phase werden die acht Sekunden bezeichnet, während derer Bilder präsentiert werden. Im folgenden sind zunächst die Ergebnisse der Datenauswertung für diese Phase dargestellt, dem folgt eine Diskussion der Daten.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Varianzanalyse für diese Phase sind Tabelle 13, die entsprechenden logarithmierten Mittelwerte sind Tabelle 14 zu entnehmen. Anhand der grau unterlegten Zellen in Tabelle 13 sind signifikante Effekte erkennbar. Ein Haupteffekt des Faktors Emotion bedeutet, daß sich unabhängig von der Hemisphäre mindestens eine der drei Emotionsbedingungen hinsichtlich der Alpha-Power des Elektrodenpaares von den anderen beiden unterscheidet. Dieser Haupteffekt ist

für alle Elektrodenpaare außer dem Paar T3 - T4 statistisch bedeutsam. Das bedeutet, daß emotionale Reize im Vergleich zu neutralen Reizen zu einer stärkeren Aktivierung der Hemisphären führen. Ein signifikanter Haupteffekt Hemisphäre ergibt sich für die Elektroden FP1 - FP2, F7 - F8 sowie F3 - F4. In allen drei Fällen ist die linke Hemisphäre aktiver. Die Analyse dieser Haupteffekte wird nicht weitergeführt. Für die Phase während der Bildpräsentation ergeben sich keine signifikanten Wechselwirkungen.

Tabelle 13: Ergebnisse der übergeordneten 3 x 2-Varianzanalyse mit vollständiger Meßwiederholung für das Intervall während der Bildpräsentation (PIC-Intervall)

Elektrodenpaar		FP1 - FP2	F7 - F8	F3 - F4	T3 - T4	C3 - C4	T5 - T6	P3 - P4	O1 - O2
Emotion	F^1	5.49 ⁴	5.20	12.99	1.14	6.26	8.92	14.51	4.17
	p^4	< .011	< .013	< .001	< .335	< .006	< .001	< .001	< .027
	ϵ	0.97	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00
Hemisphäre	F^2	11.63	5.75	4.25	2.54	2.39	1.37	0.67	0.023
	p^4	< .005	< .032	< .060	< .135	< .146	< .263	< .429	< .881
	ϵ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Emotion x Hemisphäre	F^3	1.36	0.11	1.01	0.135	0.71	1.28	0.33	0.16
	p^4	< .274	< .848	< .376	< .865	< .473	< .296	< .659	< .850
	ϵ	0.79	0.79	0.95	0.96	0.78	1.00	0.74	0.99

N = 14

¹ df = (2, 26)

² df = (1, 13)

³ df = (2, 26)

⁴ signifikante Ergebnisse ($p < .10$) sind grau unterlegt

Tabelle 14: Mittelwerte der Varianzanalyse zum Zeitpunkt PIC

Elektroden- paar	Hemis- Phäre		PIC			
			POS	NEG	NEU	GESAMT
FP1 - FP2						
L	M	-0.676	-0.666	-0.566	-0.636	
	SD	(0.510)	(0.504)	(0.583)	(0.529)	
R	M	-0.538	-0.544	-0.466	-0.516	
	SD	(0.544)	(0.522)	(0.580)	(0.544)	
G	M	-0.607	-0.605	-0.516		
	SD	(0.522)	(0.507)	(0.579)		
F7 - F8						
L	M	-1.013	-1.044	-0.956	-1.004	
	SD	(0.516)	(0.508)	(0.553)	(0.522)	
R	M	-0.792	-0.835	-0.749	-0.792	
	SD	(0.650)	(0.633)	(0.690)	(0.654)	
G	M	-0.903	-0.939	-0.852		
	SD	(0.560)	(0.547)	(0.604)		
F3 - F4						
L	M	-0.277	-0.289	-0.173	-0.247	
	SD	(0.534)	(0.515)	(0.591)	(0.545)	
R	M	-0.229	-0.213	-0.111	-0.184	
	SD	(0.576)	(0.551)	(0.593)	(0.571)	
G	M	-0.253	-0.251	-0.142		
	SD	(0.552)	(0.530)	(0.590)		
T3 - T4						
L	M	-0.892	-0.906	-0.848	-0.882	
	SD	(0.627)	(0.636)	(0.669)	(0.633)	
R	M	-0.733	-0.764	-0.691	-0.729	
	SD	(0.781)	(0.723)	(0.819)	(0.771)	
G	M	-0.812	-0.835	-0.770		
	SD	(0.683)	(0.657)	(0.725)		
C3 - C4						
L	M	-0.118	-0.186	-0.065	-0.123	
	SD	(0.577)	(0.569)	(0.646)	(0.591)	
R	M	-0.079	-0.114	0.014	-0.060	
	SD	(0.669)	(0.595)	(0.675)	(0.643)	
G	M	-0.099	-0.150	-0.025		
	SD	(0.615)	(0.577)	(0.657)		
T5 - T6						
L	M	-0.501	-0.492	-0.384	-0.459	
	SD	(0.595)	(0.597)	(0.689)	(0.622)	
R	M	-0.423	-0.440	-0.276	-0.380	
	SD	(0.771)	(0.774)	(0.836)	(0.790)	
G	M	-0.462	-0.466	-0.330		
	SD	(0.679)	(0.676)	(0.754)		
P3 - P4						
L	M	-0.104	-0.132	0.029	-0.069	
	SD	(0.623)	(0.595)	(0.698)	(0.635)	
R	M	-0.073	-0.118	0.063	-0.043	
	SD	(0.714)	(0.647)	(0.733)	(0.695)	
G	M	-0.088	-0.125	0.046		
	SD	(0.666)	(0.619)	(0.713)		
O1 - O2						
L	M	-0.284	-0.303	-0.195	-0.260	
	SD	(0.593)	(0.587)	(0.651)	(0.604)	
R	M	-0.281	-0.311	-0.202	-0.265	
	SD	(0.664)	(0.624)	(0.687)	(0.654)	
G	M	-0.283	-0.307	-0.199		
	SD	(0.627)	(0.603)	(0.666)		

Diskussion

Für die Phase während der Bilddarbietung (PIC-Phase) ergibt sich in der übergeordneten 3 x 2-Varianzanalyse für keines der acht Elektrodenpaare die notwendige Interaktion zwischen den Faktoren Emotion und Hemisphäre. Es ergeben sich also keine Veränderungen des Aktivierungsmusters der frontalen Elektroden. Es ergeben sich jedoch auch keine signifikanten Wechselwirkungen für zentrale oder parietale Elektroden.

Eine mögliche Ursache für die fehlenden Wechselwirkungen in den frontalen Elektrodenpaaren könnte in der Art der Emotionsinduktion zu suchen sein. Bilder könnten weniger starke emotionale Stimulation hervorrufen als zum Beispiel das von Davidson selbst verwendete Filmmaterial. Außerdem könnte die Darbietungszeit der Einzelbilder zu kurz sein, so daß die Auswirkungen der Bilddarbietung auf die frontale Aktivierungsasymmetrie durch den Bildverarbeitungsprozeß (siehe Abbildung 8) gestört werden. In den Studien Davidsons wurde das filmische Reizmaterial immer 1 bis 5 Minuten lang ohne Unterbrechung dargeboten. In der vorliegenden Untersuchung wurden die Bilder zur Emotionsinduktion lediglich 8 Sekunden lang gezeigt. Die in einer Bedingung präsentierten Bilder unterscheiden sich zudem sehr stark voneinander, sowohl was den Inhalt, als auch was die Art der Darstellung, das Format etc. betrifft. Dies sind Aspekte, die bei der Emotionsinduktion durch Filme nicht in diesem Maße berücksichtigt werden müssen. Hier bestehen zwischen den einzelnen Filmsequenzen keine solchen Unterschiede, da die Probanden schon nach kürzester Zeit den Inhalt des Filmes erfassen können und die aufgenommenen Informationen deutlich redundanter sind als im Falle von Bildern. Die Bilder werden einzeln dargeboten, daher kommt es bei jedem neuen Bild wieder zu einer Blockade des Alpha-Rhythmus. Eine Gewöhnung an die Situation, wie sie im Falle von Filmen eher möglich ist, kann nicht stattfinden. Die Versuchspersonen sind in der PIC-Phase also mit großer Wahrscheinlichkeit noch mit der Bildverarbeitung beschäftigt, worauf auch Abbildung 8 hindeutet. Dieser Prozeß verursacht eine Blockade der Alpha-Aktivität. Wegen des zu geringen Anteils an Alpha-Wellen (Boden-Effekt) ist keine Aktivierungsverschiebung während der Bilddarbietung (gemessen anhand des Anteils an Alpha-Wellen) erkennbar. In weiteren Untersuchungen sollte dies geklärt werden, indem die Bilder entweder für längere Zeit gezeigt werden oder die Emotionsinduktion mit anderen Methoden (Vorstellung, Filme) vorgenommen wird. Eventuell ist der Alpha-Rhythmus als Maß für kortikale Aktivierung bei der Emotionsinduktion durch Bilder nicht geeignet. Daher können nur bedingt Aussagen darüber gemacht werden, ob tatsächlich eine Veränderung der Aktivierungsasymmetrie stattfindet. In jedem Fall ist eine mögliche Asymmetrierverschiebung in dieser Phase nicht mit Hilfe des Alpha-Rhythmus meßbar.

3.4.3 Phase nach der Bildpräsentation

Als PST-Phase (Phase nach der Bildpräsentation) werden die drei Sekunden nach dem Verschwinden des Bildes bezeichnet, während derer das Fixationskreuz präsentiert wird. Im folgenden werden zunächst die Ergebnisse der varianzanalytischen Auswertung dargestellt, dann werden sie interpretiert.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Varianzanalyse für diese Phase sind Tabelle 15, die entsprechenden logarithmierten Mittelwerte sind Tabelle 17 zu entnehmen. Anhand der grau unterlegten Zellen in Tabelle 15 sind signifikante Effekte erkennbar. Ein Haupteffekt Hemisphäre zeigt sich statistisch bedeutsam für das Elektrodenpaar FP1- FP2, tendenziell für die Paare F7 - F8 und T5 - T6. Auch für die Phase nach der Bildpräsentation werden diese Haupteffekte in der statistischen Analyse der Daten nicht weiter berücksichtigt.

Eine Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren der Varianzanalyse ist für die drei frontalen Elektrodenpaare erkennbar. Für das Elektrodenpaar F3 - F4 ist sie statistisch abgesichert auf einem Niveau von $p < .05$, für FP1 - FP2 und F7 - F8 auf einem Niveau von $p < .10$. Dies bedeutet, daß in diesen drei Fällen eine systematische Variation des Aktivierungsmusters der beiden Hemisphären in Abhängigkeit von der emotionalen Bedingung vorliegt. Wie schon in Abschnitt 3.4 und Abschnitt 3.4.1 dargestellt, werden auch in der PST-Phase für die Elektrodenpaare mit signifikanter Wechselwirkung Emotion x Hemisphäre weitere 2 x 2-Varianzanalysen mit vollständiger Meßwiederholung durchgeführt. Analog werden nur jeweils zwei Emotionsbedingungen miteinander verglichen. Die Ergebnisse sind Tabelle 16 zu entnehmen. Anhand von Tabelle 17 und Abbildung 10a-c ist die Richtung dieser Aktivierungsunterschiede zu erkennen.

Tabelle 15: Ergebnisse der übergeordneten 3 x 2-Varianzanalyse mit vollständiger Meßwiederholung für das Intervall nach der Bildpräsentation (PST-Intervall)

Elektrodenpaar		FP1 - FP2	F7 - F8	F3 - F4	T3 - T4	C3 - C4	T5 - T6	P3 - P4	O1 - O2
Emotion	F^1	0.71	0.69	1.21	0.36	0.71	0.47	1.10	0.51
	p^4	< .500	< .511	< .315	< .699	< .499	< .632	< .348	< .605
	ε	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Hemisphäre	F^2	9.29 ⁴	3.83	2.61	0.53	1.14	3.74	1.22	1.23
	p^4	< .009	< .072	< .130	< .478	< .305	< .075	< .289	< .287
	ε	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Emotion x Hemisphäre	F^3	2.66	3.20	3.62	0.29	0.16	1.53	0.79	0.073
	p^4	< .094	< .057	< .041	< .710	< .809	< .239	< .456	< .929
Hemisphäre	ε	0.93	1.00	1.00	0.83	0.79	0.83	0.93	1.00

N = 14

¹ df = (2, 26)² df = (1, 13)³ df = (2, 26)⁴ signifikante Ergebnisse ($p < .10$) sind grau unterlegt

Für das Elektrodenpaar FP1 - FP2 (siehe Abbildung 10a) ergibt sich für den Vergleich der positiven mit der negativen Bedingung ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Hemisphäre, was bedeutet, daß jeweils die linke Hemisphäre im Vergleich zur rechten in beiden Emotionsbedingungen aktiver ist. Außerdem ergibt sich eine signifikante Wechselwirkung Emotion x Hemisphäre. Das Aktivierungsmuster der Hemisphären in der positiven Bedingung unterscheidet sich also signifikant von dem in der negativen: In der positiven Bedingung ist die linke Hemisphäre stärker aktiviert als die rechte ($t(13) = -3.61$; $p < .003$), in der negativen Bedingung hat sich der Aktivierungsunterschied zwischen den Gehirnhälften verkleinert, die linke Hemisphäre ist weniger aktiv, die rechte bleibt im Vergleich zur positiven Bedingung auf gleichem Niveau. Der Vergleich der positiven mit der neutralen Bedingung und der negativen mit der neutralen Bedingung ergibt einen statistisch bedeutsamen Effekt des Faktors Hemisphäre, die linke Hemisphäre ist in beiden Bedingungen aktiver als die rechte.

Für das Elektrodenpaar F7 - F8 (siehe Abbildung 10b) ergibt der Vergleich der positiven mit der negativen Bedingung einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Hemisphäre. Wiederum ist die linke Gehirnhälfte in beiden Fällen aktiver. Außerdem zeigt sich eine signifikante Wechselwirkung, was bedeutet, daß das hemisphärische Aktivierungsmuster sich in Abhängigkeit von der Emotionsbedingung verändert: In der positiven Bedingung die linke Hemisphäre im Vergleich zur rechten aktiver ($t(13) = -2.21$; $p < .046$), während sich die Hemisphären in der negativen Bedingung nicht unterscheiden. Anhand Abbildung 10b ist erkennbar, daß die linke Hemisphäre in der positiven Bedingung stärker aktiviert ist als in der negativen. In der negativen Bedingung ist die rechte Hemisphäre minimal stärker aktiviert als in der positiven Bedingung. Diese Unterschiede sind jedoch zu klein, um bei der weiteren Analyse mit Hilfe von t-Tests statistische Signifikanz zu

erreichen. Für den Vergleich positiv - neutral ist ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Hemisphäre erkennbar: Die linke Hemisphäre ist wiederum aktiver als die rechte. Der Vergleich der negativen mit der neutralen Bedingung ergibt einen signifikanten Haupteffekt Hemisphäre (links vergleichsweise größere Aktivität) sowie eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Emotion und Hemisphäre. In der neutralen Bedingung ist die linke Hemisphäre aktiver als die rechte ($t(13) = -2.08; p < .058$). In der negativen Bedingung unterscheiden sich die Hemisphären nicht voneinander, aber die rechte Hemisphäre ist in der negativen Bedingung aktiver als in der neutralen Bedingung ($t(13) = -1.69; p < .116$).

Für das Elektrodenpaar F3 - F4 (siehe Abbildung 10c) ergibt der Vergleich der positiven mit der negativen Bedingung eine signifikante Wechselwirkung Emotion x Hemisphäre: In der positiven ist die linke Hemisphäre aktiver als die rechte ($t(13) = -2.13; p < .053$), in der negativen ist kein Aktivierungsunterschied zwischen den Hemisphären erkennbar, die Asymmetrie ist geringer. In der positiven Bedingung ist anhand Abbildung 10c im Vergleich zur negativen Bedingung relativ stärkere linksseitige Aktivierung erkennbar, dieser Unterschied ist jedoch bei weitere Untersuchung mit Hilfe von t-Tests nicht statistisch signifikant. Der Vergleich der positiven mit der neutralen Bedingung ergibt einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Hemisphäre, die linke Hemisphäre ist in beiden Bedingungen aktiver als die rechte. Alle weiteren Haupteffekte und Wechselwirkungen sind nicht signifikant.

Tabelle 16: Ergebnisse der 2 x 2-Varianzanalyse mit vollständiger Meßwiederholung für den Zeitpunkt PST

Elektrodenpaar	Vergleich					
	POSITIV – NEGATIV		POSITIV - NEUTRAL		NEGATIV- NEUTRAL	
	<i>F</i> ¹	<i>p</i> ²	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
FP1 - FP2						
Emotion	0.92	< .356	0.98	< .339	0.06	< .818
Hemisphäre	7.78 ²	< .015	12.88	< .003	7.01	< .020
Emotion x Hemisphäre	7.63	< .016	1.69	< .217	0.844	< .375
F7 - F8						
Emotion	0.02	< .878	0.91	< .357	1.48	< .246
Hemisphäre	3.30	< .092	4.83	< .047	3.18	< .098
Emotion x Hemisphäre	6.72	< .022	0.02	< .898	3.98	< .067
F3 - F4						
Emotion	0.15	< .701	1.99	< .182	1.70	< .215
Hemisphäre	2.59	< .132	3.59	< .081	1.38	< .261
Emotion x Hemisphäre	6.81	< .022	2.66	< .127	1.22	< .290

N = 14

¹ df = (1, 13)

² signifikante Ergebnisse ($p < .10$) sind grau unterlegt

Tabelle 17: Mittelwerte der Varianzanalyse zum Zeitpunkt PST

Elektroden- paar	Hemis- phäre	PST					
		POS	NEG	NEU	GESAMT		
FP1 - FP2		L	M	-0.433	-0.366	-0.369	-0.389
			SD	(0.732)	(0.730)	(0.733)	(0.725)
	R	M	-0.309	-0.294	-0.272	-0.291	
		SD	(0.728)	(0.690)	(0.718)	(0.704)	
	G	M	-0.371	-0.330	-0.320		
		SD	(0.727)	(0.707)	(0.723)		
F7 - F8		L	M	-0.775	-0.742	-0.735	-0.751
			SD	(0.771)	(0.762)	(0.754)	(0.756)
	R	M	-0.592	-0.641	-0.546	-0.593	
		SD	(0.770)	(0.771)	(0.779)	(0.764)	
	G	M	-0.683	-0.692	-0.640		
		SD	(0.755)	(0.753)	(0.748)		
F3 - F4		L	M	-0.048	0.006	0.039	-0.001
			SD	(0.779)	(0.756)	(0.753)	(0.757)
	R	M	0.045	0.029	0.092	0.055	
		SD	(0.746)	(0.717)	(0.734)	(0.724)	
	G	M	-0.002	0.017	0.065		
		SD	(0.758)	(0.734)	(0.740)		
T3 - T4		L	M	-0.602	-0.585	-0.583	-0.590
			SD	(0.775)	(0.789)	(0.787)	(0.771)
	R	M	-0.569	-0.519	-0.500	-0.529	
		SD	(0.847)	(0.840)	(0.924)	(0.861)	
	G	M	-0.586	-0.552	-0.541		
		SD	(0.792)	(0.795)	(0.844)		
C3 - C4		L	M	0.163	0.160	0.224	0.182
			SD	(0.789)	(0.864)	(0.798)	(0.809)
	R	M	0.215	0.223	0.263	0.234	
		SD	(0.761)	(0.805)	(0.810)	(0.783)	
	G	M	0.189	0.191	0.244		
		SD	(0.766)	(0.830)	(0.799)		
T5 - T6		L	M	-0.050	0.019	-0.010	-0.002
			SD	(0.905)	(0.927)	(0.899)	(0.898)
	R	M	0.161	0.253	0.234	0.216	
		SD	(1.154)	(1.235)	(1.196)	(1.186)	
		M	0.073	0.136	0.112		
		SD	(1.013)	(1.067)	(1.037)		
P3 - P4		L	M	0.390	0.425	0.456	0.424
			SD	(0.947)	(1.015)	(0.931)	(0.956)
	R	M	0.423	0.497	0.529	0.483	
		SD	(0.980)	(1.116)	(1.034)	(1.036)	
	G	M	0.407	0.461	0.492		
		SD	(0.958)	(1.060)	(0.978)		
O1 - O2		L	M	0.154	0.205	0.199	0.186
			SD	(0.917)	(0.985)	(0.959)	(0.943)
	R	M	0.216	0.282	0.270	0.256	
		SD	(1.070)	(1.160)	(1.108)	(1.104)	
	G	M	0.185	0.244	0.235		
		SD	(0.988)	(1.067)	(1.030)		

N = 14

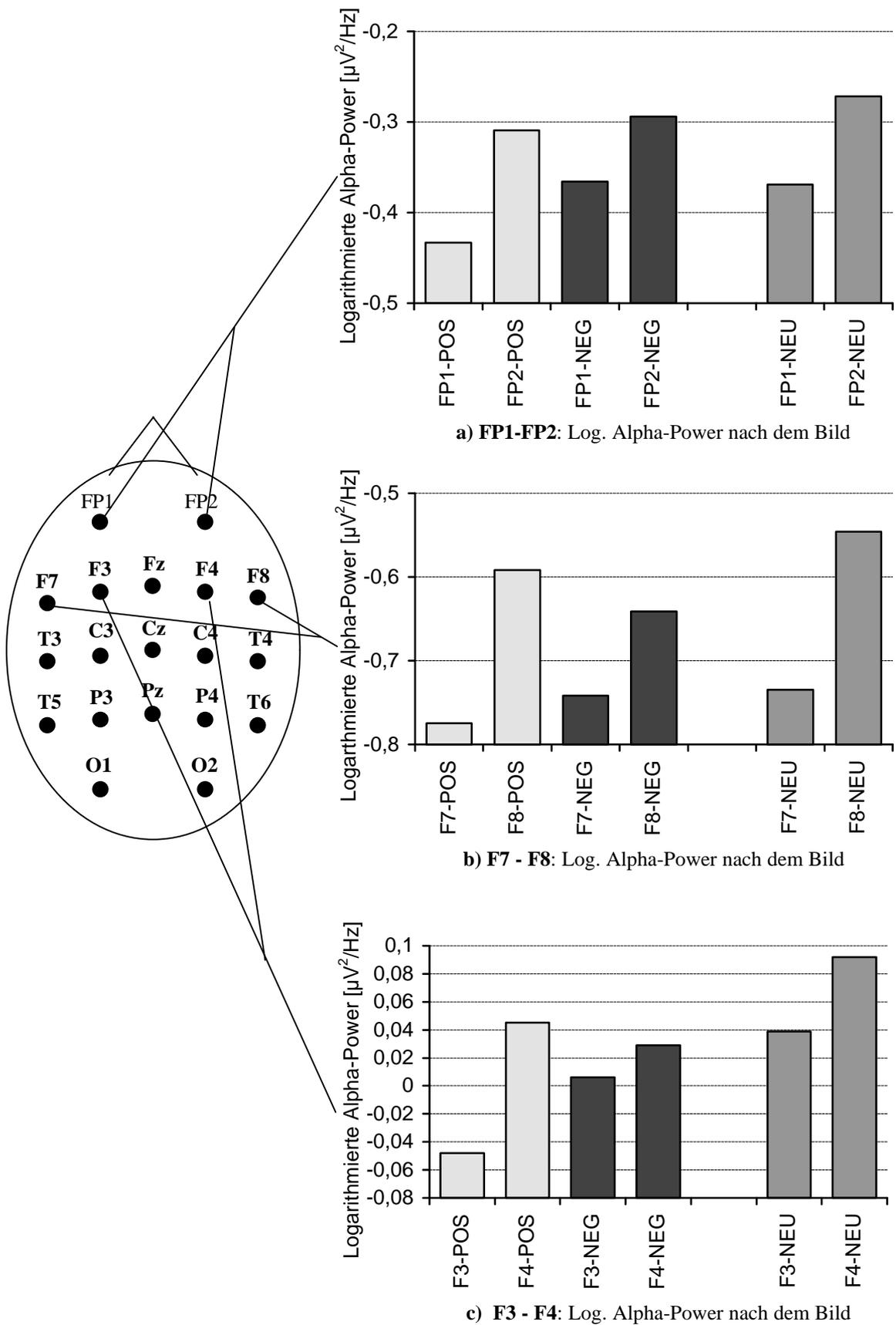


Abbildung 10a-c: Mittlere logarithmierte Alpha-Power in den drei Bildbedingungen für die Elektrodenpaare mit signifikanter Wechselwirkung in der Phase nach der Bilddarbietung

Diskussion

Zur PST-Phase (Phase nach der Bildpräsentation) werden die zwei Zeitabschnitte zusammengefaßt, während derer nach Verschwinden des Bildes das Fixationskreuz zum zweiten Mal präsentiert wird. Anhand der grau unterlegten Zellen in Tabelle 15 sind signifikante Effekte erkennbar. Die übergeordnete 3 x 2-Varianzanalyse ergibt für die drei frontalen Elektrodenpaare eine signifikante Wechselwirkung der Faktoren Emotion und Hemisphäre: FP1 - FP2, F7 - F8 und F3 - F4 (siehe auch Abbildung 10a-c).

Für das Elektrodenpaar FP1 - FP2 ergibt die weitere Analyse mit Hilfe von 2 x 2-Varianzanalysen für den Vergleich der positiven mit der negativen Bedingung verschiedene statistisch bedeutsame Effekte. Es zeigt sich für den Vergleich positiv - negativ wiederum eine statistisch bedeutsame Interaktion Emotion x Hemisphäre. Dieser Befund steht den Ergebnissen in der PRE-Phase entgegen, wo sich für den Vergleich der beiden wichtigsten Emotionsbedingungen keine Veränderung des einen Faktors in Abhängigkeit vom Niveau des anderen Faktors ergeben hat. Anhand von Abbildung 10a kann das Aktivierungsmuster der Hemisphären während der positiven und der negativen Experimentalbedingung untersucht werden. In der positiven Bedingung ist die linke Hemisphäre im Vergleich zur negativen Bedingung stärker aktiviert. In der negativen Bedingung ist die rechte Hemisphäre nicht stärker aktiviert als in der positiven Bedingung. Da diese Unterschiede nicht als statistisch bedeutsam anzusehen sind, bestätigt dieses Aktivierungsmuster die in Abschnitt 1 formulierten Hypothesen nicht.

Für das Paar F7 - F8 ergibt die weitere Analyse der Daten mit Hilfe der 2 x 2-Varianzanalyse für alle drei Vergleiche (positiv - negativ, positiv - neutral und negativ - neutral), daß die linke Gehirnhälfte in allen drei Bedingungen aktiver ist. Signifikante Wechselwirkungen zeigen sich sowohl für den Vergleich positiv - negativ als auch für den Vergleich negativ - neutral. Anhand Abbildung 10b ist die Richtung dieser Aktivierungsveränderung zu erkennen. Die linke Gehirnhälfte ist in der positiven Bedingung signifikant aktiver. Obwohl anhand der Abbildung erkennbar ist, daß die linke Hemisphäre in der positiven Bedingung aktiver ist als in der negativen und die rechte Hemisphäre in der negativen Bedingung aktiver ist als in der positiven, ist dieser Unterschied statistisch nicht bedeutsam. Eine weitere signifikante Wechselwirkung ergibt sich für den Vergleich der negativen mit der neutralen Bedingung, die Richtung der Aktivierungsverschiebung entspricht den in Abschnitt 0 dargestellten Vermutungen für diesen Fall: In der neutralen Bedingung, im Vergleich zur negativen Bedingung als positiver einzuschätzen, ist die linke Hemisphäre signifikant stärker aktiviert. Da beim Vergleich der neutralen mit der negativen Bedingung davon auszugehen ist, daß in der negativen eine verglichen mit der neutralen Bedingung stärkere Aktivierung der rechten Gehirnhälfte erfolgen müßte, erfolgt durch diesen Befund eine Bestätigung der Hypothesen Davidsons. Weitere Wechselwirkungen sind nicht signifikant. Auch für dieses Elektrodenpaar können also die Voraussagen Davidsons als nur tendenziell bestätigt angesehen

werden: In den beiden Emotionsbedingungen positiv und negativ ist eine tendenzielle Veränderung des Musters hemisphärischer Aktivierung zu erkennen. Die Unterschiede in der hemisphärischen Aktivierung zwischen den Bedingungen sind jedoch zu klein, um statistischen Signifikanz zu erreichen. Während affektiv positiver Reizung kommt es zu selektiver Aktivierung der linken Hemisphäre. Während emotional negativer Stimulation kommt es zu selektiver Aktivierung der rechten Gehirnhälfte, jedoch nur für den Vergleich der negativen mit der neutralen Bedingung. Da Davidson selbst über diesen Vergleich keine Aussagen macht, kann dieser Befund seine Theorie nur bedingt bestätigen.

Das dritte Elektrodenpaar, für das die 3 x 2-Varianzanalyse eine statistisch bedeutsame Interaktion der Faktoren ergibt ist das Paar F3 - F4. Dieses Elektrodenpaar ist das einzige, für das die Analyse für den Vergleich positiv - negativ eine reine Wechselwirkung ohne Haupteffekte ergibt. In der 2 x 2-Varianzanalyse zeigt sich eine signifikante Wechselwirkung der Faktoren Emotion und Hemisphäre für den Vergleich der positiven mit der negativen Bedingung. Auch in dieser Varianzanalyse sind für den Vergleich positiv - negativ keine Haupteffekte erkennbar. Dieses Elektrodenpaar ist dasjenige, für das sich in Davidsons eigenen Untersuchungen (z.B. beschrieben in Davidson, 1995) mit der größten Sicherheit valenzspezifische Veränderungen der Aktivierungsasymmetrie ergeben. Der Effekt der emotionsspezifischen Aktivierungsverschiebung scheint in diesem Bereich also besonders deutlich erkennbar zu sein.

Die Richtung der Aktivierungsverschiebung ist Abbildung 10c zu entnehmen. In der positiven Bedingung ist die linke Hemisphäre stärker aktiviert als in der negativen Bedingung. In der negativen Emotionsbedingung ist eine minimal stärkere Aktivierung der rechten Gehirnhälfte im Vergleich zur positiven Bedingung zu erkennen. Diese Unterschiede sind jedoch wiederum zu klein, um statistisch bedeutsam zu sein. Weitere signifikante Interaktionen ergeben sich nicht. Auch für dieses Elektrodenpaar werden also die in Abschnitt 1 formulierten Hypothesen nur tendenziell bestätigt.

3.4.4 Datenanalyse mit Hilfe des Asymmetrie-Indexes

Ergebnisse

Für die sechs Elektrodenpaare, bei denen die oben beschriebene 3 x 2-Varianzanalyse mit den Faktoren Emotion und Hemisphäre eine signifikante Wechselwirkung ergibt, wird außerdem der Asymmetrie-Index als logarithmierte rechtsseitige minus logarithmierte linksseitige Alpha-Power berechnet. Die Untersuchung von Unterschieden zwischen den Emotionsbedingungen erfolgt mit Hilfe von einfaktoriellen Varianzanalysen mit vollständiger Meßwiederholung. Post-hoc-Vergleiche werden mit Hilfe von t-Tests für gepaarte Stichproben durchgeführt. Der Asymmetrie-Index nach Davidson (1995) ist ein Maß für Unterschiede in der Aktivierung der Hemisphären. Je größer der Absolutwert der Indexes ist, um so größer sind die Unterschiede in der hemisphäri-

schen Aktivierung. Höhere Werte des Asymmetrie-Index bedeuten höhere relative linksseitige Aktivierung, während negative Werte höhere relative Aktivierung der rechten Hemisphäre bedeuten (Davidson, 1995). Die Ergebnisse der Varianzanalysen können Tabelle 18 entnommen werden. Tabelle 19 sind die entsprechenden Mittelwerte des Asymmetrie-Indexes zu entnehmen, die in die Varianzanalysen eingehen.

In der Phase vor der Bildpräsentation ergibt sich für die Elektrodenpaare F3 - F4, C3 - C4 und P3 - P4 ein signifikanter Unterschied in mindestens einer der drei Emotionsbedingungen. In der Phase nach der Bildpräsentation unterscheidet sich der Asymmetrie-Index für die Elektrodenpaare FP1 - FP2, F7 - F8 und F3 - F4 in mindestens einer der Emotionsbedingungen signifikant.

Mit Hilfe von t-Tests für gepaarte Stichproben werden diese Unterschiede für alle sechs Elektrodenpaare genauer analysiert. Die Ergebnisse können Tabelle 20 entnommen werden. Für die Phase vor der Bildpräsentation (PRE-Phase) zeigen sich mehrere signifikante Unterschiede. Für das Elektrodenpaar F3 - F4 unterschieden sich die positive und die neutrale Bedingung signifikant voneinander. Für die Elektroden C3 - C4 sowie P3 - P4 ergeben sich statistisch bedeutsame Unterschiede sowohl zwischen der positiven und der neutralen, als auch zwischen der negativen und der neutralen Bedingung.

Der Asymmetrie-Index nimmt für alle drei Elektrodenpaare in der neutralen Bedingung signifikant höhere Werte an als in den Emotionsbedingungen. In der neutralen Bedingung ist die linke Gehirnhälfte im Vergleich zur rechten stärker aktiviert, während in den emotionalen Bedingungen in allen fünf Fällen weniger stark ausgeprägte Aktivierungsunterschiede zwischen der linken und der rechten Hemisphäre zu erkennen sind (siehe auch Abbildung 9a-c). Der Gesamtwert des Asymmetrie-Indexes liegt in der positiven und der negativen Bedingung für alle drei Elektrodenpaare annähernd auf gleichem Niveau.

Tabelle 18: Ergebnisse der Untersuchung des Asymmetrie-Indexes mit Hilfe einfaktorieller Varianzanalysen

Elektrodenpaar	Intervall	F^1	p	ϵ
F3 - F4	PRE ²	3.97	< .031	1.00
C3 - C4	PRE	3.42	< .048	1.00
P3 - P4	PRE	2.60	< .094	1.00
FP1 - FP2	PST ²	2.66	< .094	0.93
F7 - F8	PST	3.20	< .057	1.00
F3 - F4	PST	3.62	< .041	1.00

N = 14

¹df = (2, 26)

²PRE: Phase vor der Bilddarbietung, PST: Phase nach der Bilddarbietung

Tabelle 19: Mittelwerte des Asymmetrie-Indexes

Elektroden- paar	PRE		PIC		PST	
	M	SD	M	SD	M	SD
FP1 - FP2						
POS	0.093	(0.120)	0.137	(0.154)	0.124	(0.128)
NEG	0.107	(0.154)	0.121	(0.161)	0.073	(0.144)
NEU	0.100	(0.131)	0.101	(0.097)	0.097	(0.115)
F7 - F8						
POS	0.183	(0.300)	0.221	(0.349)	0.184	(0.311)
NEG	0.130	(0.317)	0.209	(0.345)	0.101	(0.287)
NEU	0.209	(0.342)	0.207	(0.322)	0.189	(0.340)
F3 - F4						
POS	0.023	(0.108)	0.049	(0.128)	0.093	(0.164)
NEG	0.064	(0.118)	0.076	(0.129)	0.023	(0.122)
NEU	0.103	(0.139)	0.062	(0.101)	0.052	(0.138)
T3 - T4						
POS	0.134	(0.310)	0.159	(0.378)	0.033	(0.353)
NEG	0.087	(0.354)	0.142	(0.353)	0.066	(0.358)
NEU	0.127	(0.345)	0.158	(0.370)	0.082	(0.315)
C3 - C4						
POS	0.021	(0.204)	0.038	(0.224)	0.051	(0.240)
NEG	0.032	(0.095)	0.072	(0.148)	0.064	(0.182)
NEU	0.127	(0.160)	0.079	(0.129)	0.039	(0.183)
T5 - T6						
POS	0.110	(0.312)	0.078	(0.225)	0.176	(0.442)
NEG	0.084	(0.405)	0.052	(0.292)	0.234	(0.436)
NEU	0.177	(0.416)	0.107	(0.270)	0.244	(0.416)
P3 - P4						
POS	0.031	(0.186)	0.030	(0.154)	0.032	(0.219)
NEG	0.023	(0.202)	0.014	(0.121)	0.072	(0.227)
NEU	0.096	(0.246)	0.035	(0.124)	0.074	(0.203)
O1 - O2						
POS	0.009	(0.193)	0.003	(0.111)	0.062	(0.263)
NEG	0.008	(0.211)	-0.008	(0.117)	0.077	(0.265)
NEU	0.034	(0.215)	0.034	(0.215)	0.071	(0.221)

N = 14

In der PST-Phase, der Phase nach der Bildpräsentation, ergeben sich systematischere Unterschiede: Hier unterscheiden sich für alle drei Elektrodenpaare die positive und die negative Bedingung signifikant voneinander. In der positiven Bedingung liegt der Wert des Asymmetrie-Indexes für alle drei Elektrodenpaare höher als der in der negativen Bedingung, was auf die stärkere Aktivierung der linken Hemisphäre in der positiven Bedingung zurückzuführen ist (siehe auch Abbildung 10a-c). In der negativen Bedingung ist die Aktivierungsasymmetrie zwischen den Hemisphären

weniger stark ausgeprägt. Der Asymmetrie-Index liegt daher niedriger, fällt jedoch wieder nicht unter den Nullpunkt, es kommt also nicht zu einer stärkeren Aktivierung der rechten gegenüber der linken Hemisphäre. Für das Paar F7 - F8 ergibt sich ein weiterer bedeutsamer Unterschied zwischen der negativen und der neutralen Bedingung. Hier liegt der Asymmetrie-Index in der neutralen Bedingung höher, anhand Abbildung 10b ist erkennbar, daß die Aktivierungsunterschiede zwischen den Hemisphären größer sind als in der negativen Bedingung.

In Abbildung 11 und Abbildung 12 sind die Asymmetrie-Indizes der sechs Elektrodenpaare für die drei Emotionsbedingungen graphisch veranschaulicht. Auch die graphische Darstellung zeigt ähnliche Befunde wie die varianzanalytische Auswertung in Abschnitt 3.4.1 und Abschnitt 0: In der PRE-Phase ergeben sich für alle drei Elektrodenpaare kaum systematische Unterschiede zwischen den Asymmetrie-Indizes der positiven und der negativen Bedingung. Vielmehr erweist sich meist der Asymmetrie-Index der neutralen Bedingung als von den beiden anderen abweichend. In der PST-Phase nach der Bilddarbietung ändert sich dieses Bild, es zeigen sich ähnliche Befunde wie die in Abschnitt 0 beschriebenen. Die linke Hemisphäre ist für alle drei Elektrodenpaare in der positiven Bedingung stärker aktiviert als die rechte (höherer Wert des Asymmetrie-Indexes). Insgesamt unterscheiden sich die Hemisphären hinsichtlich ihrer Aktivierung in der negativen Bedingung nicht mehr so stark, was anhand des niedrigeren Wertes des Asymmetrie-Index zu erkennen ist. Es kommt jedoch nicht zu einer relativ stärkeren Aktivierung der rechten Hemisphäre im Vergleich zur linken, was daran zu erkennen ist, daß der Asymmetrie-Index nie unter den Nullpunkt fällt.

Tabelle 20: Ergebnisse der t-Tests für den Asymmetrie-Index

Elektroden- paar	Intervall	Vergleich	t^1	p
F3 - F4	PRE ²	POSITIV - NEGATIV	-1.62	< .130
		POSITIV - NEUTRAL	-2.63	< .021
		NEGATIV - NEUTRAL	-1.35	< .202
C3 - C4	PRE	POSITIV - NEGATIV	-0.23	< .826
		POSITIV - NEUTRAL	-2.34	< .036
		NEGATIV - NEUTRAL	-2.53	< .025
P3 - P4	PRE	POSITIV - NEGATIV	0.20	< .844
		POSITIV - NEUTRAL	-2.24	< .043
		NEGATIV - NEUTRAL	-1.87	< .085
FP1 - FP2	PST ²	POSITIV - NEGATIV	2.76	< .016
		POSITIV - NEUTRAL	1.30	< .217
		NEGATIV - NEUTRAL	-0.92	< .375
F7 - F8	PST	POSITIV - NEGATIV	2.59	< .022
		POSITIV - NEUTRAL	-0.13	< .898
		NEGATIV - NEUTRAL	-2.00	< .067
F3 - F4	PST	POSITIV - NEGATIV	2.61	< .022
		POSITIV - NEUTRAL	1.63	< .127
		NEGATIV - NEUTRAL	-1.10	< .290

N = 14

¹df = 13² PRE: Phase vor der Bilddarbietung, PST: Phase nach der Bilddarbietung

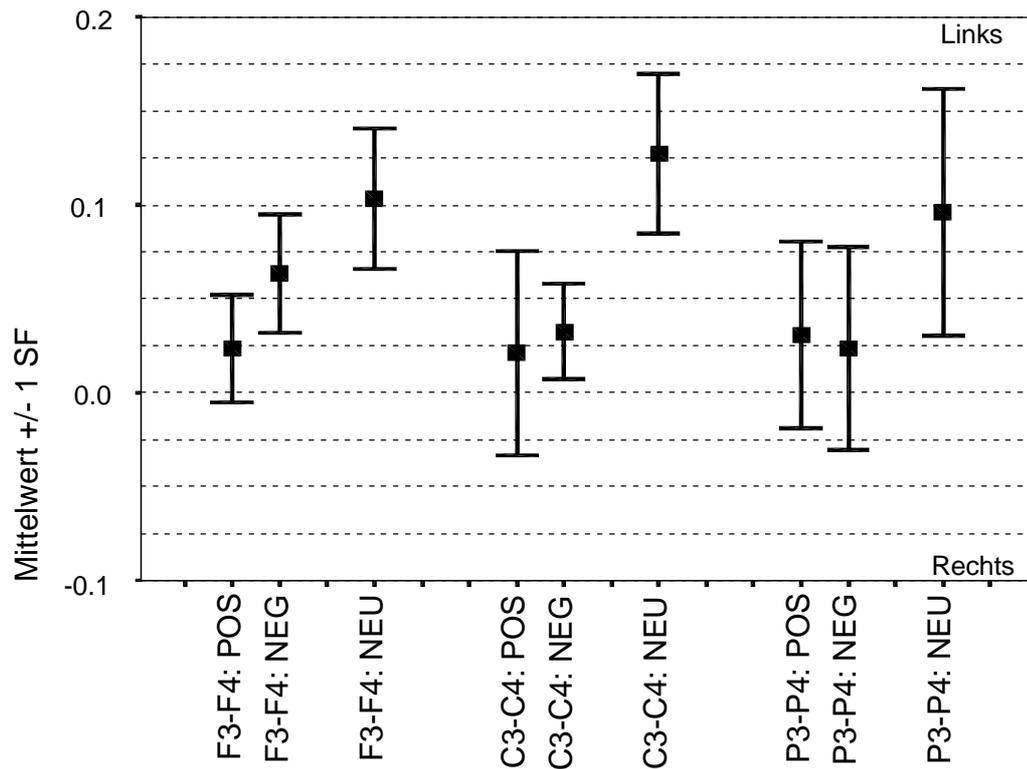


Abbildung 11: Asymmetrie-Indizes (logarithmierte rechtsseitige minus log. linksseitige Alpha-Power) für die Elektrodenpaare in der PRE-Phase (mit Standardfehler des Mittelwertes).

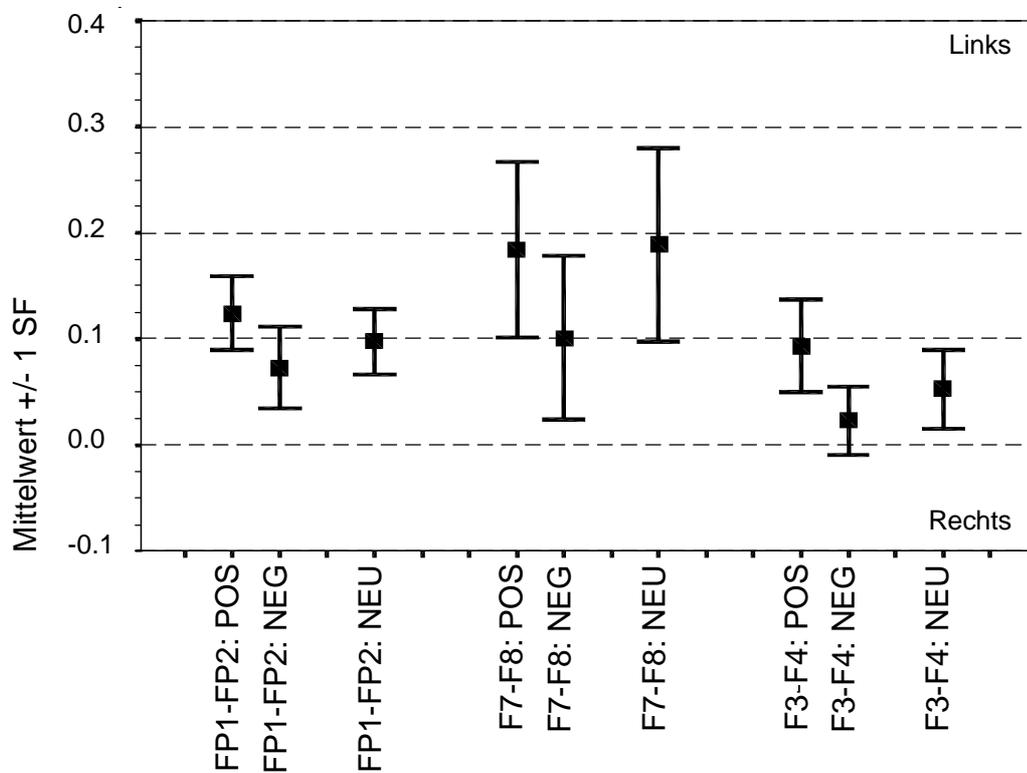


Abbildung 12: Asymmetrie-Indizes (logarithmierte rechtsseitige minus log. linksseitige Alpha-Power) für die Elektrodenpaare in der PST-Phase (mit Standardfehler des Mittelwertes).

Diskussion

Diese mit Hilfe der 2 x 2-Varianzanalyse gewonnenen Erkenntnisse werden durch die Ergebnisse der zweiten Auswertungsmöglichkeit bestätigt. Die statistische Auswertung der Daten mit Hilfe des Asymmetrie-Indexes (log rechtsseitige minus log linksseitige Alpha-Power, nach Davidson, 1995) ergibt ähnliche Ergebnisse wie oben dargestellt. Der Asymmetrie-Index (Davidson, 1995) wird für die sechs Elektrodenpaare gebildet, für die die übergeordnete 3 x 2-Varianzanalyse signifikante Wechselwirkungen ergeben hat.

Für die PRE-Phase vor der Bilddarbietung ergeben sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen der positiven und der negativen Bedingung. Dies entspricht den in Abschnitt 0 dargestellten Befunden, Davidsons Hypothesen können für dieses Intervall im Experiment nicht bestätigt werden. Für die Phase während der Bilddarbietung wurden keine Asymmetrie-Indizes gebildet, da die Varianzanalyse keine Wechselwirkungen ergeben hat. In der Phase nach der Bilddarbietung ergeben die t-Tests für alle drei frontalen Elektrodenpaare statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen der positiven und der negativen Bedingung. Im Falle des Elektrodenpaares F7 - F8 ergibt sich zudem ein signifikanter Unterschied zwischen der negativen und der neutralen Bedingung. Alle diese Ergebnisse entsprechen den in Abschnitt 0 dargestellten.

In Abbildung 11 und Abbildung 12 sind die Asymmetrie-Indizes der sechs Elektrodenpaare für die drei Emotionsbedingungen graphisch veranschaulicht. Es ist erkennbar, daß sich die stärksten Aktivierungsasymmetrien (größte Absolutwerte der Asymmetrie-Indizes) in der PST-Phase ergeben. In der PRE-Phase zeigen sich ausschließlich Unterschiede zwischen dem Index in der neutralen Bedingung und einer oder beiden der zwei anderen Emotionsbedingungen. Dies läßt den Schluß zu, daß in dieser Phase des Experiments die neutrale Bedingung deutlich von der positiven und der negativen Bedingung abweicht. Es ergeben sich jedoch für keines der Elektrodenpaare Unterschiede zwischen der positiven und der negativen Bedingung, mögliche Gründe dafür sind im Rahmen der varianzanalytischen Auswertung dargestellt (siehe Abschnitt 3.4.1). Anhand der Abbildungen für die PST-Phase nach der Bildpräsentation sind systematische Unterschiede zwischen den drei Experimentalbedingungen erkennbar. Der Asymmetrie-Index liegt in der positiven Bedingung für alle drei Elektrodenpaare relativ hoch, was überwiegende Aktivierung der linken Hemisphäre bedeutet. Der Index für die negative Bedingung liegt in allen drei Fällen deutlich erkennbar niedriger als die Indizes für positiv und neutral. Dies bedeutet, daß in der negativen Bedingung die rechte Hemisphäre im Vergleich zu den beiden anderen Bedingungen stärker aktiviert ist. Der Asymmetrie-Index fällt jedoch nicht unter den Nullpunkt, die in allen drei Bedingungen stärkere Aktivierung der linken im Vergleich zu rechten Hemisphäre bleibt für alle drei Elektrodenpaare erhalten. Dieses Muster überwiegend linkshemisphärischer Aktivierung, das auch anhand der Tabellen für die einzelnen Intervalle (siehe Tabelle 12, Tabelle 14 und Tabelle 17) erkennbar ist, ist nach Davidson (1995) für nicht-depressive Populationen charakteristisch.

Anhand von Abbildung 11 und Abbildung 12 ist jedoch auch zu erkennen, daß es für kein Elektrodenpaar in dieser Versuchsanordnung zu der von Davidson für die negative Bedingung vorausgesagten stärkeren rechtshemisphärischen Aktivierung kommt, der Asymmetrie-Index fällt nicht unter den Nullpunkt. Er nähert sich ihm nur an. Dies bestätigt die in Ergebnisse der varianzanalytischen Auswertung in Abschnitt 3.4.3.

4 Zusammenfassende Diskussion aller Daten des Experiments

In diesem Teil der Diskussion soll explizit auf die in Abschnitt 1 formulierten Hypothesen Bezug genommen werden. Anhand der in Abschnitt 3.1, Abschnitt 3.2 und Abschnitt 3.3 dargestellten Daten kann die erfolgreiche Emotionsinduktion belegt werden. Die Bilder werden im Bilder-Rating im Anschluß an den Versuch entsprechend den drei Emotionsbedingungen beurteilt. Die Selbstberichte zur Stimmung fallen ebenfalls entsprechend der vorangegangenen Experimentalbedingung aus. Durch das EMG des Korrugator-Muskels (positive Bedingung - Muskelentspannung, negative Bedingung - Muskelanspannung) werden die Rating-Daten bestätigt. Anhand dieser Befunde kann nicht nur davon ausgegangen werden, daß es sich bei den IAPS-Bildern um eine Möglichkeit zur sicheren und schnellen Emotionsinduktion handelt, das Korrugator-EMG hat sich zudem als zuverlässige Kontrollmöglichkeit einer erfolgreichen Emotionsinduktion erwiesen.

Die Hauptaussagen der Theorie Davidsons zur kortikalen Lateralisation von Emotionen können mit der vorliegenden Versuchsanordnung für den Fall einer kurzzeitigen Beeinflussung der Aktivierungsasymmetrie nur tendenziell bestätigt werden: Eine frontale Aktivierungsasymmetrie existiert und kann durch den Anteil an Alpha-Wellen im Spontan-EEG gemessen werden. Es ergeben sich jedoch nur hinsichtlich der Aktivierung der linken Hemisphäre systematische Unterschiede zwischen den Bedingungen. In der negativen Bedingung zeigt sich nicht die erwartete stärkere Aktivierung der rechten Hemisphäre. Außerdem ergeben sich in der vorliegenden Arbeit deutlich kleinere Aktivierungsunterschiede, als sie von Davidson (z.B. 1995) beschrieben werden. Für das Elektrodenpaar F3 - F4 gibt Davidson (1995) Aktivierungsunterschiede im Bereich von $0.1 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ an. In der vorliegenden Untersuchung können für dasselbe Elektrodenpaar und denselben Vergleich jedoch nur Unterschiede von $0.05 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ festgestellt werden. Dies könnte auch der Grund sein, warum die Unterschiede in der hemisphärischen Aktivierung zwischen der negativen und der positiven Bedingung nicht statistisch signifikant werden.

Die bestehende frontale Aktivierungsasymmetrie nach Davidson (1995) läßt sich kurzzeitig verändern: Die Erzeugung eines affektiv positiven Kontextes durch Bilder des IAPS-Systems führt in der Phase nach der Bilddarbietung zu einer vergleichsweise stärkeren Aktivierung der linken annäherungsorientierten Hemisphäre für Elektrodenpaare des frontalen Bereiches (F7 - F8 und F3 - F4). Eine selektive Aktivierung der rechten rückzugsorientierten Hemisphäre im Vergleich zur positiven Bedingung findet jedoch bei affektiv negativem Kontext nicht statt. Dieser Befund kann nicht durch erfolglose Emotionsinduktion erklärt werden, was anhand der Ratings und der EMG-Daten erkennbar ist.

In der vorliegenden Untersuchung gelingt also eine teilweise Bestätigung der Theorie Davidsons für den Bereich der kurzfristigen Beeinflussung der frontalen Aktivierungsasymmetrie. Daß der

von Davidson (1995) postulierte Effekt erst in der Phase nach der Bildpräsentation auftritt, liegt vermutlich daran, daß der Bildverarbeitungsprozeß zu einer starken Verminderung des Alpha-Anteils im EEG führt und eine asymmetrischen Aktivierung der Hemisphären (gemessen mit Hilfe der Alpha-Power) daher nicht erkennbar ist. Dies sollte jedoch anhand weiterer Untersuchungen überprüft werden. Außerdem sollte geklärt werden, warum der postulierte Aktivierungseffekt der rechten Hemisphäre bei affektiv negativem Kontext nicht auftritt.

4.1 Mögliche Erklärung für die valenzspezifische Aktivierungsasymmetrie

Obwohl in der vorliegenden Arbeit eine tendenzielle Bestätigung der Befunde Davidsons für den Bereich der kurzfristigen Veränderung der Aktivierungsasymmetrie gelungen ist, trägt dieses Ergebnis nicht zur Erklärung des Phänomens der valenzspezifischen Veränderung des frontalen Asymmetriemusters bei. Davidson begründet nur unzureichend, warum eine unterschiedliche Aktivierung der Hemisphären bei emotionaler Reizung im frontal-kortikalen Bereich sichtbar sein sollte.

Nach Panksepp (1989) spielt hemisphärische Spezialisierung vor allem im Bereich der kommunikativen Funktion von Emotionen eine Rolle. Eine Ursache der lateralisierten Spezialisierung könnte die Tatsache sein, daß das Herz auf der linken Körperseite sitzt. Die Spezialisierung der rechten kortikalen Hemisphäre auf defensives Verhalten, verbunden mit Angst, Panik und Rückzug, könnte daher rühren, daß die Verteidigung der linken (kardialen) Seite des Körpers einen Überlebensvorteil dargestellt haben könnte. Diese Spezialisierung auf defensives Verhalten könnte dazu geführt haben, daß die rechte Hand als diejenige hervorgegangen ist, die mit größerer Wahrscheinlichkeit in Kontakt mit der Umwelt tritt (Panksepp, 1989). Nachdem nach außen hin gerichtete Aktivitäten, zum Beispiel Jagen, Spielen und Annähern, positive, lebenserhaltende Aktivitäten sind, sollte ihre Ausführung mit positiven emotionalen Zuständen verbunden sein. Sie bilden die natürliche Disposition für die Verarbeitung positiver Gefühle in der linken Hemisphäre.

Für die Erklärung des Phänomens der Aktivierungsasymmetrie nach Davidson (z.B. 1995) könnten auch Befunde von Mishkin (z.B. Aggleton & Mishkin, 1986) wichtig sein, die sich im Rahmen der Untersuchung des visuellen Gedächtnisses bei Primaten gezeigt haben. Sie stießen auf zwei unterschiedliche Verbindungsstränge, die, ausgehend von den sensorischen Arealen, bis in das limbische System führen. Der ventrale Verbindungsstrang scheint auf die Wiedererkennung von Objekten spezialisiert. Die zweite, dorsale Nervenverbindung spielt eine bedeutende Rolle für die räumliche Wahrnehmung und die Koordination peripherer visueller Daten. Bear (1983) interpretiert diese Daten im Hinblick auf die Steuerung emotionaler Phänomene: Der ventrale Verbindungsstrang scheint demnach besonders wichtig zu sein, um die adaptive Signifikanz von Objekten zu erlernen, während der dorsale Strang vor allem für die Überwachung emotionaler Reaktio-

nen von Bedeutung sein soll. Bear (1983) betont in diesem Zusammenhang besonders die Wichtigkeit der frontalen Extensionen dieser beiden Nervenverbindungen. Diese funktionelle Differenzierung nach Bear (1983) zwischen ventralem und dorsalem System und die frontalen Extensionen könnten also auch eine schlüssige Begründung dafür darstellen, warum sich die valenzspezifische Aktivierung der Hemisphären ausschließlich im frontalen Bereich zeigt.

4.2 Ausblick

Trotz der tendenziell gelungenen Bestätigung der Ergebnisse Davidsons für einen Teilbereich seiner Theorie in der vorliegenden Untersuchung ist weitere Forschungsarbeit auf diesem Gebiet nötig. In weiteren Arbeiten wäre zum Beispiel zu klären, ob die Tatsache, daß die valenzspezifische Aktivierung erst in der Phase nach der Bildpräsentation auftritt, tatsächlich, wie hier vermutet, auf das Reizmaterial und die Präsentationszeit zurückgeführt werden kann. Außerdem sollten diese mit Hilfe des EEGs gewonnenen Ergebnisse durch bildgebende Verfahren, zum Beispiel PET oder fMRI, ergänzt werden. Dadurch könnte geklärt werden, ob die unterschiedliche Aktivierung der Hemisphären bei affektiv positivem Kontext nur im frontalen Bereich anhand des EEGs erkennbar ist oder ob sie tatsächlich in diesen Bereichen auftritt. Dies könnte dann möglicherweise auch erklären, warum sich dieser Effekt nur in den frontalen Arealen zeigt. Zudem sollte versucht werden, auch andere Aspekte der Theorie Davidsons zu replizieren. Es sollte zum Beispiel überprüft werden, ob die frontale Aktivierungsasymmetrie, gemessen in einer Baseline-Phase, tatsächlich Rückschlüsse auf Annäherungs- oder Rückzugstendenzen der Probanden bei Konfrontation mit emotionalen Reizen zuläßt. Gegenstand weiterer Forschung sollte auch die Eignung der frontalen Alpha-Asymmetrie nach Davidson als diagnostisches Mittel sein. Zum Beispiel sollte im Rahmen längsschnittlicher Untersuchungen geklärt werden, ob mit ihrer Hilfe eine Trennung zwischen Personen, die im Laufe ihres Lebens mit hoher Wahrscheinlichkeit klinische Depressionen entwickeln und solchen, die dies mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht tun, vorgenommen werden kann. In diesem Zusammenhang könnte auch weitere Untersuchungen an klinischen Probanden von Nutzen sein.

Sollte Davidsons Theorie weitere Bestätigung erfahren, so könnte die kurzfristige Beeinflussung der frontalen Aktivierungsasymmetrie neben dem EMG der Gesichtsmuskeln eine weitere Möglichkeit zur Überprüfung einer erfolgreichen Emotionsinduktion im Rahmen der weiteren Erforschung von Emotionen dienen. Vielleicht wäre dies ein weiterer Schritt auf dem Weg hin zu einer erfolgreicherer wissenschaftlichen Untersuchung emotionaler Phänomene.

Literaturverzeichnis

- Aggleton, J.P. & Mishkin, M. (1986). The amygdala: sensory gateway to the emotions. In R.Plutchik & H. Kellerman (Eds.), *Emotion: Theory, research and experience*, Vol 3, pp. 281-299. New York: Academic Press.
- Ahern, G.L., Herring, A.M., Tackenberg, J.N., Schwartz, G.E., Seeger, J.F., Labiner, D.M., Weinand, M.E. & Oommen, K.J (1994). Affective self-report during the intracarotid sodium amobarbital test. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, **16** (3), 372-376.
- Ahern, G.L. & Schwartz, G.E. (1985). Differential lateralization for positive and negative emotion in the human brain: EEG spectral analysis. *Neuropsychologia*, **23**, 745-756.
- Bear, D.M. (1983). Hemispheric specialization and the neurology of emotion. *Archives of Neurology*, **40**, 195-202.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R.F. (1996). *Biologische Psychologie* (3.Auflage). Berlin: Springer Verlag.
- Bryden, M.P. (1982). *Laterality: Functional asymmetry in the intact brain*. New York: Academic Press.
- Collet, L. & Duclaux, R. (1987). Hemispheric lateralization of emotions: Absence of electrophysiological arguments. *Physiology and Behavior*, **40** (2), 215-220.
- Davidson, R.J. (1988). Cerebral asymmetry, affective style and psychopathology. In M. Kinsbourne (Ed.), *Cerebral hemisphere function in depression*, pp. 3-22. Washington, D.C.: American Psychiatric Association.
- Davidson, R.J. (1991). Cerebral asymmetry and affective disorders: A developmental perspective. In D. Cicchetti & S.L. Toth (Eds.), *Internalizing and externalizing expressions of dysfunction*. Rochester Symposium on Developmental Psychopathology, Vol. 2, pp. 123-154. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Davidson, R.J. (1992a). Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain and Cognition*, **20** (1), 125-151.
- Davidson, R.J. (1992b). Emotion and affective style: Hemispheric substrates. *Psychological Science*, **3** (1), 39-43.

- Davidson, R.J. (1992c). Prolegomenon to the structure of emotion: Gleanings from neuropsychology. *Cognition and Emotion*, **6** (3/4), 245-268.
- Davidson, R.J. (1994a). Asymmetric brain function, affective style, and psychopathology: The role of early experience and plasticity. Special Issue: Neural plasticity, sensitive periods, and psychopathology. *Development and Psychopathology*, **6** (4), 741-758.
- Davidson, R.J. (1994b). On emotion, mood, and related affective constructs. In P. Ekman & R.J. Davidson (Eds.), *The nature of emotion*, pp. 51-55, New York: Oxford University Press.
- Davidson, R.J. (1995). Cerebral asymmetry, emotion and affective style. In R.J. Davidson & K. Hugdahl (Eds.), *Brain asymmetry*, pp. 361-387. Cambridge, MA: MIT Press.
- Davidson, R.J., Chapman, J.P., Chapman, L.J. & Henriques, J.B. (1990). Asymmetrical brain electrical activity discriminates between psychometrically-matched verbal and spatial cognitive tasks. *Psychophysiology*, **27** (5), 528-543.
- Davidson, R.J., Ekman, P., Saron, C.D., Senulis, J.A. & Friesen, W.V. (1990). Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: Emotional expression and brain physiology I. *Journal of Personality and Social Psychology*, **58** (2), 330-341.
- Davidson, R.J. & Fox, N.A. (1989). Frontal brain asymmetry predicts infants' response to maternal separation. *Journal of Abnormal psychology*, **98** (2), 127-131.
- Davidson, R.J., Schwartz, G.E., Pugash, E. & Bromfield, E. (1976). Sex differences in patterns of EEG asymmetry. *Biological Psychology*, **4**, 119-138.
- Davidson, R.J., Taylor, N. & Saron, C. (1979). Hemisphericity and styles of information processing: individual differences in EEG asymmetry and their relationship to cognitive performance. *Psychophysiology*, **16**, 197.
- Dimberg, U. (1990). Facial electromyography and emotional reactions. *Psychophysiology*, **27** (5), 481-494.
- P. Ekman & R.J. Davidson (Eds.) (1994). *The nature of emotion*. New York: Oxford University Press.
- Ekman, P., Davidson, R.J. & Friesen, W.V. (1990). The Duchenne smile: emotional expression and brain physiology, II. *Journal of Personality and Social Psychology*, **58**, 342-353.

- Ekman, P. & Friesen, W.V. (1976). Measuring facial movement. *Journal of Environmental Psychology and Nonverbal Behavior*, **1**, 56-75.
- Ekman, P. & Friesen, W.V. (1978). *The facial action coding system*. Palo Alto, CA.:Consulting Psychologists Press.
- Fridlund, A.J. & Cacioppo, J.T. (1986). Guidelines for human electromyographic research. *Psychophysiology*, **23**, 567-589.
- Gahr, M. (1996). Neurale Grundlagen von Motivation und Emotion. In Dudel, J., Menzel, R. & Schmidt, R.F., *Neurowissenschaft: Vom Molekül zur Kognition*. Berlin: Springer-Verlag, Kap.22, pp. 463-484.
- Gainotti, G. (1972). Emotional behavior and hemispheric side of lesion. *Cortex*, **8**, 41-55.
- Gainotti, G. (1989). Disorders of emotions and affect in patients with unilateral brain damage. In F. Boller & J. Grafman (Eds.), *Handbook of neuropsychology*, Vol. 3, pp. 345-361. Amsterdam: Elsevier.
- Greenwald, M.K., Cook, E.W. & Lang, P.J. (1989). Affective judgment and psychophysiological response: Dimensional covariation in the evaluation of pictorial stimuli. *Journal of Psychophysiology*, **3**, 51-64.
- Hamm, A.O. & Vaitl, D. (1993). Emotionsinduktion durch visuelle Reize: Validierung einer Stimulationsmethode auf drei Reaktionsebenen. *Psychologische Rundschau*, **44**, 143-161.
- Henriques, J.B. & Davidson, R.J. (1991). Left frontal hypoactivation in depression. *Journal of Abnormal Psychology*, **100**, 535-545.
- Horel, J.A., Keating, E.G. & Misantone, L.J. (1975). Partial Klüver-Bucy syndrome produced by destroying temporal neocortex or amygdala. *Brain Research*, **94**, 349-359.
- Horel, J.A. & Pytko, D.E. (1982). Behavioral effect of local cooling in temporal lobe of monkeys. *Journal of Neurophysiology*, **47**, 11-22.
- Hugdahl, K. (1995). *Psychophysiology - The mind-body perspective*. Cambridge (Mass.): Harvard University Press.
- Jacobs, G.D. & Snyder, D. (1996). Frontal brain asymmetry predicts affective style in men. *Behavioral Neuroscience*, **110** (1), 3-6.

- Janke, W. & Debus, G. (1978). *Die Eigenschaftswörterliste (EWL)*. Göttingen: Dr. C.J. Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Jaspers, H.H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **10**, 371-375.
- Kang, D., Davidson, R.J., Coe, C.L., Wheeler, R.E., Tomarken, A.J. & Ershler, W.B. (1991). Frontal brain asymmetry and immune function. *Behavioral Neuroscience*, **105**, 860-869.
- Kinsbourne, M. (1978). Biological determinants of functional bisymmetry and asymmetry. In M. Kinsbourne (Ed.), *Asymmetrical function of the brain*, pp. 3-13. New York: Cambridge University Press (reprinted 1979).
- Kolb, B. & Whishaw, I.Q. (1993). *Neuropsychologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Kowner, R. (1995). Laterality in facial expressions and its effect on attributions of emotion and personality: A reconsideration. *Neuropsychologia*, **33** (5), 539-559.
- Lang, P.J., Bradley, M.M. & Cuthbert, B.N. (1990). Emotion, attention and the startle reflex. *Psychological Review*, **97**, 377-395.
- Lang, P.J., Bradley, M.M. & Cuthbert, B. (1995). *International Affective Picture System (IAPS): Technical manual and affective ratings*. Gainesville, FL: NIMH Center for the Study of Emotion and Attention (CSEA), University of Florida.
- Lang, P.J., Greenwald, M.K., Bradley, M.M. & Hamm, A.O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral and behavioral reactions. *Psychophysiology*, **30**, 261-273.
- Lindsley, D.B. & Wicke J.D. (1974). The electroencephalogram: Autonomous electrical activity in man and animals. In R.F. Thompson & M.M. Patterson (Eds.), *Bioelectric recording techniques* (Part B). New York: Academic Press (unvollständige Literaturangabe).
- Lipsey, J.R., Spencer, W.C., Rabins, P.V. & Robinson, R.G. (1986). Phenomenological comparison of poststroke depression and functional depression. *American Journal of Psychiatry*, **143**, 527-529.
- Loring, D.W., Meador, K., Lee, G., Murro, A., Smith, J., Flanigin, H., Gallagher, B. & King, D. (1990). Cerebral language lateralization: evidence from intracarotid amobarbital testing. *Neuropsychologia*, **28**, 831-838.

Luciano, D.J., Devinsky, O. & Perrine, K. (1993). Crying seizures. *Neurology*, **43** (10), 2113-2117.

Meinhardt, J. (1998). *Emotionen und kognitive Verarbeitungskapazität: Untersuchung mit ereigniskorrelierten EEG-Potentialen*. Aachen: Shaker Verlag.

Meyers, M. & Smith, B.D. (1986). Hemispheric asymmetry and emotion: Effects of nonverbal affective stimuli. *Biological Psychology*, **22** (1), 11-22.

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

Panksepp, J. (1989). The neurobiology of emotions: Of animal brains and human feelings. In Wagner, H. & Manstead, A. (Eds.), *Handbook of social psychophysiology*, pp. 5-26. Chichester: John Wiley & Sons.

Pekrun, R. (1988). *Emotion, Motivation und Persönlichkeit*. München und Weinheim: Psychologie Verlags-Union.

Pekrun, R. (1992). The impact of emotions on learning and achievement: Towards a theory of cognitive / motivational mediators. *Applied Psychology: An international Review*, **41**, 359-376.

Perini, G. & Mendius, R. (1984). Depression and anxiety in complex partial seizures. *Journal of Nervous and Mental Disease*, **172** (5), 287-290.

Rasmussen, T. & Milner, B. (1977). The role of early left-brain injury in determining lateralization of cerebral speech functions. In S. Dimond & D. Blizard (Eds.), *Evolution and lateralization of the brain*. New York: New York Academy of Sciences.

Robinson, R.G., Kubos, K.L., Starr, L.B., Rao, K. & Price, T.R. (1984). Mood disorders in stroke patients: Importance of location of lesion. *Brain*, **107**, 81-93.

Rohen, J.W. (1994). *Funktionelle Anatomie des Nervensystems*. 5. Auflage. Stuttgart: Schattauer.

Sackeim, H.A., Weinman, A.L., Gur, R.C., Greenberg, M., Hungerbuhler, J.P. & Geschwind, N. (1982). Pathological laughing and crying: Functional brain asymmetry in the expression of positive and negative emotions. *Archives of Neurology*, **39**, 210-218.

Schandry, R. (1989). *Lehrbuch der Psychophysiologie* (2.Auflage). Weinheim: Psychologie Verlags-Union.

- Schachter, S. & Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, **69**(5), 379-399.
- Scherer, K.R. (1990). Theorien und aktuelle Probleme der Emotionspsychologie. In K.R. Scherer (Hrsg.), *Psychologie der Emotionen, Enzyklopädie der Psychologie, Serie IV, Band 3: Motivation und Emotion*, pp. 1-38. Göttingen: Hogrefe.
- Schmidt-Atzert, L. (1996). *Lehrbuch der Emotionspsychologie*. Stuttgart: Kohlhammer Verlags GmbH.
- Schneirla, T.C. (1959). An evolutionary and developmental theory of biphasic processes underlying approach and withdrawal. In M.R. Jones (Ed.), *Nebraska symposium on motivation*. Lincoln, NE: University of Nebraska Press.
- Shagass, C. (1972). Electrical activity of the brain. In N.S. Greenfield & R.A. Sternbach (Eds.), *Handbook of Psychophysiology* (Kapitel 7), pp. 263-328. New York: Holt, Rinehart and Winston Inc.
- Silberman, E.K., Weingartner, Stillman, Chen und Post et al. (1983). Altered lateralization of cognitive processes in depressed women. *American Journal of Psychiatry*, **140** (10), 1340-1344.
- Silberman, E.K. & Weingartner, H. (1986). Hemispheric lateralization of functions related to emotion. *Brain and Cognition*, **5**, 322-353.
- Sobotka, S.S., Davidson, R.J. & Senulis, J.A. (1992). Anterior brain electrical asymmetries in response to reward and punishment. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **83** (4), 236-247.
- Springer, S.P. & Deutsch, G. (1995). *Linkes rechtes Gehirn* (3.Auflage). Heidelberg: Spektrum akademischer Verlag.
- Stellar, J.R. & Stellar, E. (1985). *The neurobiology of motivation and reward*. New York, NY: Springer-Verlag.
- Stemmler, G. (1998). Emotionen. In F. Rösler (Hrsg.), *Ergebnisse und Anwendungen der Psychophysiologie, Enzyklopädie der Psychologie, Serie I, Band 5: Biologische Psychologie*, pp. 95-163. Göttingen: Hogrefe.
- Tomarken, A.J. & Davidson, R.J. (1994). Frontal brain activation in repressors and nonrepressors. *Journal of Abnormal Psychology*, **103** (2), 339-349.

- Tomarken, A.J., Davidson, R.J. & Henriques, J.B. (1990). Frontal brain asymmetry predicts affective responses to films. *Journal of Personality and Social Psychology*, **59** (4), 791-801.
- Tomarken, A.J., Davidson, R.J., Wheeler, R.E. & Doss, R.C. (1992). Individual differences in anterior brain asymmetry and fundamental dimensions of emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, **62** (4), 676-687.
- Tomarken, A.J., Davidson, R.J., Wheeler, R.E. & Kinney, L. (1992). Psychometric properties of resting anterior EEG asymmetry: Temporal stability and internal consistency. *Psychophysiology*, **29** (5), 576-592.
- Tucker, D.M. (1981). Lateral brain function, emotion and conceptualization. *Psychological Bulletin*, **89**, 19-46.
- Tucker, D.M. & Frederick, S.L. (1989). Emotion and brain lateralization. In H. Wagner & A. Manstead (Eds.), *Handbook of social psychophysiology*, pp. 27-70. Chichester: John Wiley & Sons.
- Tucker, D.M., Stenslie, C.E., Roth, R.S. & Shearer, S.L. (1981). Right frontal lobe activation and right hemisphere performance decrement during a depressed mood. *Archives of General Psychiatry*, **38**, 169-174.
- Tucker, D.M. & Williamson, P.A. (1984). Asymmetric neural control systems in human self-regulation. *Psychological Review*, **91**, 185-215.
- Wada, J.A. & Rasmussen, T. (1960). Intracarotid injection of sodium amytal for the lateralization of cerebral speech dominance: Experimental and clinical observations. *Journal of neurosurgery*, **17**, 266-282.
- Wheeler, R.E., Davidson, R.J. & Tomarken, A.J. (1993). Frontal brain asymmetry and emotional reactivity: A biological substrate of affective style. *Psychophysiology*, **30**, 82-89.

5 Anhang

Daten der Versuchspersonen

Tabelle 21: Alter¹ und Oldfield-Indizes² der Versuchspersonen

Versuchs- person	Alter ¹	Oldfield- Index ²	Versuchs- person	Alter ¹	Oldfield- Index ²
Vp01	20	53	Vp11	20	53
Vp02	21	58	Vp12	21	57
Vp03³	22	55	Vp13	25	45
Vp04	36	50	Vp14	20	53
Vp05	21	24	Vp15	53	21
Vp06	33	56	Vp16	21	54
Vp07	23	58	Vp17	22	50
Vp08	20	55	Vp18	20	57
Vp09	21	48	Vp19	33	56
Vp10	20	57	Vp20	24	58

¹ eigene Angaben

² nach Oldfield (1971), maximale Punktzahl: 60

³ fett gedruckt: Versuchspersonen, deren Daten auch für die EEG-Auswertung berücksichtigt wurden

Erfassung der Händigkeit

Der von Oldfield (1971) verwendete Fragebogen wird ins Deutsche übersetzt und für die Präsentation auf dem Computerbildschirm bearbeitet. Die 12 Fragen lauten nun:

1. Welche Hand benutzen Sie zum Schreiben ?
2. Welche Hand benutzen Sie zum Zeichnen ?
3. Welche Hand benutzen Sie zum Werfen ?
4. Welche Hand benutzen Sie, wenn Sie mit einer Schere schneiden ?
5. In welcher Hand halten Sie die Zahnbürste, wenn Sie sich die Zähne putzen ?
6. In welcher Hand halten Sie beim Essen das Messer, wenn Sie keine Gabel in der Hand haben ?
7. In welcher Hand halten Sie beim Essen den Löffel ?
8. Welches ist die obere Hand, wenn Sie einen Besen umfassen ?
9. In welcher Hand halten Sie ein Streichholz, wenn Sie es anzünden wollen ?
10. In welcher Hand halten Sie den Deckel, wenn Sie eine Schachtel öffnen ?
11. Mit welchem Fuß treten Sie vorzugsweise nach einem Ball ?
12. Welches Auge benutzen Sie vorzugsweise, wenn Sie nur eines benutzen dürfen (z.B. beim Fotografieren) ?

Als Antwortmöglichkeiten sind, analog zu der bei Oldfield (1971) verwendeten Skala, (1) *immer die linke*, (2) *eher die linke*, (3) *beide Hände*, (4) *eher die rechte* und (5) *immer die rechte* vorgegeben, bei Frage 11 wurde (3) durch *beide Füße* und bei 12 durch *beide Augen* ersetzt. Der Oldfield-Index wird durch Aufsummieren der Antwort-Punktzahlen berechnet, wobei der Antwort „immer die rechte“ der Punktwert 5 zugeordnet wird, „eher die rechte“ 2 usw. Es werden nur die Daten der Versuchspersonen in die Auswertung miteinbezogen, die einen Händigkeitssummen-Score von mindestens 38 von maximal 60 Punkten erreichen, also zumindest in den meisten Fällen für die vorgegebenen Tätigkeiten die rechte Hand benutzen.

Erfassung der momentanen Stimmung

Zu Erfassung der momentanen Stimmung im Selbstbericht werden die folgenden Items aus der Eigenschaftswörterliste (Janke und Debus, 1978) ausgewählt: *glücklich*, *heiter*, *fröhlich*, *zufrieden* und *gut gelaunt* aus der Subskala *Gehobene Stimmung*, *ängstlich* aus der Subskala *Ängstlichkeit*, *traurig* und *elend* aus der Subskala *Deprimiertheit* und *ärgerlich* aus der Subskala *Ärger*. Weiterhin werden die Items *angeekelt* sowie *gelangweilt* erhoben. Diese Items sollen die grundlegenden Emotionen weitgehend abdecken. Alle Items werden mit einer state-Instruktion (Fühlen Sie sich im Moment..... ?) präsentiert. Zur Beantwortung steht den Versuchspersonen eine neunstufige Skala zur Verfügung, die von (1) *sehr stark* bis (9) *sehr schwach* reicht.

Versuchsprotokoll

VERSUCHSPROTOKOLL DAVIDSON-PARADIGMA

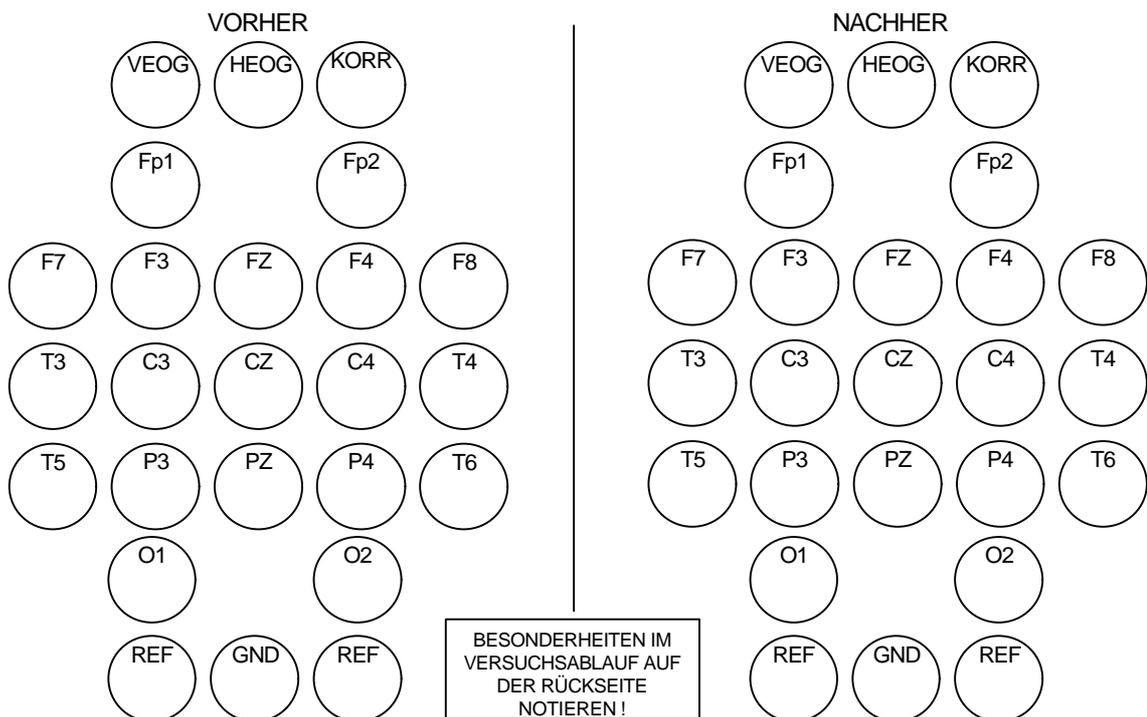
Reihenfolge der Emotionsbedingungen

P N B	N P B	B N P
P B N	N B P	B P N

Datum	Zeit	Zahl der Termine	Versuchsleiter/in
Vpn Nr.	Name		Telefonnummer
Geburtsdatum / Alter	Geschlecht weiblich männlich	Händigkeit (eigene Angabe)	Index Oldfield
Studienfach		Semester	
Sehhilfe:	- ja	- nein	In den letzten 24 Stunden Alkohol / Drogen / Medikamente: - nein - ja, wieviel / was:
wenn ja, Art:	- Brille	- Linsen	
Sehschärfe:	- ausreichend	- Mängel:	

fühlt sich gesundheitlich beeinträchtigt: - stark - etwas - nicht wodurch: _____	fühlt sich dadurch beeinträchtigt: - stark - etwas - nicht
Angst: - viel - etwas - keine	Wachheit: - schläfrig - wach - aufgeregt

IMPEDANZEN



Instruktionen

Die Instruktionen sind in der Reihenfolge der experimentellen Durchgänge aufgeführt.

Instruktion für die Erfassung der Händigkeit

Liebe Versuchsperson !

Nach dem Übungsdurchgang mit zwei Beispielen werden Ihnen gleich auf dem Bildschirm nacheinander 12 Fragen präsentiert. Anhand von diesen Fragen soll festgestellt werden, wie stark Sie welche Hand/Körperseite bei bestimmten Tätigkeiten bevorzugen.

Bitte lesen Sie die Fragen genau durch und versuchen Sie, sich die Situation vorzustellen.

Sollte Ihnen das nicht gelingen, nehmen Sie bitte eines der Demonstrationsobjekte zur Hand.

Dann entscheiden Sie bitte, mit welcher Hand Sie die Tätigkeit normalerweise ausführen.

Wenn sie die Tätigkeit zum Beispiel immer mit der rechten Hand ausführen und nie die linke benutzen würden, außer Sie wären z.B. durch eine Verletzung dazu gezwungen, kreuzen Sie bitte „immer die rechte“ (5) an.

Wenn Sie zwar meist nur die rechte Hand benutzen, aber manchmal auch problemlos die linke verwenden können, dann kreuzen Sie bitte „eher die rechte“ (4) an. Dasselbe gilt dann, wenn Sie zum Beispiel immer die linke Hand verwenden (1) oder meist die linke (2).

Nur wenn Sie mit beiden Händen die Tätigkeit gleich gut ausführen können, es also egal ist, welche Hand Sie benutzen, dann kreuzen Sie bitte „beide Hände“ (3) an.

Ihre Antwort können Sie mit Hilfe der Tastenbox auf der Skala unterhalb der Frage eingeben. Mit der linken Taste der Tastenbox können Sie den Cursor nach links, mit der rechten Taste nach rechts bewegen. Wenn Sie die gewünschte Position gefunden haben, bestätigen Sie Ihre Eingabe bitte mit der mittleren Taste.

Sollten Sie die beschriebene Tätigkeit noch nie ausgeführt haben oder etwas nicht verstehen, wenden Sie sich bitte an die Versuchsleiterin.

Vielen Dank für Ihre Mithilfe !

Instruktion für die Erfassung der selbstberichteten Stimmung

Liebe Versuchsperson !

Auf dem Bildschirm werden Ihnen gleich zwölf Fragen gestellt, die Sie bitte mit Hilfe der Tastenbox auf einer Skala beantworten, die neun Stufen hat.

Bitte lesen Sie die Fragen immer erst sorgfältig, bevor Sie Ihre Antwort eingeben.

Bei der ersten Frage sollen Sie angeben, wie stark innerlich „beruhigt“ oder „erregt“ Sie sich im Moment fühlen. „Innerlich erregt“ ist hier im positiven wie im negativen Sinne gemeint: Man kann „innerlich erregt“ sein, weil man sich zum Beispiel sehr auf Weihnachten freut oder einem beim Anblick einer leckeren Pizza das Wasser im Munde zusammenläuft. Im negativen Sinne „innerlich erregt“ wäre man zum Beispiel dann, wenn man ein mißhandeltes Kind sieht und sich eher über etwas „aufregt“. Mit „innerlich erregt“ sind also all diejenigen Gefühle gemeint, die man eher körperlich spürt, positiv, wenn man zum Beispiel „freudig-aufgeregt“ ist, „angenehm-angeregt“ oder „zappelig vor Freude“, negativ, wenn man „nervös-aufgeregt“ ist, „ängstlich-aufgeregt“, „wütend-aufgeregt“ oder „wütend-erregt“.

Mit „innerlich beruhigt“ ist das Gegenteil gemeint: man sieht zum Beispiel eine Blumenwiese mit einem hindurchfließenden Bach und fühlt sich „angenehm-entspannt“, oder man sieht einen Käfer, den man zwar nicht besonders mag, der einen aber innerlich unberührt, „kalt-ruhig“ läßt. Auch „innerlich beruhigt“ ist im positiven wie im negativen Sinne gemeint.

Danach werden Ihnen auf dem Bildschirm nacheinander 11 Eigenschaftswörter präsentiert.

Bitte lesen Sie die Eigenschaftswörter immer erst sorgfältig, bevor Sie Ihre Antwort eingeben.

Geben Sie bitte auf der Skala darunter mit Hilfe der Tastenbox an, wie stark sie jeweils auf Ihren **momentanen Gefühlszustand** zutreffen.

Trifft das Eigenschaftswort überhaupt nicht auf Ihren momentanen Gefühlszustand zu und fühlen Sie sich zum Beispiel „gar nicht mutig“, kreuzen Sie bitte „gar nicht“ (1) an. Trifft es genau auf Ihren momentanen Gefühlszustand zu und fühlen Sie sich zum Beispiel „sehr mutig“, dann kreuzen Sie bitte „sehr“ (9) an. Die Mitte der Skala liegt bei (5).

Mit der linken Taste der Tastenbox können Sie den Cursor nach links, mit der rechten Taste nach rechts bewegen. Wenn Sie die gewünschte Position gefunden haben, bestätigen Sie Ihre Eingabe bitte mit der mittleren Taste.

Bitte beurteilen Sie nur, wie Sie sich **augenblicklich** fühlen. Es kommt nicht darauf an, wie Sie sich allgemein oder gelegentlich fühlen.

Überlegen Sie nicht, welche Antwort den besten Eindruck machen könnte, antworten Sie so, wie Ihr Befinden augenblicklich ist. Die Versuchsleiter sind selbstverständlich auch hinsichtlich dieser Angaben zu absolutem Stillschweigen verpflichtet.

Denken Sie bitte nicht zu lange über ein Wort nach, sondern geben Sie bitte die Antwort, die Ihnen unmittelbar in den Sinn kommt.

Sollte Ihnen die Antwort einmal schwerfallen, so entscheiden Sie sich für die Antwortmöglichkeit, die am ehesten zutreffen könnte.

Bitte lassen Sie kein Wort aus, entscheiden Sie sich immer möglichst schnell.

Sollten Sie etwas nicht verstehen oder noch Fragen haben, wenden Sie sich bitte an die Versuchsleiterin!

Vielen Dank für ihre Mithilfe !

Instruktion zum Experiment

Liebe Versuchsperson !

In diesem Experiment untersuchen wir, wie Bilder mit unterschiedlichen Inhalten von Ihnen wahrgenommen werden und wie sich diese Wahrnehmung auswirkt.

Alle wichtigen Anweisungen erscheinen auf dem Computermonitor.

Vor jeder neuen Phase des Experiments ist ein Übungsdurchgang, in dem Sie sich mit dem Ablauf des nachfolgenden Teils vertraut machen können.

Mit Hilfe der Tastenbox können Sie sich in Ihrem eigenen Tempo durch das Experiment bewegen und Antworten auf Fragen am Bildschirm eingeben: Mit der linken Taste der Tastenbox können Sie den Cursor nach links, mit der rechten Taste nach rechts bewegen. Wenn Sie die gewünschte Position gefunden haben, bestätigen Sie Ihre Eingabe bitte mit der mittleren Taste. Mit der mittleren Taste können Sie den jeweils nächsten Durchgang starten.

Die Untersuchung besteht aus mehreren Teilen:

A Voruntersuchungen (Fragen zur Händigkeit, Fragen zur momentanen Stimmung: schon absolviert)

B Eigentliches Experiment

Immer dann, wenn Sie auf dem Bildschirm entweder ein Kreuz oder ein Bild sehen, werden Daten aufgezeichnet. Gleichzeitig mit dem Auftauchen des Kreuzes zu Beginn eines jeden Trials hören Sie einen Ton, der Ihnen anzeigen soll, daß jetzt die Datenaufzeichnung beginnt.

Da jede Bewegung Daten unbrauchbar macht, sollten Sie versuchen, sich möglichst ruhig zu halten, die Augen nicht zu bewegen und auch nicht zu Blinzeln. Das gilt auch für die Phasen mit geschlossenen Augen.

Aufgabe ohne Bilder:

Sie besteht aus 12 Blöcken, die jeweils 45 Sekunden dauern.

Je nach Anweisung auf dem Bildschirm sollen Sie Ihre Augen entweder geöffnet halten und auf ein Kreuz in der Mitte des Bildschirms blicken oder die Augen schließen.

Sobald Sie bereit sind, öffnen oder schließen Sie bitte Ihre Augen, entspannen sich und starten den Block dann mit der mittleren Taste der Tastenbox. Sie hören den Ton, gleichzeitig erscheint das Fixationskreuz. Im Trial mit geschlossenen Augen hören Sie nur den Ton zu Beginn des Trials, ein höherer Ton zeigt Ihnen das Ende des Blocks an. Dann dürfen Sie Ihre Augen wieder öffnen.

Aufgaben mit Bildern:

Sie werden dann drei Blöcke mit Bildern sehen, von denen manche (in nur einem der drei Blöcke) auch unangenehm/häßlich sein können. Bitte fragen Sie die Versuchsleiterin nach der Reihenfolge der Blöcke. Innerhalb eines Blocks mit zum Beispiel schönen Bildern tauchen NIE häßliche Bilder auf, dasselbe gilt für alle anderen Blöcke: es kommen immer nur gleichartige Bilder innerhalb eines Blocks vor.

Vor jedem Bild erscheint jeweils ein blaues Kreuz in der Mitte des Bildschirms, gleichzeitig hören Sie den Ton. Die Datenaufzeichnung beginnt dann. Bitte richten Sie Ihren Blick auf das Kreuz aus und versuchen Sie, sich nicht zu bewegen und nicht zu blinzeln. Nach dem Kreuz erscheint das Bild.

Bitte richten Sie Ihren Blick ungefähr auf die Bildmitte aus (wo vorher das Kreuz war), lassen das Bild als Ganzes möglichst intensiv auf sich wirken und versuchen Sie, sich in das Dargestellte hineinzusetzen. Nachdem das Bild verschwunden ist, erscheint wieder ein Kreuz, auf das Sie bitte Ihren Blick ausrichten.

Danach bleibt der Bildschirm für kurze Zeit schwarz: Sie können diese Zeit zum Blinzeln/Bewegen nutzen. Dann erscheint das nächste blaue Kreuz mit Ton, das nächste Bild, das nächste Kreuz,

C Rating der Bilder

Hierzu erhalten Sie eine gesonderte Instruktion.

Mehrmals während des Experiments sollen Sie angeben, wie Sie sich momentan fühlen. Der Ablauf ist der selbe wie in der Voruntersuchung. Sollten Sie sich unsicher sein, lesen Sie bitte die „Instruktion EMO“ durch.

Die einzelnen Teile des Experiments sind jeweils durch Pausen getrennt, die sechs Minuten dauern. Während dieser Pausen sollten Sie versuchen, sich möglichst zu entspannen. Die Pausen können NICHT verkürzt werden, auch wenn Sie sich vielleicht langweilen sollten.

Sollten Sie etwas nicht verstehen oder Fragen zum Experiment haben, wenden Sie sich bitte an die Versuchsleiterin!

Vielen Dank für Ihre Mithilfe, und viel Erfolg im Experiment!!!!

Instruktion zur Rating-Phase

Liebe Versuchsperson !

In diesem Teil der Untersuchung, dem Rating, geht es darum, wie Sie die dargebotenen Bilder empfunden haben.

Alle notwendigen Anweisungen werden auf dem Bildschirm angezeigt. Ihre Antworten können Sie mit Hilfe der Tastenbox eingeben.

Sie werden nach einem kurzen Übungsdurchgang alle Bilder aus dem Experiment in zufälliger Reihenfolge noch einmal sehen.

Wenn das Bild auf dem Monitor erscheint, betrachten Sie es bitte im Ganzen.

Danach sehen Sie nacheinander zwei Fragen, die Sie auf einer neun-Punkte-Skala beantworten sollen:

Bei der ersten Frage sollen Sie angeben, als wie angenehm oder unangenehm Sie das vorher gezeigte Bild empfunden haben. Haben Sie zum Beispiel das Bild im großen und ganzen als sehr angenehm empfunden, kreuzen Sie bitte „sehr angenehm“ (9) an. Haben Sie das Bild im großen und ganzen als sehr unangenehm empfunden, kreuzen Sie bitte „sehr unangenehm“ (1) an. Wenn Sie das Bild insgesamt weder als angenehm noch als unangenehm empfunden haben, machen Sie Ihr Kreuz bitte in die Mitte der Skala bei (5).

Bei der zweiten Frage sollen Sie angeben, wie stark „innerlich beruhigend“ oder „innerlich erregend“ im positiven wie im negativen Sinne Sie das vorher gezeigte Bild empfunden haben. Man kann „innerlich erregt“ sein, weil man sich zum Beispiel sehr über etwas freut. Im negativen Sinne „innerlich erregt“ wäre man zum Beispiel dann, wenn man sich eher über etwas „aufregt“. Mit „innerlich erregt“ sind also all diejenigen Gefühle gemeint, die man eher körperlich spürt, positiv, wenn man zum Beispiel „freudig-aufgeregt“ ist, „angenehm-angeregt“ oder „zappelig vor Freude“, negativ, wenn man „nervös-aufgeregt“ ist, „ängstlich-aufgeregt“, „wütend-aufgeregt“ oder „wütend-erregt“.

Mit „innerlich beruhigt“ ist das Gegenteil gemeint: man sieht zum Beispiel eine Blumenwiese und fühlt sich „angenehm-entspannt“, oder man sieht einen Käfer, den man zwar nicht besonders mag, der einen aber innerlich unberührt, „kalt-ruhig“ läßt.

Mit der linken Taste der Tastenbox können Sie den Cursor nach links, mit der rechten Taste nach rechts bewegen. Wenn Sie die gewünschte Position gefunden haben, bestätigen Sie Ihre Eingabe bitte mit der mittleren Taste.

Wenn Sie noch Fragen haben, wenden Sie sich bitte an die Versuchsleiterin!

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

Bilder der Emotionsbedingungen

Tabelle 22: Bilder der Emotionsbedingungen (Angaben nach Lang et al., 1995)¹

Nummer (im IAPS-Set)	Set	Name	Nummer (im Versuch)	Valenz		Erregung	
				M	SD	M	SD
Übungsdurchgang							
8470	6	Gymnast	t001	7.94	(1.75)	5.98	(2.20)
1650	1	Jaguar	t002	6.49	(2.37)	6.05	(2.00)
1120	3	Snake	t003	3.03	(1.74)	7.20	(1.86)
7350	4	Pizza	t004	7.11	(1.89)	4.67	(2.21)
Neutrale Bedingung							
2190	4	Man	b001	4.90	(1.31)	2.50	(1.86)
2381	9	Girl on phone	b002	5.03	(1.34)	2.50	(1.76)
7002	7	Towel	b003	5.03	(0.98)	6.44	(1.90)

5500	1	Mushroom	b004	5.34	(1.49)	3.18	(2.25)
2840	6	Chess	b005	4.90	(1.23)	2.55	(1.76)
2880	9	Shadow	b006	5.22	(1.79)	3.17	(1.94)
4605	10	Couple	b007	5.34	(1.22)	3.36	(1.69)
5530	1	Mushroom	b008	5.44	(1.57)	2.87	(2.12)
5740	10	Plant & soil	b009	5.33	(1.47)	2.79	(2.16)
6150	3	Outlet	b010	5.00	(1.21)	2.89	(1.87)
7000	2	Rolling pin	b011	5.06	(1.10)	2.15	(1.70)
7004	9	Spoon	b012	5.14	(0.59)	1.94	(1.60)
7010	1	Basket	b013	4.92	(0.48)	1.97	(1.58)
7050	2	Hair dryer	b014	5.04	(0.87)	2.90	(1.82)
7080	1	Fork	b015	5.10	(0.88)	2.67	(1.99)
7090	1	Book	b016	5.44	(1.35)	2.92	(2.15)
7130	3	Truck	b017	4.75	(0.94)	3.20	(1.80)
7150	2	Umbrella	b018	4.69	(1.19)	2.56	(1.83)
7175	10	Lamp	b019	4.95	(0.80)	1.87	(1.48)
7217	8	Clothes rack	b020	5.00	(0.78)	2.55	(1.65)
7233	7	Plate	b021	5.15	(1.66)	2.96	(2.05)
7491	9	Lab building	b022	4.79	(1.09)	2.24	(1.87)
7550	3	Office	b023	5.17	(1.52)	3.52	(1.76)
7950	9	Kleenex	b024	5.17	(1.12)	2.27	(1.77)
2200	1	Neutral adult	b025	4.95	(1.56)	4.03	(2.22)
2480	9	Elderly man	b026	4.77	(1.90)	2.55	(1.76)

Fortsetzung siehe nächste Seite

(Nummer (im IAPS-Set))	Set	Name	Nummer (im Versuch)	Valenz		Erregung	
				M	SD	M	SD
7224	7	File Cabinets	b027	4.51	(1.25)	3.01	(2.00)
7140	6	Bus	b028	5.41	(1.50)	3.16	(2.42)
7235	7	Chair	b029	5.06	(1.22)	2.94	(2.08)
7030	6	Iron	b030	4.57	(1.08)	3.22	(2.04)
2850	10	Tourist	b031	5.69	(1.22)	3.38	(2.01)
7009	7	Mug	b032	4.89	(0.96)	3.26	(1.96)
7025	8	Stool	b033	4.79	(1.10)	2.98	(2.11)
9210	5	Rain	b034	4.64	(1.82)	3.26	(2.20)
Gesamte neutrale Bedingung				5.03	(1.25)	2.86	(1.92)
Positive Bedingung							
1440	6	Baby seal	p001	8.43	(1.44)	4.47	(2.82)
1710	3	Puppies	p002	8.59	(0.99)	5.31	(2.54)
2050	1	Happy baby	p003	8.62	(0.85)	5.10	(2.67)
2070	4	Baby	p004	8.50	(1.28)	4.84	(2.97)
2080	4	Babies	p005	8.46	(1.20)	4.94	(2.64)
2352	8	Interracial	p006	7.38	(1.93)	5.13	(2.02)
2550	5	Old couple	p007	8.14	(1.53)	5.16	(2.67)
4532	8	Man	p008	7.62	(1.20)	5.55	(2.21)
4533	8	Man	p009	7.00	(2.27)	5.89	(2.26)
4550	9	Nude man	p010	6.22	(1.86)	6.24	(2.04)
1750	3	Bunnies	p011	8.59	(0.75)	4.02	(2.40)
4660	3	Couple	p012	7.22	(1.40)	6.31	(1.95)
8200	3	Water skier	p013	7.86	(1.12)	6.37	(1.94)
5621	7	Sky-divers	p014	7.80	(1.54)	7.00	(2.13)
5626	8	Hanglider	p015	6.62	(2.34)	5.98	(2.11)
5830	2	Sunset	p016	8.54	(0.82)	4.88	(2.86)
5831	9	Seagulls	p017	8.05	(1.00)	4.79	(2.59)
7270	2	Choco drink	p018	7.77	(1.68)	5.85	(2.11)
7330	4	Ice cream	p019	7.96	(1.49)	5.54	(2.53)
5629	7	Hiker	p020	7.15	(1.51)	6.52	(2.04)
8180	4	Cliff divers	p021	6.86	(1.94)	6.63	(2.11)
8190	5	Skiers	p022	8.08	(1.48)	6.16	(2.57)
8490	4	Roller coaster	p023	7.44	(2.33)	6.97	(1.94)
8496	9	Water slide	p024	7.94	(1.75)	6.38	(2.14)
4561	10	Man in water	p025	6.10	(2.00)	5.90	(2.27)

Fortsetzung siehe nächste Seite

(Nummer (im IAPS-Set))	Set	Name	Nummer (im Versuch)	Valenz		Erregung	
				M	SD	M	SD
4599	8	Couple	p026	7.23	(1.66)	5.64	(1.96)
5910	5	Fireworks	p027	8.16	(1.15)	5.80	(2.75)
4531	8	Male erotica	p028	6.96	(1.52)	5.79	(2.44)
4680	4	Nudes	p029	6.91	(1.92)	6.07	(2.26)
2165	9	Dad & baby	p030	8.29	(1.17)	5.05	(2.67)
4510	1	Male nude	p031	7.00	(2.28)	6.05	(2.26)
4640	5	Couple	p032	7.64	(1.85)	5.94	(2.46)
8041	7	Diver	p033	7.48	(1.28)	5.97	(2.23)
4520	2	MaleErotic	p034	7.04	(1.40)	5.48	(1.82)
Gesamte positive Bedingung				7.64	(1.53)	5.70	(2.33)
Negative Bedingung							
1050	6	Snake	n001	3.02	(1.93)	6.90	(1.82)
1111	7	Snakes	n002	2.81	(1.64)	5.83	(2.27)
1220	1	Spider	n003	3.05	(1.81)	5.74	(2.19)
1201	7	Spider	n004	2.93	(1.81)	6.87	(2.09)
1280	4	Rat	n005	3.16	(1.60)	5.24	(2.07)
2120	1	Angry adult	n006	3.03	(1.74)	5.44	(2.57)
2750	6	Bum	n007	2.55	(1.19)	4.55	(1.66)
2800	4	Crying boy	n008	1.40	(0.79)	5.87	(2.13)
2900	5	Crying boy	n009	2.16	(1.52)	5.40	(2.19)
3000	1	Mutilation	n010	1.21	(0.80)	7.77	(1.66)
3053	7	Burn victim	n011	1.15	(0.73)	7.51	(2.29)
3150	2	Finger	n012	1.98	(1.54)	6.94	(2.07)
3170	3	Baby with tumor	n013	1.20	(0.57)	7.55	(1.98)
3230	3	AIDS patient	n014	1.67	(0.99)	5.75	(2.04)
3160	3	Pussy eyes	n015	2.55	(1.32)	5.44	(1.74)
8230	4	Boxer	n016	2.11	(1.23)	6.01	(2.16)
9040	2	Child	n017	1.50	(0.97)	6.44	(2.00)
9041	9	Scared girl	n018	2.65	(1.58)	4.90	(2.28)
9050	2	Plane crash	n019	1.90	(1.32)	6.63	(1.91)
9140	2	Cow	n020	1.88	(1.26)	5.79	(2.04)
9220	6	Cemetery	n021	1.86	(1.46)	4.16	(1.84)
9300	4	Dirty	n022	1.83	(1.37)	6.21	(2.31)
9400	4	Soldier	n023	2.03	(1.41)	6.33	(2.07)

Fortsetzung siehe nächste Seite

(Nummer (im IAPS-Set))	Set	Name	Nummer (im Versuch)	Valenz		Erregung	
				M	SD	M	SD
3350	5	Infant	n024	1.76	(1.72)	5.78	(2.21)
1300	3	Pit bull	n025	3.41	(1.63)	6.70	(2.04)
6540	6	Man with knife	n026	1.86	(1.14)	7.14	(1.98)
9000	2	Cemetery	n027	2.33	(1.45)	4.19	(2.37)
9265	9	Hung man	n028	2.42	(1.55)	4.48	(2.08)
9290	4	Garbage	n029	2.76	(1.44)	4.44	(2.01)
9432	7	Mastectomy	n030	1.95	(1.32)	5.58	(2.20)
9490	5	Corpse	n031	3.06	(1.72)	5.72	(2.02)
9561	10	Sick kitty	n032	2.21	(1.66)	5.35	(2.26)
6010	4	Jail	n034	3.37	(1.61)	4.06	(1.91)
9440	4	Skulls	n033	3.16	(1.72)	4.44	(2.06)
Gesamte negative Bedingung				2.29	(1.40)	5.80	(2.07)

¹ Angegeben sind die Werte für Valenz und Erregung für weibliche Versuchspersonen, sowie die entsprechenden Standardabweichungen (Angaben nach Lang et al., 1995). Die angegebenen Nummern entsprechen den Bildnummern und den Setnummern auf der Foto-CD.

Tabelle 23: Bilder-Ratings der deutschen Versuchsstichprobe¹

Nummer (im IAPS)	Set	Name	Nummer (im Versuch)	Valenz		Erregung	
				M	SD	M	SD
Neutrale Bedingung							
2190	4	Man	b001	4.90	(0.85)	4.45	(1.70)
2381	9	Girl on phone	b002	6.20	(0.95)	3.85	(1.60)
7002	7	Towel	b003	5.35	(1.04)	3.85	(1.79)
5500	1	Mushroom	b004	5.40	(0.88)	3.50	(1.57)
2840	6	Chess	b005	5.25	(1.02)	4.30	(1.69)
2880	9	Shadow	b006	5.65	(0.99)	4.00	(1.41)
4605	10	Couple	b007	5.47	(1.17)	4.26	(1.63)
5530	1	Mushroom	b008	5.70	(1.22)	3.70	(2.03)
5740	10	Plant & soil	b009	6.10	(1.37)	3.60	(1.79)
6150	3	Outlet	b010	4.63	(0.83)	4.32	(2.00)
7000	2	Rolling pin	b011	4.90	(0.31)	3.95	(1.57)
7004	9	Spoon	b012	4.90	(0.55)	3.50	(1.91)
7010	1	Basket	b013	5.30	(0.73)	3.50	(2.14)
7050	2	Hair dryer	b014	4.65	(0.81)	4.10	(1.92)
7080	1	Fork	b015	4.85	(0.49)	3.85	(1.93)
7090	1	Book	b016	5.15	(0.81)	3.10	(2.10)
7130	3	Truck	b017	5.25	(0.79)	4.80	(1.58)
7150	2	Umbrella	b018	5.06	(0.42)	3.78	(1.66)
7175	10	Lamp	b019	5.20	(0.89)	3.40	(1.70)
7217	8	Clothes rack	b020	4.85	(0.88)	3.70	(1.72)
7233	7	Plate	b021	5.05	(0.83)	3.80	(1.88)
7491	9	Lab building	b022	5.21	(1.08)	3.68	(1.83)
7550	3	Office	b023	4.80	(0.52)	3.95	(1.73)
7950	9	Kleenex	b024	5.00	(0.00)	3.53	(1.74)
2200	1	Neutral adult	b025	4.85	(1.14)	4.85	(1.31)
2480	9	Elderly man	b026	4.85	(1.09)	4.25	(1.68)
7224	7	File Cabinets	b027	4.50	(1.00)	3.60	(1.96)
7140	6	Bus	b028	5.25	(1.02)	3.70	(1.66)
7235	7	Chair	b029	4.90	(0.64)	3.55	(1.57)
7030	6	Iron	b030	4.80	(0.77)	3.50	(1.85)
2850	10	Tourist	b031	5.05	(0.83)	4.75	(1.55)
7009	7	Mug	b032	5.55	(1.23)	3.40	(1.93)
7025	8	Stool	b033	5.10	(1.07)	3.40	(1.76)
9210	5	Rain	b034	5.60	(1.39)	3.65	(1.57)
Gesamte neutrale Bedingung				5.16	(1.25)	3.86	(1.92)

Fortsetzung siehe nächste Seite

(Nummer (im IAPS-Set))	Set	Name	Nummer (im Versuch)	Valenz		Erregung	
				M	SD	M	SD
Positive Bedingung							
1440	6	Baby seal	p001	8.05	(1.05)	5.45	(2.54)
1710	3	Puppies	p002	7.95	(1.19)	5.75	(2.31)
2050	1	Happy baby	p003	7.00	(1.73)	4.79	(2.07)
2070	4	Baby	p004	7.70	(1.34)	6.30	(1.69)
2080	4	Babies	p005	7.26	(1.37)	4.89	(2.38)
2352	8	Interracial	p006	7.40	(1.82)	5.60	(2.06)
2550	5	Old couple	p007	7.70	(1.42)	3.40	(1.98)
4532	8	Man	p008	6.65	(1.27)	4.75	(2.07)
4533	8	Man	p009	6.10	(1.25)	5.15	(1.60)
4550	9	Nude man	p010	6.25	(1.41)	5.75	(1.59)
1750	3	Bunnies	p011	7.95	(1.18)	3.47	(2.50)
4660	3	Couple	p012	6.20	(1.58)	6.35	(1.66)
8200	3	Water skier	p013	6.75	(1.16)	5.75	(1.33)
5621	7	Sky-divers	p014	6.75	(1.62)	5.85	(2.41)
5626	8	Hanglider	p015	7.45	(1.54)	4.35	(2.66)
5830	2	Sunset	p016	7.70	(1.22)	3.90	(2.57)
5831	9	Seagulls	p017	8.10	(0.64)	4.35	(2.06)
7270	2	Choco drink	p018	5.80	(1.20)	4.20	(2.07)
7330	4	Ice cream	p019	7.10	(1.55)	5.90	(1.80)
5629	7	Hiker	p020	6.85	(1.90)	5.90	(2.02)
8180	4	Cliff divers	p021	6.25	(1.92)	6.25	(1.52)
8190	5	Skiers	p022	7.85	(1.09)	4.80	(2.24)
8490	4	Roller coaster	p023	6.05	(1.32)	5.90	(1.12)
8496	9	Water slide	p024	7.15	(1.14)	5.75	(1.41)
4561	10	Man in water	p025	6.60	(1.31)	6.15	(1.42)
4599	8	Couple	p026	7.45	(1.32)	5.40	(1.70)
5910	5	Fireworks	p027	6.75	(1.29)	5.20	(1.64)
4531	8	Male erotica	p028	7.00	(1.30)	4.85	(2.01)
4680	4	Nudes	p029	6.95	(1.54)	6.50	(1.76)
2165	9	Dad & baby	p030	7.35	(1.23)	4.25	(2.12)
4510	1	Male nude	p031	5.50	(1.32)	4.35	(1.57)
4640	5	Couple	p032	7.05	(1.19)	5.30	(2.00)
8041	7	Diver	p033	6.50	(1.40)	5.50	(1.61)
4520	2	MaleErotic	p034	6.65	(1.27)	5.15	(1.66)
Gesamte positive Bedingung				6.99	(1.36)	5.21	(1.92)

Fortsetzung siehe nächste Seite

(Nummer (im IAPS-Set))	Set	Name	Nummer (im Versuch)	Valenz		Erregung	
				M	SD	M	SD
Negative Bedingung							
1050	6	Snake	n001	3.15	(1.76)	6.90	(1.92)
1111	7	Snakes	n002	2.65	(1.31)	6.75	(1.83)
1220	1	Spider	n003	3.25	(1.65)	6.50	(1.61)
1201	7	Spider	n004	3.10	(1.71)	6.90	(1.48)
1280	4	Rat	n005	3.25	(1.41)	5.50	(2.06)
2120	1	Angry adult	n006	2.85	(1.18)	6.65	(1.04)
2750	6	Bum	n007	3.20	(1.40)	5.55	(1.67)
2800	4	Crying boy	n008	2.15	(1.23)	7.65	(1.09)
2900	5	Crying boy	n009	3.30	(1.38)	6.60	(0.88)
3000	1	Mutilation	n010	1.40	(0.99)	8.60	(0.68)
3053	7	Burn victim	n011	1.25	(0.72)	8.30	(0.92)
3150	2	Finger	n012	1.40	(0.68)	8.00	(1.84)
3170	3	Baby with tumor	n013	1.60	(0.99)	8.25	(0.79)
3230	3	AIDS patient	n014	2.60	(1.14)	6.55	(1.28)
3160	3	Pussy eyes	n015	2.80	(1.01)	6.15	(2.11)
8230	4	Boxer	n016	2.50	(1.28)	6.85	(0.99)
9040	2	Child	n017	1.65	(0.75)	7.45	(1.39)
9041	9	Scared girl	n018	3.20	(1.20)	6.50	(1.40)
9050	2	Plane crash	n019	2.53	(0.90)	6.58	(1.50)
9140	2	Cow	n020	2.65	(1.57)	6.85	(1.57)
9220	6	Cemetery	n021	4.30	(1.34)	5.45	(1.96)
9300	4	Dirty	n022	1.95	(1.15)	7.10	(1.29)
9400	4	Soldier	n023	2.60	(1.85)	6.65	(1.93)
3350	5	Infant	n024	2.35	(0.93)	6.95	(1.67)
1300	3	Pit bull	n025	2.80	(2.14)	6.90	(1.89)
6540	6	Man with knife	n026	3.10	(1.45)	6.45	(1.36)
9000	2	Cemetery	n027	4.45	(1.50)	4.55	(2.06)
9265	9	Hung man	n028	1.55	(0.69)	7.80	(1.11)
9290	4	Garbage	n029	3.55	(0.94)	5.35	(1.79)
9432	7	Mastectomy	n030	3.25	(1.59)	7.00	(1.26)
9490	5	Corpse	n031	1.90	(0.97)	7.25	(1.48)
9561	10	Sick kitty	n032	2.20	(0.95)	6.75	(2.05)

Fortsetzung siehe nächste Seite

(Nummer (im IAPS-Set))	Set	Name	Nummer (im Versuch)	Valenz		Erregung	
				M	SD	M	SD
9440	4	Skulls	n033	3.25	(1.02)	6.10	(1.62)
6010	4	Jail	n034	3.80	(0.77)	5.30	(1.49)
Gesamte negative Bedingung				2.69	(1.22)	6.73	(1.50)

N = 20

¹ Angegeben sind die Werte für Valenz und Erregung für weibliche Versuchspersonen (mit Standardabweichungen) der deutschen Versuchsstichprobe. Die angegebenen Nummern entsprechen den Bildnummern und den Setnummern auf der Foto-CD (Angaben nach Lang et al., 1995).

Analyse der Skalen zur Stimmungsmessung in den Emotionsbedingungen

Tabelle 24: Itemanalysen der einzelnen Skalen in den Emotionsbedingungen (mit Item *gelangweilt*)

Skala	Bedingung	M	SD	Trennschärfe
ängstlich	Neutral	1.55	(1.10)	.37
	Positiv	1.15	(0.37)	.54
	Negativ	2.55	(1.99)	.71
ärgerlich	Neutral	2.05	(1.64)	.54
	Positiv	1.55	(1.05)	.20
	Negativ	2.55	(1.96)	.65
traurig	Neutral	2.25	(1.41)	.17
	Positiv	2.00	(1.41)	.47
	Negativ	4.80	(2.44)	.63
angeekelt	Neutral	1.15	(0.37)	.41
	Positiv	1.15	(0.49)	.34
	Negativ	5.45	(2.28)	.62
elend	Neutral	2.10	(1.37)	.43
	Positiv	1.45	(0.94)	.38
	Negativ	4.35	(2.21)	.55
gelangweilt	Neutral	5.95	(2.09)	-.06
	Positiv	3.50	(1.88)	.12
	Negativ	2.25	(1.11)	-.22
gut gelaunt	Neutral	4.35	(1.46)	.86
	Positiv	5.85	(1.27)	.86
	Negativ	3.45	(1.79)	.89

Fortsetzung siehe nächste Seite

Skala	Bedingung	M	SD	Trennschärfe
fröhlich	Neutral	4.30	(1.38)	.91
	Positiv	5.15	(1.27)	.87
	Negativ	3.05	(1.57)	.90
glücklich	Neutral	4.25	(1.65)	.82
	Positiv	5.35	(1.50)	.80
	Negativ	3.35	(1.46)	.94
heiter	Neutral	4.25	(1.52)	.91
	Positiv	5.05	(1.19)	.86
	Negativ	3.15	(1.57)	.85
zufrieden	Neutral	4.70	(1.49)	.80
	Positiv	5.90	(1.07)	.57
	Negativ	3.65	(1.69)	.89

N = 20

Bedingung: Neutral	Skala: Positive Stimmung	$\alpha = .95$
	Skala: Negative Stimmung	$\alpha = .47$
Bedingung: Positiv	Skala: Positive Stimmung	$\alpha = .92$
	Skala: Negative Stimmung	$\alpha = .50$
Bedingung Negativ	Skala: Positive Stimmung	$\alpha = .96$
	Skala: negative Stimmung	$\alpha = .77$

