

**Effekte von Nahrungsdeprivation
auf die Verarbeitung visueller Reize:
eine ERP-Studie**

Wissenschaftliche Arbeit
zur Erlangung des Grades eines Diplom-Psychologen
im Fachbereich Psychologie
der Universität Konstanz

vorgelegt von

Ralf Schmäzle

Rheingasse 6

78462 Konstanz

Erstgutachter: Prof. Dr. Harald T. Schupp

Zweitgutachter: HD. Dr. Andreas Keil

Konstanz, im März 2005

Danksagung

Gerade habe ich eine Erklärung unterschrieben, in welcher ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Formal ist das schon richtig. Aber viele Menschen haben dazu beigetragen, dass ich mich überhaupt in der Lage befand, diese Diplomarbeit selbstständig erstellen zu können und bei ihnen möchte ich mich hier bedanken:

Bei Raphaela bedanke ich mich für einfach alles! Fürs Zuhören, für die Geduld, die Motivation und noch so vieles mehr. Vor allem freue ich mich auf unsere gemeinsame Zeit nach Fertigstellung dieser Arbeit.

Naturgemäß hätten zeitlich (und nicht nur so) an erster Stelle meine Eltern genannt werden müssen.

Für die Hilfestellungen bei der Erstellung der Arbeit verdient Jessica Stockburger nicht nur Lob und Anerkennung, sondern Ehre und Ruhm: Organisationstalent, Kompetenz und Erfahrung vereinten sich hier zu meinem Nutzen in einer Person.

Vielen Dank auch an Prof. Dr. Harald Schupp für das entgegengebrachte Vertrauen, die gute Unterstützung, kritische Anmerkungen und die stets hervorragende Zusammenarbeit. Ebenfalls danke ich HD. Dr. Andreas Keil für die Bereitschaft, Zweitgutachter zu sein und für die unzähligen Tipps innerhalb der letzten Jahre.

Große Dankbarkeit empfinde ich gegenüber Prof. Dr. Walter Bongartz. In der Zeit beim Empiriepraktikum habe ich mehr gelernt als im ganzen Studium. Für diese Zeit und alles, was darin geschehen ist (der Platz hier reicht bei weitem nicht, alles einzeln aufzuzählen): tausend Dank!

Danke auch an meine Kollegen: An Erich Flammer, für Gespräche und methodische Anregungen beim Kaffee während der Erstellung der Arbeit und an Thomas Schmitt für die gute Zusammenarbeit in der Vergangenheit. Ein großes Dankeschön muss natürlich auch an Nadine Petrovsky und Anne Hauswald gehen, die bei der Datenerhebung mehr als nur behilflich waren! Auch bei Ines Krug, die das Labor professionell gemanagt und mir ihren Rechner für die Datenanalyse zur Verfügung gestellt hat, möchte ich mich bedanken. Stichwort Datenanalyse: Danke an Peter Peyk für unschätzbaren PC- und EMEGS-Support und an meine „Mitdiplomandin“ Regina Pielmeier. Susanne Kößler: Danke fürs Korrekturlesen! Wen habe ich vergessen? All denen möchte ich hier auch noch danken. Und natürlich – last but not least – ein Dankeschön an die Versuchspersonen, die für mich (und 20 €) für 24 Stunden auf das Allernötigste verzichtet haben.

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	1
1. EINLEITUNG	2
2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN.....	3
EVOLUTION UND NAHRUNGSAufNAHME	3
MOTIVATION ZUR NAHRUNGSAufNAHME	3
AufMERKSAMKEIT: SCHNITTSTELLE ZWISCHEN MOTIVATION UND WAHRNEHMUNG?	4
MOTIVIERTE AufMERKSAMKEIT: DIE VERARBEITUNG EMOTIONALER REIZE	5
<i>Hinweise auf motivierte Aufmerksamkeit in Verhaltensstudien</i>	<i>7</i>
<i>Peripherphysiologische Reaktionen auf affektives Bildmaterial.....</i>	<i>8</i>
<i>Messung von motivierter Aufmerksamkeit in fMRT- und EEG-Studien</i>	<i>9</i>
Early Posterior Negativity in den ERPs	10
Late Positive Potentials in den ERPs	12
EINORDNUNG DER BEFUNDE AUS STUDIEN MIT EMOTIONALEN REIZEN UND BEZUG ZU MOTIVATION	13
AKTUELLE STUDIEN ZUR SELEKTIVEN REIZVERARBEITUNG UNTER NAHRUNGSDEPRIVATION	14
<i>Verhaltensstudien: Stroop- und Dot-Probe-Paradigma.....</i>	<i>14</i>
<i>Neuere peripherphysiologische Studien.....</i>	<i>16</i>
<i>fMRT- und ERP-Untersuchungen</i>	<i>18</i>
EINORDNUNG DER BEFUNDE ZUR VERARBEITUNG VON REIZEN UNTER NAHRUNGSDEPRIVATION	21
3. ABLEITUNG DER FRAGESTELLUNG.....	23
UMSETZUNG DER FRAGESTELLUNG IN EIN EXPERIMENT	23
HYPOTHESEN	25
<i>Überprüfung der Manipulation des Hungers.....</i>	<i>25</i>
<i>Vorhersagen zur Veränderung der subjektiven Einschätzungen der Bilder.....</i>	<i>25</i>
<i>Vorhersagen zu den ereigniskorrelierten Potentialen im Teil „Essen und Blumen“</i>	<i>25</i>
<i>Vorhersagen zu den ereigniskorrelierten Potentialen im Teil „Emotionale Bilder“</i>	<i>26</i>
4. METHODEN.....	27
VERSUCHSPERSONEN	27
REIZMATERIAL	28
VERSUCHSDURCHFÜHRUNG UND VERSUCHSBEDINGUNGEN	30
<i>Telefonscreening und Vorgespräch.....</i>	<i>30</i>
<i>Erster und zweiter Messtermin: Betrachten, Bewerten und Wiedererkennen der Bilder.....</i>	<i>31</i>
VERSUCHSGERÄTE.....	36
<i>Ketonmessung</i>	<i>36</i>
<i>Bilddarbietung</i>	<i>36</i>
<i>Aufzeichnung des EEG.....</i>	<i>37</i>

ANALYSEMETHODIK	37
<i>Weiterverarbeitung der EEG-Daten</i>	37
<i>Exploration der ERP-Daten, Bestimmung der Sensor- und Zeitbereiche</i>	38
<i>Statistische Analyse</i>	39
5. RESULTATE	41
AUSWERTUNG VON FRAGEBÖGEN, SUBJEKTIVEN EINSCHÄTZUNGEN UND KETONMESSUNGEN	41
<i>Auswertung der Fragebögen</i>	41
<i>Auswertung der Angaben zu Hunger und Appetit</i>	41
<i>Auswertung des Ketonspiegels</i>	44
<i>Affektive Einschätzungen der Bilder</i>	45
Affektive Einschätzungen der Bilder: „Essen und Blumen“	45
Affektive Einschätzung der Bilder: „Emotionale Bilder“	47
ERGEBNISSE DER EEG-DATEN	49
<i>Ereigniskorrelierte Potentiale bei „Essen und Blumen“</i>	49
Analyse des Zeitbereichs von 300-350 ms über okzipito-temporalen Arealen (EPN).....	49
Analyse des Zeitbereichs von 400-600 ms über zentro-parietalen Arealen (LPP).....	53
Explorative Analyse über parieto-okzipitalen Arealen	55
<i>Ereigniskorrelierte Potentiale bei „Emotionale Bilder“</i>	58
Analyse des Zeitbereichs von 200-300 ms über okzipito-temporalen Arealen (EPN).....	58
Stabilität der frühen posterioren Negativierung bei „Emotionale Bilder“	61
Analyse des Zeitbereichs von 400-600 ms über zentralen Arealen (LPP)	62
Stabilität der späten positiven Potentiale bei „Emotionale Bilder“	64
6. DISKUSSION	65
ÜBERBLICK ÜBER DIE ERGEBNISSE UND BEANTWORTUNG DER UNTERSUCHUNGSFRAGE.....	65
<i>Erfolgreiche Manipulation des motivationalen Zustandes</i>	65
<i>Selektive Veränderung der subjektiven Einschätzungen der Bilder</i>	66
<i>Auswirkungen von Nahrungsdeprivation auf die Verarbeitung der Essens- und Blumenbilder</i>	66
Frühe Negativierung bei „Essen und Blumen“ (EPN)	66
Späte positive Potentiale bei „Essen und Blumen“ (LPP).....	67
<i>Erfolgreiche Replikation und Nachweis der Stabilität der emotionalen ERP-Effekte</i>	69
<i>Fazit der Untersuchung selektiver Aufmerksamkeitslenkung auf Nahrungsreize im Hungerzustand</i>	70
DISKUSSION VON SCHWIERIGKEITEN	70
VORSCHLÄGE FÜR WEITERE EXPERIMENTE	72
FAZIT	74
7. LITERATURVERZEICHNIS	75

ANHANG

Zusammenfassung

Ziel dieser ERP-Studie war die Untersuchung motivationaler Einflüsse auf die frühe visuelle Verarbeitung. In einem Versuchsdesign mit Messwiederholung erschienen 32 Versuchspersonen zweimal zur EEG-Messung, einmal hungrig und einmal satt. Hunger wurde operationalisiert als 24-stündige Nahrungsdeprivation. Mit einem 256-Kanal-EEG wurden ereigniskorrelierte Potentiale abgeleitet während die Versuchspersonen Bilder von Essen und Blumen betrachteten, die mit einer Darbietungsgeschwindigkeit von 660 ms präsentiert wurden. Aufbauend auf Überlegungen zur Theorie der motivierten Aufmerksamkeit wurde eine selektive Aufmerksamkeitslenkung auf motivational relevante Nahrungsreize im Hungerzustand erwartet. Diese sollte sich in ERP-Komponenten zeigen, von denen aus der Emotionsforschung bekannt ist, dass sie mit selektiven Aufmerksamkeitsprozessen in Verbindung stehen. Für die Blumenbilder, die den Status einer neutralen Vergleichskategorie hatten, wurde keine von der Nahrungsdeprivation abhängige Aufmerksamkeitslenkung erwartet. In einem weiteren Versuchsteil wurden emotionale Bilder dargeboten, um die Abhängigkeit der bei der emotionalen Bildbetrachtung etablierten Effekte vom Deprivationszustand überprüfen zu können. Wie erwartet zeigten sich in den ereigniskorrelierten Potentialen auf emotionale Bilder bei beiden Messterminen eine frühe posteriore Negativierung sowie eine späte zentrale Positivierung. Beide Maße korrelierten zwischen beiden Messungen überaus hoch miteinander. Die Effekte selektiver Verarbeitung von motivational relevanten Reizen fielen insgesamt schwächer aus als die aus der Emotionsforschung bekannten Effekte. In einer explorativen Analyse wird ein selektiver Prozess untersucht, der in Form von verstärkten Positivierungen auf Nahrungsbilder im Hungerzustand bilateral über parieto-okzipitalen Arealen zu beobachten war. Die Befunde werden in Bezug zur Theorie der motivierten Aufmerksamkeit interpretiert und vor einem evolutionspsychologischen Hintergrund diskutiert.

1. Einleitung

Jedes Verhalten, mit Ausnahme einiger basaler Reflexe, kann als motiviert bezeichnet werden. Allen psychologischen Motivationskonstrukten liegt die gemeinsame Annahme zugrunde, dass veränderliche Faktoren existieren, die das zielgerichtete Handeln von Organismen im Kontext von biologischen Notwendigkeiten (Essen, Trinken, Fortpflanzung, Schutz vor Gefahren) steuern. In der vorliegenden Untersuchung wird Motivation dabei durch Nahrungsdeprivation variiert.

Dass Motivation das Handeln von Lebewesen mitbestimmt, ist seit langem bekannt und gewissermaßen tautologisch, schließlich leitet sich der Begriff Motivation etymologisch vom lateinischen Verb „movere“ (deutsch: bewegen) ab: Motivation ist die innere Kraft, die uns bewegt. Sie energetisiert unser Verhalten und verleiht ihm Richtung (Schneirla, 1959). Weitgehend unerforscht ist allerdings die Frage, ob sich Motivation auf sensorische Prozesse auswirkt.

Beim Eintreffen der Information in den Sinnessystemen ist die Informationsmenge beinahe unbegrenzt und noch nicht zu einer Wahrnehmung im eigentlichen Wortsinn weiterverarbeitet. Im Verlauf des Wahrnehmungsprozesses muss die einströmende Information verdichtet und reduziert werden. Aufmerksamkeitsprozesse heben dabei bestimmte Wahrnehmungsinhalte hervor und räumen ihrer Verarbeitung Vorrang ein, trennen Wichtiges von Unwichtigem und richten einen hypothetischen inneren Scheinwerfer selektiv auf bestimmte Orte, Zeiten oder Gegenstände (Posner et al., 2000).

Dieser Arbeit liegt die Überlegung zugrunde, dass Motivation nicht nur verändertes Verhalten gegenüber bestimmten Reizen bewirkt, sondern über Aufmerksamkeitsmechanismen bereits dazu beiträgt, dass bestimmte Reize auf der Ebene der frühen sensorischen Enkodierung selektiv und verstärkt verarbeitet werden. Dieser Hypothese wird nachgegangen, indem untersucht wird, ob im Hungerzustand visuelle Nahrungsreize bereits auf sensorisch-perzeptueller Ebene anders als im satten Zustand verarbeitet werden und selektiv gegenüber anderen, neutralen Reizen hervorgehoben werden. Es werden ereigniskorrelierte Potentiale auf Bilder untersucht, auf denen entweder Nahrungsmittel oder Blumen zu sehen sind. Die Betrachter befinden sich währenddessen entweder in einem hungrigen oder in einem gesättigten Zustand.

2. Theoretische Grundlagen

Evolution und Nahrungsaufnahme

Alle Lebewesen sind darauf angewiesen, ihren Energiebedarf durch Zuführung externer Energie zu decken. Im Laufe der Stammesgeschichte haben sich zur Lösung dieses Problems komplexe und z. T. sehr unterschiedliche Systeme zur Nahrungsaufnahme und -verarbeitung herausgebildet. Die beim Menschen dafür zuständigen Systeme (Hände und Beine, Zähne und Kieferknochen, Magen etc.) unterscheiden sich von denen anderer Arten. Bei Löwen, Kühen, Vögeln oder Regenwürmern sind diese Körperteile völlig anders angelegt. Trotz äußerer Unterschiede ist die Funktion dieser Organe im Rahmen der Nahrungsaufnahme sehr ähnlich: sie stellen Anpassungen an Lebensumwelten der Organismen dar und tragen dazu bei, dass diese sich Energie in Form von Nahrung zuführen können.

Der Begründer der Evolutionstheorie, Charles Darwin, wurde durch die Untersuchung der unterschiedlichen Schnabelformen von Finken darauf aufmerksam, dass sich mit der Zeit die Beschaffenheit dieses Nahrungsaufnahmesystems in bemerkenswerter Weise an die Gegebenheiten der ökologischen Nische der jeweiligen Art anpasst (Darwin, 1871). Gleiches gilt auch für die kognitiven Systeme, die dieses Nahrungssystem steuern (Barkow, Cosmides & Tooby, 1992). Nicht nur die originär biologischen Systeme, sondern auch psychologische Mechanismen wurden von evolutionären Prozessen geformt.

Motivation zur Nahrungsaufnahme

Um dem biologischen Imperativ der notwendigen Aufrechterhaltung der Energiereserven zu folgen, hat sich ein „Verhaltenssystem Nahrung“ entwickelt, dessen Leistungen unter anderem darin bestehen, bevorstehende oder akute Mangelsituationen zu entdecken und den Organismus speziesadäquat präventiv oder reaktiv zur Aufnahme von Nahrung zu bewegen, ihn zu motivieren. Subjektiv erleben wir diese motivationalen Prozesse sehr eindrucksvoll in Gestalt von Hunger und Appetit.

Da in der stammesgeschichtlichen Vergangenheit des Menschen Nahrung üblicherweise relativ knapp war und nicht jede Art von Nahrung genießbar ist, stellten Auffinden (Sichten, Entdecken, Sammeln), Beschaffung (Jagen, Ergreifen), Auswahl genießbarer Speisen (Selektion), ggf. Zubereitung (Kochen, Backen) und Aufnahme (Kauen, Schlucken) von

geeigneter Nahrung eine für das Überleben enorm wichtige Aufgabe dar, welche nicht allein durch instinktive konsumatorische Endhandlungen (Beißen, Kauen, Saugen, Schlucken) zu bewerkstelligen war. Den konsumatorischen Verhaltensmustern geht ein deutlich flexibleres appetitives Verhalten voraus (Futtersuche, Jagd, Zubereitung etc.) und es sind diese zielgerichteten Prozesse, die besonders charakteristisch für motiviertes Verhalten sind.

Aufmerksamkeit: Schnittstelle zwischen Motivation und Wahrnehmung?

Ein System, welches im Hungerzustand Futtersuche veranlasst und dabei bereits im Wahrnehmungsablauf selektiv Nahrungsreize hervorhebt, könnte im Laufe der Evolution einen Anpassungsvorteil dargestellt haben. Dazu wäre es erforderlich, dass Aufmerksamkeitsprozesse zum Teil durch motivationale Zustände gesteuert würden. Eine Alternativhypothese würde dagegen annehmen, dass diese Prozesse unabhängig von aktuellen Bedürfnissen immer gleichermaßen stabil ablaufen und eben nicht motivational moduliert werden. Bestimmte basale Wahrnehmungsmechanismen müssen ohne Zweifel stabil vonstatten gehen und Selektivität und Flexibilität sind nur bis zu einem gewissen Grad denkbar. Nichtsdestoweniger ist die in die Sinneskanäle einströmende Informationsmenge so enorm, dass eine Bevorzugung bestimmter Reize unvermeidlich ist. Motivational gesteuerte Aufmerksamkeitsprozesse könnten dabei für eine zweckmäßige Auswahl von Reizen entsprechend ihrer motivationalen Relevanz sorgen.

Ein populäres Modell aus der Aufmerksamkeitsforschung nimmt an, dass die trichterartige Verdichtung und Filterung der Informationsmenge dadurch bewerkstelligt wird, dass einzelne Reize sich miteinander im Wettbewerb um Repräsentation in den höheren Verarbeitungssystemen befinden (Desimone & Duncan, 1995; Lee, Itti, Koch & Braun, 1999). Dieser Wettbewerb kann nicht zufällig funktionieren, weil sonst Wahrnehmung überhaupt ein chaotischer Prozess wäre. Es gibt stattdessen bestimmte Reizeigenschaften (z. B. physikalische, wie Farbe, Form etc.), welche in das System als Kriterien für die Entscheidung, worauf Aufmerksamkeit alloziert werden soll, fest eingebaut sind (Yantis, 2000). So erhalten Reize mit bestimmten Eigenschaften Wettbewerbsvorteile und dies führt zur Selektivität der Aufmerksamkeit: Manche Inhalte werden automatisch hervorgehoben während andere im Hintergrund verbleiben.

Dieser impliziten Allokation von Aufmerksamkeitsressourcen aufgrund von speziellen Reizeigenschaften steht die explizite Steuerung von Aufmerksamkeit durch aufgabenbezogene oder willentliche Prozesse gegenüber. Beide Wege der Aufmerksamkeitssteuerung sind in den vergangenen Jahrzehnten im Rahmen laborexperimenteller Untersuchungen intensiv erforscht worden und zunehmend wird auch die Interaktion der beiden Systeme berücksichtigt (Schupp et al., in preparation; Serences et al., 2005).

Motivierte Aufmerksamkeit: die Verarbeitung emotionaler Reize

Nach der Theorie der motivierten Aufmerksamkeit (Lang, Bradley & Cuthbert, 1997) werden selektive Aufmerksamkeitsprozesse in natürlichen Situationen besonders durch motivational bedeutsame Reize gesteuert. Dieser Aspekt werde in den üblichen laborexperimentellen Aufmerksamkeitsparadigmen weitgehend vernachlässigt (zur Kritik an laborexperimentellen Paradigmata aus einer nicht-emotionalen Perspektive vgl. auch Braun, 2003). Die motivationale Bedeutsamkeit der Reize leite sich aus motivationalen Zuständen der Individuen (z. B. Hunger, sexuelle Bedürfnisse, Bedrohung) ab.

Lang und Kollegen entwickelten die Theorie der motivierten Aufmerksamkeit vor dem Hintergrund ihres Forschungsprogramms zur Untersuchung emotionaler Prozesse. Nach Lang (1994) stellen Emotionen Handlungsdispositionen dar, die sich aus einem basalen Motivationssystem heraus entwickelt haben. Das zugrundeliegende Motivationssystem beschreibt Lang als biphasisch in ein appetitives und ein aversives System organisiert. Die Funktion von Emotionen bestehe darin, den Organismus möglichst schnell auf adaptives Handeln vorzubereiten (Frijda, 1986; Lang, 1994). Gefühle entsprechen dem subjektiven Erlebensaspekt der ansonsten weitgehend unbewusst und automatisch ablaufenden emotionalen Verarbeitung (LeDoux, 1996).

Zur Untersuchung emotionaler Prozesse haben Lang, Bradley und Mitarbeiter ein standardisiertes Reizset, das International Affective Picture System (IAPS; Lang, Bradley & Cuthbert, 1999), zusammengestellt. Emotionale Beurteilungen der IAPS-Bilder verteilen sich in charakteristischer Weise in einem durch die beiden Beurteilungsdimensionen Valenz und Erregung aufgespannten zweidimensionalen affektiven Raum (Abbildung 1). Die bumerangförmige Anordnung der Bildbewertungen wird von Lang und Bradley im Sinne der angenommenen biphasischen Organisation in ein appetitives und ein aversives motivationales System interpretiert (Bradley & Lang, 2000b) und steht im Einklang mit den Be-

funden zahlreicher weiterer Autoren (Mehrabian & Russell, 1974; Osgood, 1957; Smith & Ellsworth, 1985; Woodworth & Schlosberg, 1938; Wundt, 1910).

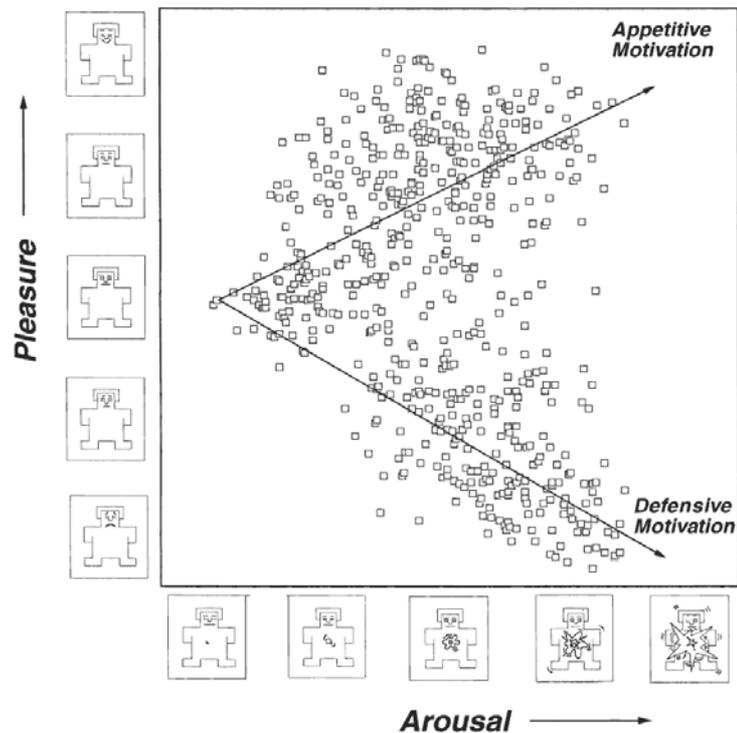


Abbildung 1: Verteilung der IAPS-Bilder im zweidimensionalen affektiven Raum, der durch die beiden Dimensionen Valenz (Y-Achse) und Erregung (X-Achse) aufgespannt wird. Neben den Achsen sind die SAM-Skalen (SAM – Self Assessment Manikin) abgebildet, welche zur Einstufung verwendet wurden (aus Bradley & Lang, 2000a).

Lang und Kollegen erfassten in einer Vielzahl von Experimenten Reaktionen auf emotionales Bildmaterial aus dem IAPS und entdeckten dabei verschiedene Indikatoren von motivierter Aufmerksamkeit im Verhalten der Versuchspersonen sowie in peripherphysiologischen und zentralnervösen Reaktionen. Kennzeichnend für den Ansatz ist das Bemühen um eine funktionale, ökologisch valide Betrachtungsweise der Phänomene und um eine Einbettung in einen evolutionären Kontext: Motivierte Aufmerksamkeit wird verstanden als natürlich-selektive Aufmerksamkeit, d.h. als ein auf Erfordernisse des Überlebens (Nahrungsaufnahme, Schutz vor Gefahr) reagierender Prozess innerhalb des Wahrnehmungsablaufs, der relevante Reize selektiv hervorhebt und damit eine elaborierte Verarbeitung ermöglicht. Es wird angenommen, dass eine Versuchsperson, die im Labor Bilder von bedrohlichen Situationen (z. B. Spinnen, Schlangen, Raubtiere etc.) betrachtet, sich in einem Zustand befindet, der dem eines vor einem Gefahrenreiz erschreckenden Tieres analog ist (Bradley, Codispoti, Cuthbert & Lang, 2001). Daher sind viele Experimente mit

diesem Bildbetrachtungspfadparadigma der Frage nachgegangen, ob emotionale (besonders aversive) Reize im Vergleich zu neutralen Reizen mehr Verarbeitungsressourcen auf sich ziehen. Diese Hypothese wurde mit verschiedenen abhängigen Variablen umfassend geprüft und ist insgesamt gut bestätigt worden. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass nicht nur bedrohliche, aversive Reize, sondern generell emotionale Reize (also positive wie negative Reize) zu einer verstärkten perzeptuellen Verarbeitung führen. Nach einem Überblick über die Befundlage dieses Forschungsprogramms soll diskutiert werden, inwiefern diese Überlegungen auch auf motivationale Zustände, die phasisch schwanken, übertragbar sind.

Hinweise auf motivierte Aufmerksamkeit in Verhaltensstudien

Ein reflexives „auf-sich-Ziehen“ von Aufmerksamkeit wurde für emotionale Reize bereits in Verhaltensstudien wiederholt nachgewiesen, beispielsweise in den reaktionszeitbasierten Versuchsanordnungen zur „visuellen Suche“¹ (Fox et al., 2000; Lundqvist, Esteves & Öhman, 1999; Öhman, 2001; Öhman, Lundqvist & Esteves, 2001) oder dem „dot-probe-Paradigm“² (Bradley, Mogg, Falla & Hamilton, 1998). Ein Problem bei diesen Studien ist, dass sie hauptsächlich die Reaktionsseite des Geschehens abbilden. Die Dauer bis zum Einsetzen einer motorischen Reaktion ist durch viele Faktoren beeinflusst und kann eine bestimmte Grenze nicht unterschreiten (Sternberg, 1969). Auf emotional beeinflusste Prozesse (besonders sensorische), die vor dem Drücken einer Taste stattgefunden haben, kann nur indirekt rückgeschlossen werden. Weitere Studien arbeiten daher auch mit anderen abhängigen Variablen als den weit verbreiteten Reaktionszeitmessungen: Calvo und Lang (2004) haben z. B. in einem Experiment Augenbewegungen beim gleichzeitigen Betrach-

¹ Bei einem „visuelle-Suche“-Experiment soll die Versuchsperson entscheiden, ob in einer dargebotenen Matrix von Reizen ein bestimmter Reiz enthalten ist oder nicht. Dabei können die Art des zu suchenden Reizes und die Anzahl der ablenkenden Reize (Setgröße) verändert werden. Die Anzahl der Bilder in der Matrix wird dann gegen die für die Entscheidung benötigte Reaktionszeit abgetragen. Steigt die Reaktionszeit mit zunehmender Anzahl von Ablenkern nicht an, wird dies als Hinweis auf eine *parallele*, präattentive Verarbeitung des zu suchenden Reizes und auf sein Herausstechen („pop out“) aus den Vergleichsbildern gewertet. Eine *serielle* Suche liegt hingegen vor, wenn die Reaktionszeit für die Entscheidung als ansteigende Funktion der Setgröße beschreibbar ist.

² In einem Dot-Probe-Experiment werden links und rechts von einem Fixationskreuz zwei Bilder für kurze Zeit dargeboten. Nachdem die Bilder verschwinden, erscheint an der Stelle, wo kurz zuvor eines der Bilder zu sehen war, ein Punkt („Dot“). Die Aufgabe der Versuchsperson, die im Voraus nicht weiß, wo der Punkt erscheinen wird, besteht darin, in einer Wahlreaktion anzugeben ob der Punkt links oder rechts vom Fixationskreuz zu sehen war. Hinter Bildern, auf die zuvor geachtet wurde, wird der Punkt schneller detektiert.

ten von emotionalen und neutralen Bildern aufgezeichnet. Sie finden, dass für emotionale Bilder die Wahrscheinlichkeit einer initialen Fixation auf das Bild erhöht ist und dass die Versuchspersonen schon während der ersten 500 ms nach Beginn der Bilddarbietung emotionale Bilder länger betrachten.

Bei den bislang vorgestellten Studien handelt es sich überwiegend um Anordnungen zur Untersuchung von räumlichen Aufmerksamkeitsaspekten. Gewiss stellt die Extraktion relevanter Information aus einem räumlichen Feld zum Zwecke der Lokalisation wichtiger Reize eine entscheidende Aufgabe dar. Ein davon abgrenzbarer Aspekt des Phänomens ist diejenige Art von Aufmerksamkeit, welche mit einer verstärkten auf das Objekt gerichteten Verarbeitung und seiner Hervorhebung gegenüber konkurrierenden Reizen einhergeht. Dies entspricht annähernd dem Aspekt von Aufmerksamkeit, der in den Paradigmata der schnellen seriellen Bilddarbietung (RSVP, rapid serial visual presentation) und dem „Attentional Blink“³ untersucht werden soll, wo Reize in rascher zeitlicher Abfolge am selben Ort dargeboten werden. Auch hier gibt es Hinweise auf eine verbesserte perzeptuelle Verarbeitung emotionalen Reizmaterials im Vergleich zu neutralem: der Attentional-Blink-Effekt - ein temporäres Aufmerksamkeitsdefizit kurz nach der Verarbeitung eines Zielreizes - fällt mit emotionalen Reizen schwächer aus als mit neutralen (Anderson & Phelps, 2001; Keil & Ihssen, 2004).

Peripherphysiologische Reaktionen auf affektives Bildmaterial

Neben schnelleren Reaktionszeiten, frühen, selektiven Augenbewegungen und einer verbesserten Wiedergabeleistung im Attentional Blink lassen sich auch veränderte peripherphysiologische Reaktionen auf affektives Bildmaterial nachweisen. Im Bildbetrachtungspaaradigma werden den Versuchspersonen Bilder aus dem IAPS dargeboten und zeitgleich werden verschiedene psychophysiologische Parameter, wie Elektromyogramm (EMG), Elektrokardiogramm (EKG) und Hautleitwert (phasische Reaktionen: SCR – skin conductance response) registriert. Es konnte gezeigt werden, dass periphere

³ Beim Attentional Blink Paradigma soll in einem Strom von zeitlich schnell aufeinanderfolgenden Reizen auf einen besonders hervorgehobenen Reiz geachtet werden (T1). In variablem Zeitabstand nach diesem T1-Reiz kann ein zweiter, ebenfalls kenntlich gemachter Reiz (T2) dargeboten werden, der auch erinnert werden soll. Der Attentional Blink Effekt besteht darin, dass kurze Zeit nach einer erfolgreichen Verarbeitung des T1-Reizes die Leistung für die Verarbeitung des T2-Reizes kurz abfällt – so als ob eine anthropomorphisierte, hypothetische Aufmerksamkeit kurz „geblinzelt“ hätte.

(EMG, SCR, HR) und auch zentralnervöse (Elektroenzephalogramm EEG, funktionelle Kernspintomographie fMRT, Positronen-Emissionstomographie PET) psychophysiologische Maße mit Einschätzungen von Valenz oder Erregung kovariieren, was für die Konstruktvalidität des postulierten biphasischen Motivationssystems spricht (Lang et al., 1998; Lang, Greenwald, Bradley & Hamm, 1993; Schupp, Cuthbert, Bradley, Birbaumer & Lang, 1997). Außerdem wird die Lidschlusskomponente des durch einen lauten Ton ausgelösten Schreck-Reflexes (Startle-Reflex) in Abhängigkeit vom affektiven Gehalt eines dargebotenen Bildes moduliert (Lang, Bradley & Cuthbert, 1990). Auch dieses Phänomen wird vor dem Hintergrund eines Konorskischen Modells zweier sich wechselseitig inhibierender Motivationssysteme (Konorski, 1967) interpretiert.

Messung von motivierter Aufmerksamkeit in fMRT- und EEG-Studien

Studien, die mit peripherphysiologischen und verhaltensbezogenen abhängigen Variablen arbeiten, lassen auf eine veränderte Verarbeitung emotionaler Reize schließen. Aufschluss über die topographische und zeitliche Dynamik zugrundeliegender Verarbeitungsprozesse können Studien geben, die direkt zentralnervöse Prozesse abbilden. Dazu gehören die bildgebenden Verfahren (PET, fMRT) und die Elektro- und Magnetenzephalographie (EEG/MEG).

In bildgebenden Studien (Bradley et al., 2003; Lane, Chua & Dolan, 1999; Lang et al., 1998; Sabatinelli, Flaisch, Bradley, Fitzsimmons & Lang, 2004) wurde beim Betrachten emotionaler Bilder im Vergleich zu neutralen Bildern verstärkte Aktivierung über okzipitalen Arealen beobachtet, welche maßgeblich an der visuellen Informationsverarbeitung beteiligt sind. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass emotionale Reize elaborierter enkodiert werden als affektiv neutrale Stimuli. Die verstärkte Verarbeitung emotionaler Reize wird als „motivierte Aufmerksamkeit“ interpretiert, d. h. als verstärkte, automatisch gesteuerte Allokation von Aufmerksamkeitsressourcen auf motivational bedeutsame Reize. Die neutralen Bilder verfügen dabei über vergleichbare physikalische Eigenschaften wie die emotionalen Bilder, so dass nur die Emotionalität der Reize variiert wird (Junghöfer, Bradley, Elbert & Lang, 2001) und demnach für die unterschiedlichen Reaktionen verantwortlich sein müsste.

Die Tatsache, dass die bildgebenden Verfahren PET und fMRT neuronale Aktivität nur indirekt über die zeitlich verzögerte Veränderungen des Blutflusses abbilden, macht diese

Verfahren ungeeignet, wenn es darum geht, den genauen zeitlichen Verlauf neuronaler Aktivität beim Betrachten emotionaler und neutraler Reize zu untersuchen. Besser geeignet sind hierfür ereigniskorrelierte Potentiale (event related potentials: ERPs), da bei ihnen der Verlauf der kortikalen Aktivierungen mit zeitlichen Auflösungen im Millisekundenbereich untersucht werden kann. Millisekunde

Die Ergebnisse dieser Studien (Junghöfer, Bradley, Elbert & Lang, 2001; Keil et al., 2001; Schupp et al., 2000; Schupp et al., 2004a; Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2003a; Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2003b; Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2004; Schupp et al., 2004b) decken sich mit den Befunden aus den Studien mit bildgebenden Verfahren: kortikale Reaktionen über visuellen Arealen liefern Hinweise auf eine veränderte perzeptuelle Verarbeitung emotionaler Bilder im Vergleich zu neutralen Kontrollbildern.

Insgesamt erwiesen sich in diesen Studien zwei ERP-Komponenten als selektiv für emotionale Reize (im Vergleich mit neutralen): zum einen eine frühe relative posteriore Negativierung (EPN, early posterior negativity), welche im Sinne einer verstärkten perzeptuellen Enkodierung und automatischer, reflexiver Aufmerksamkeit interpretiert wird; zum anderen die späten positiven Potentiale (late positive potentials: LPPs), die mit höheren Verarbeitungsstufen und bewusster, kontrollierter Aufmerksamkeit in Verbindung gebracht werden. Auf beide Komponenten soll kurz eingegangen werden.

Early Posterior Negativity in den ERPs

Es konnte gezeigt werden, dass ereigniskorrelierte Potenziale auf emotionale Bilder sich bereits in Zeitbereichen ab etwa 150 ms nach Bildbeginn von den ERPs auf neutrale Bilder unterscheiden (vgl. Abbildung 2; Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2003a; Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2003b; Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2004). Hoherregende angenehme und unangenehme Bilder gingen mit einer frühen posterioren Negativierung über temporo-okzipitalen Arealen einher. Die relative Negativierung setzte etwa 150 ms nach Darbietungsbeginn ein und nahm mit steigendem Erregungsgehalt der Bilder zu.

Diese EPN wird als Indikator für eine implizite Aufmerksamkeitsallokation auf emotional bedeutsame Reize betrachtet: Diese Interpretation stützt sich auf Parallelen zwischen der

EPN und Befunden aus kognitiven Aufmerksamkeitsexperimenten. Dort ist bekannt, dass die perzeptuelle Verarbeitung sowohl durch implizite, reflexiv-automatische wie auch durch explizite, absichtsvolle Aufmerksamkeitsprozesse verändert werden kann (Mangun & Hillyard, 1991; Mangun & Hillyard, 1995). Selektive Aufmerksamkeit auf bestimmte Reizeigenschaften, wie Farbe, Form oder dergleichen, führt zu einer sogenannten Selektionsnegativierung in den ereigniskorrelierten Potentialen auf Reize mit zu beachtenden Eigenschaften (Näätänen, 1992). Diese Selektionsnegativierung tritt in einem Zeitfenster zwischen 150 – 300 ms auf und trägt eine ähnliche kortikale Signatur wie die EPN (Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2003a).

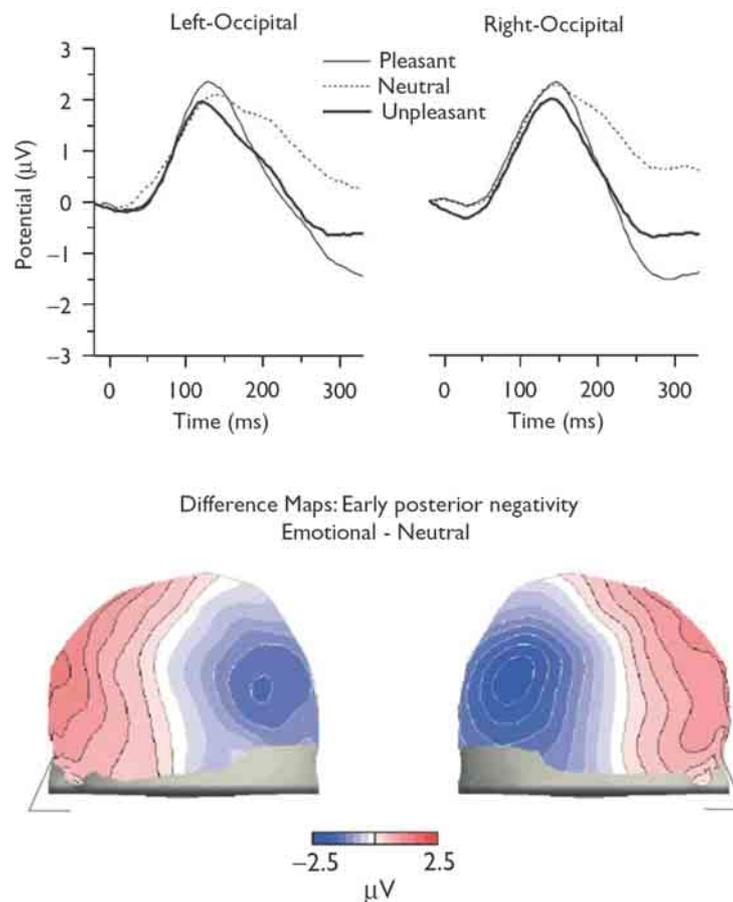


Abbildung 2: Frühe posteriore Negativierung über okzipitalen Arealen beim Betrachten emotionaler vs. neutraler Bilder (aus Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2003a).

Der Unterschied zwischen den Studien zur selektiven Aufmerksamkeit in kognitiven Untersuchungen und den Studien zur emotionalen Modulation perzeptueller Prozesse besteht dabei in der Art der Aufgabe, denn bei den erstgenannten Studien gibt es eine explizite Aufgabe (z. B. „auf grüne Reize achten, rote ignorieren“), wohingegen in den Studien zur

emotionalen Bildbetrachtung keine solche Aufgabe vorliegt („nur die Bilder betrachten“). Die automatische Diskrimination emotionaler und neutraler Reize ist daher keine Folge willentlich gesteuerter selektiver Verarbeitungsprozesse sondern deutet eher auf eine implizite Aufmerksamkeitsallokation hin, durch die relevante Stimuli bereits früh für eine verstärkte Verarbeitung ausgewählt werden.

Besonders seit den Arbeiten von LeDoux zur entscheidenden Rolle der Amygdala bei der Furchtkonditionierung wird immer wieder diese Struktur als potentielle Quelle einer veränderten emotionalen visuellen Verarbeitung diskutiert (Adolphs, 2004; Cardinal, Parkinson, Hall & Everitt, 2002; Davis & Whalen, 2001; Emery & Amaral, 2000; LeDoux, 2000). Zahlreiche Studien haben inzwischen nachgewiesen, dass emotionale Stimuli zur Aktivierung der Amygdala führen (Öhman, 2002) und umgekehrt führen Läsionen der Amygdala (unter anderem) zu Defiziten bei der emotionalen Modulation visueller Prozesse (Anderson & Phelps, 2001; Vuilleumier, Richardson, Armony, Driver & Dolan, 2004). Projektionen aus der Amygdala zu fast allen Ebenen des visuellen Systems und die Tatsache, dass von Kernen der Amygdala aus auch körperliche Reaktionen (Herzschlag, Atemfrequenz etc.) mit gesteuert werden, machen die Amygdala zu einer zentralen Struktur in einem hypothetischen emotionalen Reaktionskreis. Die angenommene affektive Modulation visueller Informationen durch die Amygdala wurde entweder auf rudimentäre sensorische Fähigkeiten dieser Struktur selbst (LeDoux, 1996) oder aber auf einen nach dem „reentry“-Prinzip funktionierenden Mechanismus kreisender Erregung zwischen Amygdala und visuellem Kortex zurückgeführt (Emery & Amaral, 2000).

Late Positive Potentials in den ERPs

Neben einer frühen posterioren Negativierung (EPN) sind ab etwa 400 ms nach Darbietungsbeginn verstärkte positive Potentiale (LPP) auf emotionale Reize zu beobachten (Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer & Lang, 2000; Keil, 2002; Schupp et al., 2000; siehe Abbildung 3). Die Amplituden dieser späten Potentiale korrelieren mit den subjektiven Erregungseinschätzungen auf der SAM-Skala und die verstärkten Potentiale bestehen – je nach Bilddarbietungsdauer – über mehrere Sekunden hin fort. Auch für die emotionale Modulation der späten positiven Potentiale scheint es in Paradigmata der kognitiven Psychologie Entsprechungen zu geben: späte positive Potentiale gelten als Indikatoren höherer perzeptueller und zentraler Verarbeitungsstufen, ihre Amplituden variieren mit der wahr-

genommenen Bedeutsamkeit der Stimuli (nach Hamm, Schupp & Weike, 2002; Kok, 1997). Auf aufgabenrelevante Reize werden gleichfalls verstärkte LPPs gefunden (vgl. z. B. Fabiani, Gratton & Coles, 2000; Johnson, 1988) und es wird vorgeschlagen, dass verstärkte LPPs möglicherweise die höhere intrinsische Relevanz emotionaler Reize widerspiegeln (Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2003b). Auch in den Studien zu LPPs auf emotionale Bilder geschieht die verstärkte Verarbeitung emotionaler Reize automatisch, sie ist keine Folge einer expliziten Aufgabe.

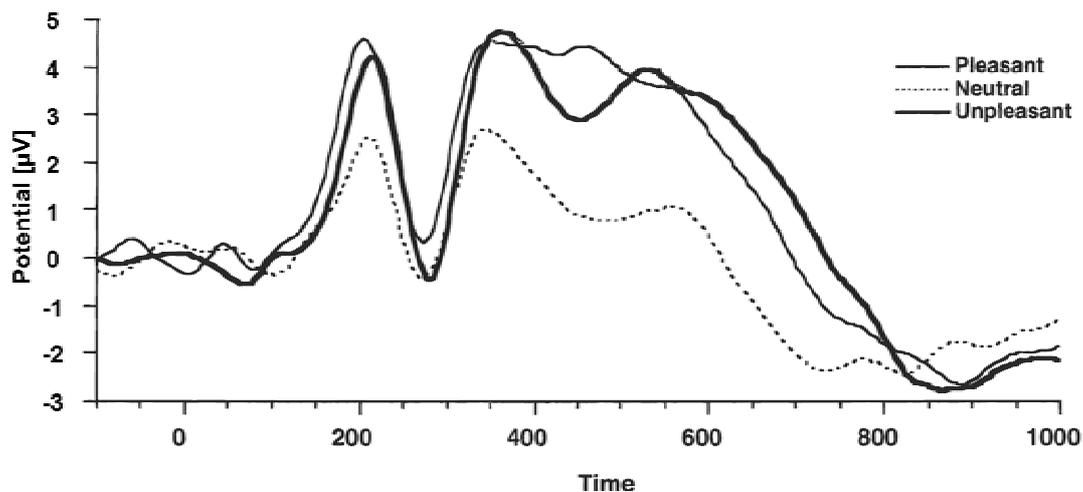


Abbildung 3: Späte positive Potentiale (in μV) über der zentral gelegenen Elektrode Pz beim Betrachten von angenehmen und unangenehmen vs. neutralen Bildern (modifiziert nach Schupp et al., 2000).

Einordnung der Befunde aus Studien mit emotionalen Reizen und Bezug zu Motivation

Die vorgestellten Befunde des Forschungsprogramms zur Untersuchung des Zusammenspiels von Emotionen und Aufmerksamkeitsprozessen stützen konsistent die Hypothese, dass evolutionär bedeutsame emotionale Reize automatisch Aufmerksamkeitsressourcen auf sich ziehen. Zu diesem Schluss kommt auch Compton in einem Übersichtsartikel (Compton, 2003).

Im Langschen Modell der motivationalen Organisation von Emotionen gibt es keine klare Grenze zwischen Motivation und – zumindest einigen Formen von – Emotion (Öhman, Flykt & Lundqvist, 2000). Die Lokalisation der für den jeweiligen Zustand charakteristischen auslösenden Reize wird im Falle der Emotionen als eher außerhalb des Organismus liegend betrachtet (z. B. eine Schlange in der Umgebung als externer Auslöser für Furcht), wohingegen im Falle von Motivation – etwa beim Hunger – die bestimmenden

Reize eher im Organismus zu finden seien (z. B. ein durch Deprivationssignale mit ausgelöstes Hungergefühl).

Für emotionale Reize gilt außerdem, dass ihre Emotionalität eine stabile Eigenschaft darstellt. Die Bedeutsamkeit motivationaler Reize hingegen unterliegt stärker einer phasisch schwankenden, internalen Regulation, welche auch vom Deprivationszustand abhängig ist. Wird ein Tier z. B. nahrungsdepriviert, sollte die motivationale Relevanz von nahrungsbezogenen Reizen immer weiter ansteigen. Im gesättigten Zustand liegt weniger Motivation zum Essen vor, nämlich nur der Anreizwert der Reize, der ohne Deprivationszustand besteht.

Die Datenlage zur selektiven Verarbeitung motivationaler Reize (z. B. Nahrungsreize, mit Fortpflanzung in Verbindung stehende Reize) ist gegenüber den Befunden zur Verarbeitung emotionaler Stimuli weniger konsistent und noch nicht gut in die Theorie der motivierten Aufmerksamkeit integriert (Davis & Lang, 2003; Lang, Bradley & Cuthbert, 1997). Im Langschen Paradigma werden Emotionen zwar auf motivationale Systeme zurückgeführt, aber eine explizite Manipulation des motivationalen Zustands fand innerhalb dieses Forschungsprogramms selten statt. Über die vorhandenen Studien, die in der Literatur weiter verstreut und oft nicht aufeinander bezogen sind, soll nun ein Überblick gegeben werden.

Aktuelle Studien zur selektiven Reizverarbeitung unter Nahrungsdeprivation

Verhaltensstudien: Stroop- und Dot-Probe-Paradigma

Neuere Studien⁴ zu selektiven Einflüssen von Nahrungsdeprivation auf Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsprozesse wurden oft vor dem Hintergrund des starken Anstiegs der Essstörungen im Rahmen klinisch-psychologischer Forschung durchgeführt (Fauce, 2002; Lee & Shafran, 2004). Diese Studien setzten vor allem das populäre modifizierte Stroop-

⁴ Studien, die im Rahmen des „New Look“ (Bruner & Goodman, 1947) zu motivationalen Einflüssen auf Wahrnehmungsprozesse (z. B. Hunger: Levine, Chein, & Murphy, 1942; Pastore, 1949; Sanford, 1936; Sanford, 1937; Atkinson & McClelland, 1948; Lazarus, Yousem, & Arenberg, 1953a; Lazarus, Yousem, & Arenberg, 1953b; McClelland & Atkinson, 1948) durchgeführt wurden, werden nicht besprochen, da das Verständnis des Begriffs „Wahrnehmung“ im New Look stärker höhere, interpretative Prozesse bezeichnet (siehe u.a. Saugstad, 1966), wohingegen in der aktuellen Forschung rein auf die perzeptuelle Enkodierung fokussiert wird.

-Paradigma ein (sog. "emotional Stroop"; Brody, Keller, Degen, Cox & Schächinger, 2004; Channon & Hayward, 1990; Green, Elliman & Rogers, 1996; Lavy & van den Hout, 1993; Overduin, Jansen & Louwerse, 1995; Stewart & Samoluk, 1997). Die Aufgabe der Versuchspersonen in einem „emotional Stroop“- Experiment besteht meist darin, die Farbe zu benennen, in der ein dargebotenes Wort geschrieben ist (z. B. rot, grün, gelb oder blau). Stroop (1935) hatte entdeckt, dass es den Versuchspersonen schwer fällt, die Bedeutung des geschriebenen Wortes bei der Farbbenennungsaufgabe zu ignorieren und dass infolgedessen die Wortbedeutung mit der Farbbenennung interferieren kann. In einem „emotional-Stroop“-Experiment mit essgestörten Versuchspersonen wird die Wortbedeutung nun dahingehend variiert, dass entweder störungsbezogene Worte (z. B. nahrungs- oder figurbezogene Worte, z. B. essen, schlingen, fasten, zunehmen etc.) oder neutrale Kontrollwörter eingesetzt werden. Die Versuchspersonen sollen die Farbe des Wortes möglichst schnell benennen. Die Differenz zwischen der Dauer der Farbbenennung in der Bedingung mit störungsassoziierten Wörtern und der Farbbenennungszeit bei neutralen Wörtern wird als Stroop-Interferenz bezeichnet. Dobson und Dozois (2004) geben einen deskriptiven und auch metaanalytischen Überblick über die vorhandenen Studien. Sie stellen fest, dass die Evidenz für stärkere Stroop-Interferenzen bei nahrungs- und gewichtsbezogenen Reizen relativ stark ist. Dieser Effekt fehlt oder ist schwächer, wenn normale Versuchspersonen dieselbe Aufgabe ausführen. Für fastende bzw. diät haltende Gruppen ist die Befundlage nach Dobson und Dozois hingegen uneindeutig.

Die Interpretation der mit dem Stroop-Paradigma erzielten Ergebnisse ist allerdings umstritten, da nicht klar ist, inwiefern Stroop-Interferenzen auf frühe Effekte selektiver Aufmerksamkeit oder auf Antwortkonflikte zurückzuführen sind (Mead et al., 2002; Mogg, Bradley, Hyare & Lee, 1998).

Eine andere Methode zur Untersuchung von (visuell-räumlicher) Aufmerksamkeit stellt das Dot-Probe-Paradigma dar. Mogg und Kollegen (Mogg, Bradley, Hyare & Lee, 1998) haben ein Dot-Probe-Experiment durchgeführt (siehe auch mit essgestörten Versuchspersonen: Placanica, Faunce & Job, 2002; Rieger et al., 1998), bei dem Hunger durch Nahrungsdeprivation manipuliert wurde. Nahrungsbezogene und Kontroll-Wörter wurden in zwei Präsentationsdauern dargeboten. Ein selektiver Effekt des motivationalen Zustandes auf die Probe-Detektion zeigte sich allerdings nur in der Bedingung mit überschwelliger

Darbietung, nicht in einer Bedingung mit unterschwelliger Darbietung ($SOA_{subliminal} = 14$ ms).

Neuere peripherphysiologische Studien

Im psychophysiologischen Bereich liegen inzwischen auch einige Studien vor. Drobos und Kollegen (2001) untersuchten subjektive und peripherphysiologische Reaktionen auf Nahrungsbilder sowie emotionale und neutrale Bilder aus dem IAPS bei normalen und essgestörten Versuchspersonen, die 0, 6 oder 24 Stunden lang gefastet hatten. Nahrungsdeprivation beeinflusste die Herzfrequenzänderungen auf Nahrungsreize. Zusätzlich fand sich ein potenziertes Startle-Reflex, wenn dieser im nahrungsdeprivierten Zustand beim Betrachten eines Essensbildes ausgelöst wurde (Abbildung 4). Auch Mauler und Kollegen (in press; 1997) fanden diese Reflexverstärkung. Ein solches Ergebnis ist insofern überraschend, weil eigentlich Nahrungsreize das appetitive System bahnend aktivieren und so zu einer Reduktion der Startle-Amplitude führen sollten. Drobos und Kollegen stellen die Behauptung auf, dass die dargebotenen Reize im experimentellen Kontext eine frustrierende Belohnungsverweigerung darstellen könnten und heben den Bezug zur Suchtforschung hervor, aus der bekannt ist, dass appetitive Cravings zu aversivem Affekt führen (vgl. Drobos & Tiffany, 1997; Elash, Tiffany & Vrana, 1995).

Die übrigen Parameter, von denen aus der Emotionsforschung bekannt ist, dass sie mit bestimmten Eigenschaften der affektiven Bilder korrelieren, liefern in dieser Studie ein gemischtes Bild. Die Hautleitwertreaktionen scheinen nach längerer Nahrungsdeprivation auszubleiben. Beim Betrachten der Bilder deutet die Mimik eher auf positiven Affekt hin. Drobos und Kollegen diskutieren, dass möglicherweise im experimentellen Setting ein Zustand motivationaler Ambivalenz hervorgerufen werde, da die hungrigen Probanden wiederholt mit Nahrungsreizen stimuliert werden, ohne dass es tatsächlich zum Konsum kommt. In realen Situationen würde dieser Konsum unmittelbar dem Anblick der Nahrung folgen.

Interessant sind auch die Ergebnisse von Mauler und Kollegen (in press) zur Startle-Modulation durch Nahrungsdeprivation bei Bulimie-Patientinnen. Sie konnten zeigen, dass im Vergleich zu Kontrollpersonen die Startle-Potenzierung beim Betrachten von Nahrungsreizen in der Gruppe der Essgestörten stärker ausfiel als bei Kontrollpersonen. Darüber hinaus nahm die Potenzierung nach Nahrungsdeprivation ab, infolge von Nahrungs-

aufnahme hingegen zu. Mauler und Kollegen halten es für möglich, dass Nahrungsreize bei Bulimie-Patientinnen negative Affekte auslösen, die durch Fasten vermieden werden können.

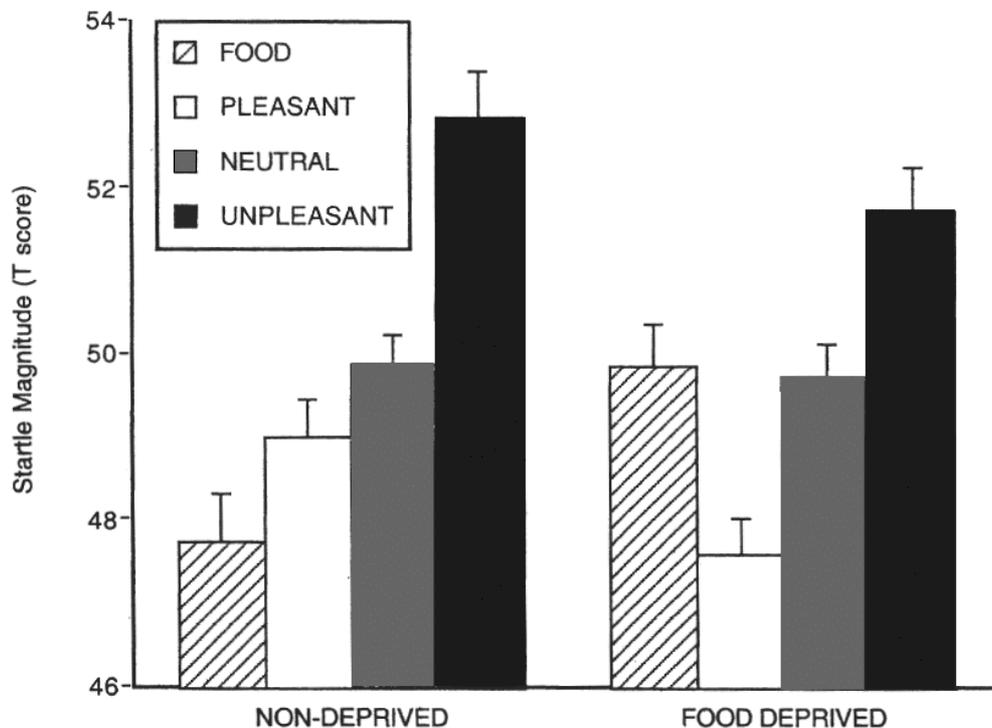


Abbildung 4: Standardisierte Schreckreflex-Amplituden auf Töne während des Betrachtens von angenehmen, neutralen und unangenehmen Bildern sowie Bildern von Essen. Links für gesättigte Versuchspersonen, rechts im hungrigen Zustand (aus Drobles et al., 2001).

Lüthy und Kollegen (2003) setzten das Präpuls-Inhibitions-Paradigma ein. Es handelt sich dabei um den Effekt, dass die Stärke der Lidschlussreaktion abgeschwächt wird, wenn unmittelbar vor ihrer Auslösung durch einen erschreckenden Stimulus (z. B. lauter Ton mit rapider Anstiegsflanke) ein sogenannter Präpuls, d. h. ein selbst nicht erschreckender Reiz dargeboten wird. Der Effekt der Präpulsinhibition hängt dabei von der Intensität und der wahrgenommenen Bedeutsamkeit des Präpuls-Reizes ab (Filion, Dawson & Schell, 1993; Filion, Dawson & Schell, 1998). Das Paradigma wurde auch im Zusammenhang mit emotionalen visuellen Reizen als Präpuls-Reizen verwendet (Bradley, Cuthbert & Lang, 1993; Hawk, Redford & Baschnagel, 2002; Vanman, Boehmelt, Dawson & Schell, 1996). Generell zeigte sich, dass die PPI-Stärke von dem Erregungsgehalt des Bild abzuhängen schien. Lüthy und Kollegen untersuchten, ob Nahrungsbilder bei satten Versuchspersonen zu einem Präpulsinhibitionseffekt führen und ob Hunger – und die damit einhergehende erhöhte

Bedeutsamkeit von Nahrungsreizen – diesen Effekt verstärkt. Die Bilder wurden zwar im hungrigen Zustand als deutlich erregender beurteilt, ein entsprechender Anstieg der PPI-Stärke konnte aber nicht beobachtet werden. Nahrungsbilder induzierten sowohl im hungrigen als auch im sattten Zustand eine Präpulsinhibition, obwohl sie im sattten Zustand nicht als besonders erregend eingestuft wurden.

fMRT- und ERP-Untersuchungen

Plihal und Kollegen (2001) untersuchten, ob sogenannte präattentive Verarbeitungsprozesse (Treisman & Gelade, 1980) bedürfnisspezifisch variieren. Hierzu prüften sie den Einfluss von Nahrungsdeprivation auf die ereigniskorrelierten Potentiale bei der Identifikation nahrungsbezogener und neutraler sowie sexueller Wörter. Die Wörter wurden tachistoskopisch dargeboten, Darbietungsgeschwindigkeit und der Kontrast wurden vor dem eigentlichen Experiment individuell so angepasst, dass mehrere Darbietungen bis zur Identifikation benötigt wurden. So sollte sichergestellt werden, dass bei den ersten Durchgängen nur eine vage Stimulusrepräsentation vorliegt, die sich dann langsam konkretisiert. Gemessen wurden anschließend zum einen die Anzahl der benötigten Durchgänge bis zur Identifikation und zum anderen die ERPs auf die einzelnen Darbietungen, welche auf diese Weise den Verlauf des Wortidentifikationsprozesses abbilden sollten. Die P2-Komponente der ereigniskorrelierten Potentiale erwies sich als vom Deprivationszustand abhängig, sie fiel im Hungerzustand größer aus. Die Resultate werden als Hinweis darauf interpretiert, dass Hunger die Verarbeitung von nahrungsbezogenen und sexuellen Reizen früh (P2) beeinflussen kann, obwohl die Stimuli noch nicht voll identifiziert werden können. Allerdings ist eine Generalisierung der Ergebnisse auf - ökologisch validere und evolutionär bedeutsamere - Bildreize nicht ohne weiteres möglich.

In einer PET-Studie untersuchten Morris und Dolan (2001) die Gehirnaktivität von Teilnehmern im hungrigen oder sattten Zustand, die an einem Rekognitionsexperiment mit nahrungs- und haushaltsbezogenen Abbildungen teilnahmen. Wie erwartet führte Nahrungsdeprivation zu einem sehr deutlichen Gedächtnisvorteil bei den Essensbildern – dies galt ohne Ausnahme für alle 10 Teilnehmer. Der regionale Blutfluss im Bereich der linken Amygdala korrelierte signifikant mit der Wiedererkennensleistung der Essensbilder, Aktivierung im rechtsseitigen anterioren Orbitofrontalcortex hingegen korrelierte mit der Gedächtnisleistung insgesamt. Da bekannt ist, dass Neurone in der Amygdala und auch in

orbitofrontalen Cortex feuern, wenn Nahrung gesehen, gerochen oder geschmeckt wird und auch wenn mit Nahrung assoziierte Reize dargeboten werden (Nishijo, Ono & Nishino, 1988; Rolls, Yaxley & Sienkiewicz, 1990; Sanghera, Rolls & Roper-Hall, 1979), ergeben sich hier interessante Ausgangspunkte für weitere Hypothesen. Befunde aus Studien zum Lernen in verschiedenen Motivationssystemen (Essen, Sexualverhalten, Drogen) lassen auf eine Beteiligung des basolateralen Amygdalakerns bei der Repräsentation des aktuellen Verstärkungswerts (reinforcement value) von Reizen schließen (Holland & Gallagher, 1999). Zusätzlich ist auch im Kontext von Emotion (besonders Furcht) und Aufmerksamkeit eine Beteiligung der Amygdala in vielen Studien nachgewiesen worden und es wird vorgeschlagen, dass dies auch allgemein für die Verarbeitung von biologisch relevanten Informationen (insbesondere Nahrungsreize) der Fall sein könnte (Arana et al., 2003; Baxter & Murray, 2002; Zald, 2003). In tierexperimentellen Studien blockieren Amygdalaläsionen z. B. Aufmerksamkeitseffekte auf Reize, die zuvor mit Essen assoziiert worden waren (nach Davis & Lang, 2003).

Da Morris und Dolan die hungrigen Versuchspersonen während des Experiments sättigten, geben ihre Daten durch die Kontrastierung auch Auskunft über Strukturen, die an der Repräsentation des Hungerzustandes beteiligt sind. Als hungerassoziierte Strukturen erwiesen sich unter anderem der Hypothalamus, der Nucleus accumbens und die Insel (Arana et al., 2003; siehe auch Del Parigi et al., 2002; Hinton et al., 2004; Killgore et al., 2003; Liu, Gao, Liu & Fox, 2000; Smeets, de Graaf, Stafleu, van Osch & van der Grond, 2005; Tataranni et al., 1999; Wang et al., 2004).

LaBar und Kollegen (2001) fanden unter Verwendung der funktionellen Kernspintomographie zustandsspezifische Aktivierungen beim Betrachten von Bildern aus verschiedenen Kategorien. Nahrungsbilder führten im hungrigen (8 Stunden Nahrungsdeprivation) gegenüber dem gesättigten Zustand zu verstärkten Aktivierungen der Amygdala, des parahippocampalen Gyrus und des anterioren fusiformen Gyrus. Verstärkte Aktivierungen des Gyrus fusiformis wurden auch von Forschern berichtet, die emotionale gegenüber neutralen Gesichtsausdrücken dargeboten hatten (z. B. Rhodes, Byatt, Michie & Puce, 2004).

Vor einem ähnlichem theoretischen Hintergrund wie in der vorliegenden Studie gingen LeLand und Pineda (2004; submitted) unter Verwendung des Posner-Cueing-Paradigmas der Frage nach, ob Nahrungsdeprivation zu veränderten Aufmerksamkeitseffekten auf visuelle Reize führen kann. Dieses Paradigma erwies sich in vorangegangenen Studien mit

affektiven Wörtern bereits als potentiell emotionssensitiv (Stormark, Nordby & Hugdahl, 1995). Beim Posner-Cueing-Paradigma wird der Ort, an welchem ein Stimulus kurze Zeit später dargeboten werden kann, durch einen vorherigen Reiz angekündigt. Allerdings sagt der ankündigende Reiz den Ort des Erscheinens des Zielreizes nicht deterministisch voraus. Das typische Ergebnis des Cueing-Paradigmas besteht darin, dass an valide angekündigten Stellen die Reaktionszeit auf den Zielreiz schneller ist als an invalide angekündigten Stellen. Zusätzlich lässt sich dann auch die Art des Zielreizes variieren, um so zu überprüfen, ob bestimmte Reiztypen zu stärkeren Ersparnissen und Kosten durch valides bzw. invalides Ankündigen führen. In dieser Studie zeigte sich eine schnellere bzw. langsamere einfache Reaktionszeit auf die Zielreize in Abhängigkeit von der vorherigen validen bzw. invaliden Andeutung. Dieser Effekt war stärker für Essenswörter als für Kontrollwörter, ohne jedoch vom motivationalen Zustand (hungrig/satt) abzuhängen. Ereigniskorrelierte Potentiale wurden ebenfalls abgeleitet. Für die Nahrungswörter fielen eine anteriore Negativierung (160 ms) sowie eine P3-artige Positivierung (420 ms) stärker aus als für die Kontrollwörter. Diese frühe Negativierung erscheint besonders interessant.

Die vorliegende Arbeit baut außerdem auf einer bereits bestehenden Arbeit auf. In einer Diplomarbeit von Schaer (2004) wurde mittels 128-Kanal-EEG die visuelle Verarbeitung von Nahrungsreizen im Hungerzustand und im gesättigten Zustand untersucht. Schaer bot seinen Probanden positive, neutrale und negative Bilder aus dem IAPS sowie Essensbilder gemischt dar. Die Teilnehmer erschienen zur Messung nach 24 Stunden Nahrungsdeprivation oder gesättigt. Zusätzlich zu den ereigniskorrelierten Potentialen wurden die Schreckreaktionen erfasst. Eine zustandsabhängige Modulation der Schreckreaktion bei den Essensbildern ging in dieselbe Richtung wie in den Studien von Drobles (Drobles et al., 2001) und Mauler (Mauler, Tuschen & Hamm, 1997), verfehlte aber die Signifikanz, was darauf zurückgeführt werden könnte, dass die statistische Power bei einer Stichprobe von 16 Teilnehmern nicht ausreichte, um zu einem signifikanten Effekt zu führen. Die Bilder wurden wegen der gleichzeitigen Startle-Aufzeichnung für eine längere Zeit dargeboten: ein Bild war jeweils für 6 Sekunden zu sehen. In einem frühen Zeitbereich zwischen 100-160 ms zeigte sich bei den Essensbildern im Hungerzustand eine frühe posteriore Negativierung relativ zum satten Zustand über parieto-okzipitalen Arealen. Diese Negativierung lag in einem anderen Zeitbereich als die klassische EPN, wie sie z. B. von Schupp und Kollegen (Schupp et al., 2004b) berichtet wurde. Eine Analyse des klassischen EPN-Zeitbereichs (220-280 ms) ergab hingegen keinen zustandsabhängigen Effekt. Auch im Bereich später

positiver Potentiale über zentro-parietalen Arealen fand sich kein zustandsabhängiger Effekt für die Essensbilder. Im Rahmen dieser Studie wurde zusätzlich zur 6-sekündigen Darbietung, die in Schaers Arbeit berichtet wird, auch eine Bedingung mit schneller Bild-darbietung (RSVP, 333 ms) untersucht (Stockburger, Schaer, Weike, Schupp & Hamm, 2004). Unter Nahrungsdeprivation zeigten die ERPs auf Essensbilder zwischen 180 und 240 ms eine verstärkte parietale Positivierung und zwischen 250 und 300 ms eine okzipitale Negativierung.

Einordnung der Befunde zur Verarbeitung von Reizen unter Nahrungsdeprivation

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Nahrungsdeprivation zu einer Vielzahl von Veränderungen im Organismus und dessen Verhalten führt. Ein modulierender Einfluss von Motivation auf sensorische Enkodierungsprozesse erscheint vor dem Hintergrund der Befunde zur selektiven Verarbeitung emotionaler Reize plausibel, ist bislang aber nicht nachgewiesen.

Kognitive Veränderungen lassen sich in den Studien mit essgestörten Teilnehmergruppen zwar feststellen, es bleibt aber unklar, ob diese Veränderungen auf die Manipulation des Nahrungsdeprivationszustandes an sich oder auf die mit der Aufrechterhaltung des Fastens befassten Kognitionen zurückzuführen sind. Die Studien zur Aufmerksamkeitslenkung auf nahrungsbezogene Wörter finden zwar die erwarteten Effekte, müssen jedoch mit Vorsicht interpretiert werden, weil die symbolische, visuelle Wortverarbeitung nicht direkt auf die Verarbeitung von Bildern übertragbar ist. Die Studien zur Schreckreizmodulation zielen eher darauf ab, den vorliegenden Motivationszustand festzustellen und die Studien zur Präpulsinhibition ergeben insgesamt kein einheitliches Bild. Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren zeigen zwar, dass bestimmte Gehirnstrukturen an motivationalen Prozessen beteiligt sind und eine veränderte Aufmerksamkeit bzw. visuelle Verarbeitung erscheint plausibel, wurde aber in keiner der Studien explizit untersucht. Lediglich die Studie von LaBar lässt eine vom motivationalen Zustand abhängige Verarbeitung entlang des ventralen visuellen Stroms möglich erscheinen. Die bislang einzige ERP-Studie, die mit einer geeigneten Methodik diese Frage untersucht hat, ist die Studie von Schaer. Ihre Ergebnisse sind allerdings nicht eindeutig: die Motivationseffekte waren deutlich schwächer, lagen in anderen Zeitbereichen und an anderen Stellen als die bekannten Effekte bei den emotionalen Bildern. Die beiden Teilexperimente mit unterschiedlich schnellen

Bilddarbietungen sind nicht direkt miteinander vergleichbar. Eine modifizierte Replikation dieser Studie erscheint angesichts der unklaren Befundlage in diesem Bereich angezeigt.

3. Ableitung der Fragestellung

In ERP-Untersuchungen mit emotionalen Bildern werden konsistent eine frühe posteriore Negativierung (EPN) und verstärkte, späte positive Potentiale (LPP) gefunden. Diese Veränderungen der ereigniskorrelierten Potentiale werden auf die erhöhte motivationale Relevanz der emotionalen Bilder gegenüber neutralen Vergleichsreizen zurückgeführt und im Sinne des Konzepts der motivierten Aufmerksamkeit interpretiert.

Neben den stabilen emotionalen Einflüssen könnten auch motivationale Einflüsse, die phasisch schwanken, die sensorische Verarbeitung zustandsabhängig selektiv modulieren. Insbesondere die Tatsache, dass Emotionen vielfach als auf einem elementaren Motivationssystem basierend angesehen werden, legt diesen Vergleich nahe. Außerdem gelten für diejenigen Herausforderung der Umwelt, zu deren Lösung sich Motivation in Form von Hunger, Durst, Sexualität etc. entwickelt haben, ähnliche Rahmenbedingungen wie für die postulierten handlungsdisponierenden Funktionen der Emotionen. Die Manipulation von Motivation durch Nahrungsdeprivation erscheint dabei experimentell gut umsetzbar.

Die vorliegende Arbeit untersucht daher, ob die durch Nahrungsdeprivation veränderte Motivationslage des Organismus einen selektiven Einfluss auf die Verarbeitung visuell dargebotener Nahrungsreize hat.

Umsetzung der Fragestellung in ein Experiment

Die vorliegende Arbeit baut auf einer früheren Arbeit auf (Schaer, 2004; Stockburger, Schaer, Weike, Schupp & Hamm, 2004), die wesentlichen Merkmale des vorangegangenen Experiments werden daher beibehalten: der motivationale Zustand der Versuchspersonen soll durch 24-stündige Nahrungsdeprivation manipuliert werden. Die Probanden sollen an zwei Messterminen – einmal hungrig und einmal satt – Bilder von Essen betrachten während ereigniskorrelierte Potentiale gemessen werden.

Es erschienen allerdings auch einige Veränderungen am ursprünglichen Studiendesign angezeigt:

Da bei der Vorläufer-Studie von Schaer aufgefallen war, dass die Essensbilder bezüglich ihrer perzeptuellen Eigenschaften aus den übrigen IAPS-Bildern herausstachen, sollte eine günstigere Vergleichskategorie gewählt werden. Die IAPS-Bilder wurden weiterhin prä-

sentiert, nun aber in einem getrennten Darbietungsteil. So konnte untersucht werden, ob die klassischen Emotionseffekte auftreten und ob sie gegenüber der Veränderung des motivationalen Zustands sensitiv sind. Als Vergleichsreize für die Essensbilder wurden Blumen gewählt, da ihre Erscheinungsmerkmale hinsichtlich Farbe, Form, Detailreichtum und Anordnung sehr gut zu denen der Essensbilder zu passen schienen. Anzumerken ist, dass an den beiden Messterminen exakt dieselben Bilder dargeboten wurden. Einwände, die Unterschiede bei den Bildern könnten auf unberücksichtigte, verborgene physikalische Unterschiede zwischen den Bildern der einzelnen Kategorien zurückzuführen sein, können in diesem Design nicht vorgebracht werden.

Eine weitere Modifikation bestand in der veränderten Darbietungsgeschwindigkeit. Die Darbietungsdauer von 6 Sekunden in der Studie von Schaer führt nur zu einer geringen perzeptuellen Belastung und war in erster Linie wegen der interessierenden Effekte der Startle-Schreckreaktionen gewählt worden, welche eine länger andauernde Bildpräsentation erforderlich machten. Im Rahmen der Studie wurden allerdings auch Bilder mit einer Darbietungsrate von 3 Hz gezeigt, was zu einer höheren perzeptuellen Belastung führt (vgl. Pessoa & Ungerleider, 2004 für eine Diskussion der Auswirkungen von hohen Anforderungen an begrenzte Aufmerksamkeitsressourcen im Zusammenhang mit emotionalen Reizen). Diese Darbietungsgeschwindigkeit ist ausreichend, um frühe ERP-Effekte feststellen zu können. Wir waren aber auch den späteren Komponenten (LPP) interessiert und boten die Bilder daher mit 660 ms dar.

Die Untersuchung von Schaer wurde an 16 Männern durchgeführt. Für die vorliegende Studie wurde die Teilnehmerzahl auf 32 heraufgesetzt. 16 Frauen wurden zusätzlich in die Untersuchung aufgenommen.

Wie von Schaer angeregt, wurde eine explizite Kontrolle des Deprivationszustandes in Form von β -Hydroxy-Buttersäure-Messungen (ein Ketonkörper) durchgeführt. Somit konnte die Ernsthaftigkeit der Versuchspersonen hinsichtlich des Fastens durch ein physiologisches Maß objektiviert und gleichzeitig der Aufforderungscharakter der Versuchssituation erhöht werden.

Hypothesen

Mit diesen Veränderungen ergeben sich folgende Vorhersagen für die Ergebnisse der Untersuchung:

Überprüfung der Manipulation des Hungers

Bevor überhaupt Schlüsse gezogen werden können, muss abgesichert werden, dass die experimentelle Manipulation des Deprivationszustandes erfolgreich war. Diese Annahme ist dann begründet, wenn die Teilnehmer angeben, sehr hungrig zu sein (Selbstbericht) und wenn das objektive Maß des Ketonspiegels diese Angaben bestätigt. Es wird daher vorausgesetzt, dass die Teilnehmer im hungrigen Zustand mehr Hunger und Appetit auf einer Ratingskala berichten als im satten Zustand. Außerdem sollte der Ketonspiegel im hungrigen Zustand gegenüber dem satten Zustand ansteigen.

Vorhersagen zur Veränderung der subjektiven Einschätzungen der Bilder

Es wird erwartet, dass die affektive Einschätzung von Essensbildern vom Deprivationszustand abhängt. Essensbilder sollten im hungrigen Zustand als angenehmer und gleichzeitig erregender bewertet werden. Dagegen sollte für Blumen und die Bilder aus den drei Kategorien „angenehm“, „neutral“ und „unangenehm“ keine spezifische Veränderung der Einschätzungen in Abhängigkeit vom Hunger festzustellen sein. Allenfalls wäre ein Haupteffekt des Zustandes denkbar, der sich gleichermaßen auf die Bewertungen aller Kategorien auswirkt.

Vorhersagen zu den ereigniskorrelierten Potentialen im Teil „Essen und Blumen“

Der Vergleich der elektrophysiologischen Reaktionen auf Bilder von Essen und Blumen im hungrigen und satten Zustand, stellt den zentralen Teil der Untersuchung dar. In der emotionspsychologischen Forschung haben sich zwei ERP-Komponenten als sensitiv erwiesen: EPN und LPP. Es soll daher geprüft werden, ob EPN und LPP in gleicher Weise eine selektive Verarbeitung von motivational relevant gewordenen Nahrungsreizen anzeigen.

Wir erwarten eine frühe posteriore Negativierung (EPN) auf die Essensbilder im hungrigen Zustand, während kein solcher Effekt für die Bilder von Blumen auftreten sollte, da deren Bedeutsamkeit vom Deprivationszustand unbeeinflusst bleibt.

Im Bereich der LPPs erwarten wir dementsprechend eine verstärkte späte Positivierung der Essensbilder im hungrigen Zustand über zentro-parietalen Arealen. Keine vergleichbare Positivierung sollte dagegen für die Blumen zu finden sein.

Die Darbietungszeit (660ms) sollte diese Ergebnisse nicht verändern. Wie auch bei den Emotionseffekten gehen wir davon aus, dass unter stärkerer perzeptueller Belastung die Richtung der vorausgesagten Effekte erhalten bleibt.

Vorhersagen zu den ereigniskorrelierten Potentialen im Teil „Emotionale Bilder“

Weder im Bereich der LPPs noch der EPN wird ein Einfluss von Nahrungsdeprivation auf die etablierten Effekte der emotionalen Bilder erwartet. Dieser Teil des Experiments dient dazu, zu zeigen, dass die bekannten Effekte (EPN und LPP für positive vs. neutrale Bilder sowie negative vs. neutrale Bilder) unabhängig vom Deprivationszustand sind. Dadurch soll zum einen nachgewiesen werden, dass diese bekannten Effekte bei den Teilnehmern auftreten, zum anderen ergibt sich die Möglichkeit, ihre intraindividuelle Stabilität über die beiden Messungen hinweg zu untersuchen.

4. Methoden

Versuchspersonen

Insgesamt nahmen an dem Versuch 32 freiwillige Versuchspersonen teil (16 Männer, 16 Frauen). Das durchschnittliche Alter der Stichprobe betrug 23.5 Jahre ($SD = 3.54$), der Body-Mass-Index (BMI) lag im Mittel bei 21.59 ($SD = 1.35$). Die Teilnehmer erhielten entweder 20 Euro oder - falls es sich um Psychologiestudenten im Grundstudium handelte – vier Versuchspersonenstunden im Rahmen der Verpflichtungen für das Vordiplom.

Die Teilnehmer wurden durch Aushänge in der Universität sowie durch Flugblätter in der Mensa auf die Untersuchung aufmerksam gemacht. Interessenten wurden zunächst telefonisch kontaktiert. In einem standardisierten Gespräch wurde geprüft, ob sie den Einschlusskriterien der Studie entsprachen (Eine Kopie des verwendeten Gesprächsleitfadens befindet sich im Anhang B). Ziel dieser Einschlusskriterien war es, mit dem körperlichen Hungerzustand interferierende bzw. bei der EEG-Aufzeichnung hinderliche Faktoren möglichst weitgehend auszuschließen. Daher wurden alle Raucher, alle Personen, die regelmäßig oder über größere Zeiträume hinweg fasteten, alle stark unter- oder übergewichtigen Interessenten, alle Personen mit aktuellen Erkrankungen (ausgenommen Bagatellerkrankungen) und Personen mit Essstörungen von der Teilnahme ausgeschlossen. Eine Liste der Ein- bzw. Ausschlusskriterien findet sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht über Ein- und Ausschlusskriterien der Studie

<i>Einschlusskriterien der Studie</i>
Body-Mass-Index (BMI) zwischen 19.5 und 25.5
Alter zwischen 19 und 35
Keine vegetarische Ernährung
Nichtraucher
Keine Stoffwechselanomalien (z. B. Diabetes mellitus, Schilddrüsenfunktionsstörungen)
Keine schwerwiegenden aktuellen Erkrankungen
Keine Vorgeschichte von Essstörung oder exzessivem Fasten
Keine "Restrained Eater" (gezügelter Essverhalten)
Keine psychischen Störungen (insbes. Phobien, Essstörungen)

Reizmaterial

Das verwendete Bildmaterial bestand zum einen aus einem Set von jeweils 40 Bildern, auf denen Essen und Blumen abgebildet waren, zum anderen aus einem Set von je 40 negativen, neutralen und positiven Bildern. Im Anhang A sind alle verwendeten Bilder mit zugehörigen Bildnummern auf Kontaktabzügen abgebildet.

Die Fotos waren farbig und wurden mit einer Auflösung von 640*480 Pixeln als JPEG-Grafiken gespeichert. Mittels eines Matlab-Programms wurden die Helligkeits- und Kontrastwerte aller Bilder auf ein vergleichbares Niveau gebracht.

Die Bilder von Essen und Blumen (Food and Flowers: FF, Beispiele in Abbildung 5) waren aus dem Internet und aus Büchern entnommen. Bei der Auswahl des Sets wurde darauf geachtet, dass keine auf den ersten Blick hervorstechenden Unterschiede bezüglich des allgemeinen Erscheinungsbildes der beiden Kategorien bestanden. Helligkeit, Komplexität, Farbverhältnisse und Anordnung zentraler Elemente im Bild wurden grob parallelisiert.



Abbildung 5: Einige Bilder aus dem Bildsatz FF (vollständiges Bildset im Anhang A).

Die Bilder des zweiten Sets, bestehend aus neutralen, negativen und positiven Bildern, wurden aus dem International Affective Picture System entnommen (IAPS, Lang, Bradley & Cuthbert, 1999, Beispiele in Abbildung 6). Die Bilder wurden entsprechend der vorliegenden normativen Bewertungen der beiden Dimensionen Valenz und Erregung ausgewählt (vgl. Abbildung 7). Aus 40 niedrig erregenden und in Bezug auf die Valenz neutralen Bildern wurde die Kategorie „neutral“ gebildet, aus den hoch erregenden und sehr angenehmen bzw. unangenehmen Bildern wurden je 40 Bilder ausgewählt und zur Kategorie „angenehm“ bzw. „unangenehm“ vereinigt.



Abbildung 6: Unangenehme (links), neutrale (zentral) und angenehme Bilder (rechts) aus den Bildsatz „IAPS“ (vollständiges Bildset im Anhang A).

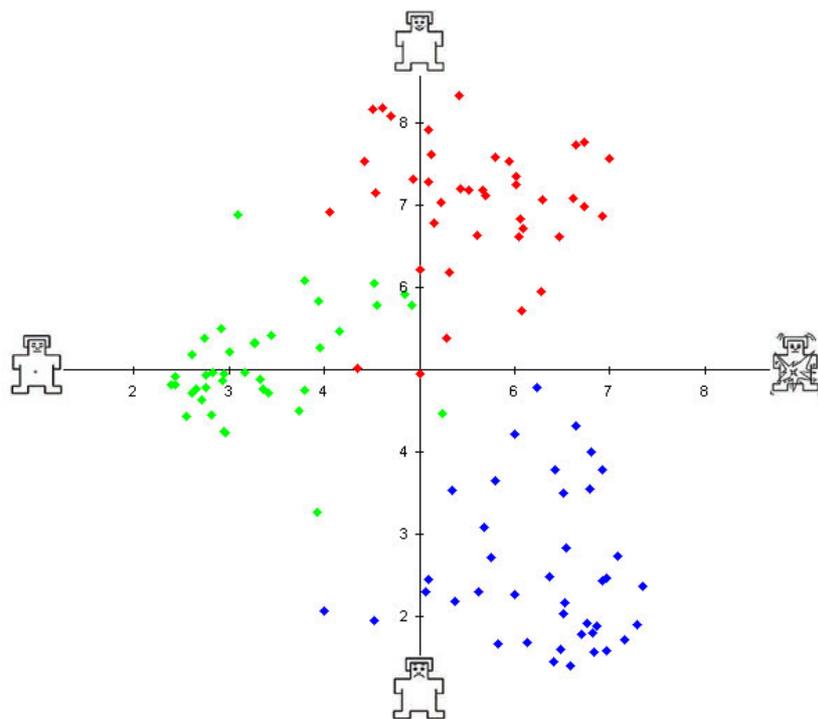


Abbildung 7: Normative Bewertungen der verwendeten Bilder des Bildsatz IAPS auf den Dimensionen Valenz (Y-Achse) und Erregung (X-Achse) – die Überlappung entsteht u. a. dadurch, dass insbesondere Abbildungen nackter Männer von Frauen als nicht eindeutig positiv und hoch erregend eingestuft werden. Dennoch wurden solche erotischen Szenen der Kategorie „angenehm“ zugerechnet.

Aus diesen Bildern wurden für jeden Teilnehmer eine Filmsequenz FF und eine Sequenz I-APS erstellt, die dann über die Stimulationssoftware Presentation (Neurobehavioral Systems Inc., Albany) dargeboten wurden. Die Darbietungsgeschwindigkeit betrug 660 ms (SOA Stimulus Onset Asynchrony, ISI Inter-Stimulus-Intervall = 0 ms). Die FF-Bilder wurden pro Bild 15-fach (IAPS: 9-fach) wiederholt, so dass sich eine Gesamtzahl von 1200 dargebotenen

Bildern (IAPS: 1060) ergibt. Die Darbietung der Bilder erfolgte bis auf die folgenden Beschränkungen zufällig: Nicht mehr als drei Bilder einer Kategorie sollten aufeinanderfolgen und keines der Bilder durfte unmittelbar wiederholt werden. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Bildsets und die Darbietungskriterien.

Tabelle 2: Übersicht über die beiden Bilddarbietungen

<i>Zusammenfassung Darbietung FF</i>		<i>Zusammenfassung Darbietung IAPS</i>	
Bilder Essen	40	Bilder angenehm	40
Bilder Blumen	40	Bilder unangenehm	40
		Bilder neutral	40
Anzahl Trials	1200 (= 80 * 15)	Anzahl Trials	1080 (= 120 * 9)
Anzahl der Wiederholungen pro Bild	15	Anzahl der Wiederholungen pro Bild	9
Darbietungsdauer pro Bild (SOA)	660 ms	Darbietungsdauer pro Bild (SOA)	660 ms
Dauer	ca. 13 Minuten	Dauer	ca. 12 Minuten
Regeln	Nicht mehr als 3 Bilder der gleichen Kategorie nacheinander	Regeln	Nicht mehr als 3 Bilder der gleichen Kategorie nacheinander
	Keine unmittelbaren Wiederholungen		Keine unmittelbaren Wiederholungen

Versuchsdurchführung und Versuchsbedingungen

Telefonscreening und Vorgespräch

Die Versuchspersonen wurden angeworben und telefonisch kontaktiert, um das Auswahlgespräch durchzuführen (siehe Versuchspersonen). Falls die Versuchsperson den Teilnahmevoraussetzungen entsprach, wurde während des Telefongesprächs ein Termin für ein Informationsgespräch (*T0*) vereinbart. Bei diesem Vorgespräch wurde dann der genaue Ablauf der Studie erklärt. Die teilnahmewilligen Versuchspersonen unterzeichneten im Anschluss an eine ausführliche Aufklärung über den Untersuchungsablauf eine Einverständniserklärung, machten einige Angaben zur Person (siehe Anhang B) und vereinbarten einen Termin für die erste Messung. Außerdem vervollständigten die Teilnehmer beim Informationstermin die Trait-Version des State Trait Anxiety Invertars (STAI, Laux, 1981).

Am Ende des Vorgesprächs erhielten die Teilnehmer das Inventar zum Essverhalten und Gewichtsproblemen (IEG, Diehl & Staufenbiel, 1999) und eine Instruktion für die Vorbereitung

auf die erste Messung mit nach Hause. Die Instruktion enthielt Anweisungen für die Vorbereitung auf den ersten Messtermin (erlaubte Speisen und Getränke etc.) und eine Vorlage „Esstagebuch“ zur Protokollierung der Nahrungsaufnahme in den 24 Stunden vor der Messung (siehe Anhang B). Durch das Esstagebuch sollte den Versuchspersonen die Verbindlichkeit der Versuchssituation noch einmal verdeutlicht werden. Alle Speisen und Getränke, die innerhalb von 24 Stunden vor dem vereinbarten Messtermin aufgenommen wurden, waren darin zu verzeichnen. Das Inventar zum Inventar zum Essverhalten und Gewichtsproblemen sollte es ermöglichen, Personen mit Besonderheiten im Essverhalten zu identifizieren. Insbesondere wurde bei der Auswertung darauf geachtet, dass sich die Werte auf den Subskalen „Essen und Gewicht als Problem“, „Zügelung des Essens“, „Belastung durch Übergewicht“, „Angst vor Gewichtszunahme“, „Unzufriedenheit mit der Figur“ und „Bulimie (Ess-/Fressanfälle)“ im Normalbereich bewegten.

Tabelle 3: Auflistung der aufeinander folgenden Untersuchungsabschnitte

Phase der Untersuchung	Inhalt der einzelnen Phase
1. Anwerben der Versuchspersonen	<i>Aushänge, Mensa-Flugblätter</i>
2. Telefonisches Screening	<i>Ein- und Ausschlusskriterien, Termin für Vorgespräch</i>
3. Vorgespräch – T0	<i>Informationen zur Studie, Einverständniserklärung, Instruktion, Fragebögen</i>
4. Erster Messtermin – T1	<i>EEG, Rating, Recognition (Ablauf: siehe Tabelle 5: Messung)</i>
5. Zweiter Messtermin – T2	<i>EEG, Rating, Recognition (Ablauf: siehe Tabelle 5: Messung)</i>

Erster und zweiter Messtermin: Betrachten, Bewerten und Wiedererkennen der Bilder

Die 64 EEG-Messungen an 32 Versuchspersonen wurden zwischen dem 03.11.2004 und dem 23.02.2005 durchgeführt. Die Teilnehmer absolvierten zweimal den gleichen Versuch (Versuchsdesign mit Messwiederholung). Der entscheidende Unterschied zwischen den beiden Terminen bestand darin, dass die Teilnehmer zum einen Termin hungrig und zum anderen Termin satt erschienen. Die beiden Messtermine (*T1*, *T2*) fanden jeweils am gleichen Wochentag und zur selben Uhrzeit statt, um mögliche Effekte der Tageszeit oder der Stellung des Tages in der Woche konstant zu halten. Die Messungen wurden von Montag bis Samstag, entweder um 14.00 Uhr oder um 16.00 Uhr durchgeführt. Die Reihenfolge des Ablaufs der

Bedingungen „hungrig-satt“ oder „satt-hungrig“ sowie die Darbietungsreihenfolge der beiden Bildsätze während der jeweiligen Messung („FF-IAPS“ oder „IAPS-FF“) waren über die Messtermine und die Teilnehmer vollständig ausbalanciert (Tabelle 4). Eine Übersicht über den Ablauf der Messtermine (*T1 und T2*) bietet Tabelle 5.

Tabelle 4: Darstellung der durch die Ausbalancierung entstandenen möglichen Reihenfolgen der Versuchsteile (M = Männer, F = Frauen, S = Satt, H = Hungrig, FF = Food-Flowers, IAPS = International Affective Picture System)

<i>Geschlecht</i>	<i>Zustand 1. Messung</i>	<i>Ablauf 1. Messung</i>	<i>Zustand 2. Messung</i>	<i>Ablauf 2. Messung</i>
F	H	IAPS-FF	S	IAPS-FF
				FF-IAPS
		FF-IAPS	S	IAPS-FF
				FF-IAPS
	S	IAPS-FF	H	IAPS-FF
				FF-IAPS
		FF-IAPS	H	IAPS-FF
				FF-IAPS
M	H	IAPS-FF	S	IAPS-FF
				FF-IAPS
		FF-IAPS	S	IAPS-FF
				FF-IAPS
	S	IAPS-FF	H	IAPS-FF
				FF-IAPS
		FF-IAPS	H	IAPS-FF
				FF-IAPS

Zum ersten Messtermin (*T1*) erschienen die Versuchspersonen entsprechend dem zuvor festgelegten Ablauf entweder hungrig oder satt. Die Teilnehmer wurden bei Ankunft begrüßt, gaben das Esstagebuch und das ausgefüllte IEG ab, vervollständigten die State-Version des STAI und den BDI (Becks Depressions Inventar, Hautzinger, 1994).und schätzten ihren aktuellen Hunger und Appetit auf einer mehrstufigen Skala ein (siehe Anhang B). Daraufhin wurde ein Tropfen Blut entnommen und damit der Ketonspiegel gemessen. Anschließend wurde dann das EEG-Netz angelegt und die Versuchsperson wurde in den schallisolierten Messraum geführt, wo sie in einem Sessel Platz nahmen. Das EEG-Netz wurde angeschlossen und die Impedanzen kontrolliert. Sobald akzeptable Impedanz-Werte erreicht waren, wurde die Versuchsperson standardisiert instruiert (Kopie der Instruktionen im Anhang B).

Tabelle 5: Ablaufschema eines Messtermins

Ablauf der Messtermine (T1 bzw. T2)	
Ankunft der Versuchsperson, Abgabe des Esstagebuchs (T1/T2) und des IEG (nur T1)	
Beurteilung von Hunger und Appetit „prä“	
Ausfüllen der Fragebögen STAI-State und BDI	
Ketonmessung	
Anlegen des Elektrodennetzes - Messen der Impedanzen/Instruktion	
50 % der Versuchspersonen	50 % der Versuchspersonen
Bildbetrachtung FF Messung EEG	Bildbetrachtung IAPS Messung EEG
Recognition FF Messung EEG	Beurteilung IAPS
Beurteilung FF	Bildbetrachtung FF Messung EEG
Bildbetrachtung IAPS Messung EEG	Recognition FF Messung EEG
Beurteilung IAPS	Beurteilung FF
Beurteilung von Hunger und Appetit „post“	



Abbildung 8: Schematischer Ablauf des Films FF - Erläuterungen siehe Text.

Die Aufgabe der Versuchsperson bestand bei den Bildbetrachtungs-Durchgängen darin, die Bilder aufmerksam zu betrachten, sich dabei möglichst wenig zu bewegen und den Blick auf die Bildschirmmitte gerichtet zu lassen. Falls die Versuchsperson keine weiteren Fragen äußerte, wurde das Licht gedimmt und mit der Aufzeichnung des EEGs und der Darbietung der Bilder „Essen und Blumen“ begonnen (schematische Darstellung in Abbildung 8).

Nach Abschluss dieses ersten Teils, der ca. 12 Minuten in Anspruch nahm, betrat der Versuchsleiter wieder den Raum, schloss eine PC-Maus an und erklärte der Versuchsperson die nächste Aufgabe. Dabei handelte es sich um einen Wiedererkennens-Test, der aus einer Auswahl von je zwanzig der gerade betrachteten Bilder von Blumen und von Essen sowie pro Kategorie je 20 Distraktoren. Die Versuchspersonen sollten durch Drücken der linken bzw. rechten Maustaste anzeigen, ob es sich um ein bereits gesehenes oder um ein neues Bild handelte. Während dieser Aufgabe, die nur ca. 3-4 Minuten in Anspruch nahm, wurde ebenfalls das EEG aufgezeichnet. Die Auswertung dieses Experimentteils ist nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit.

Als nächstes folgte eine Beurteilung einer Auswahl der Bilder anhand des Self-Assessment-Manikin (SAM, Bradley & Lang, 1994) auf den beiden Dimensionen Valenz und Erregung. Der Versuchsperson wurden für jeweils 1000 ms Bilder dargeboten. Die Aufgabe bestand darin, das Bild zu betrachten und anschließend mithilfe der Maus zunächst auf der SAM-Skala Dominanz und dann auf der Erregungs-Skala eine Beurteilung des soeben gesehenen Bildes abzugeben. Beide Skalen waren jeweils 9-fach abgestuft. (siehe Abbildung 9).

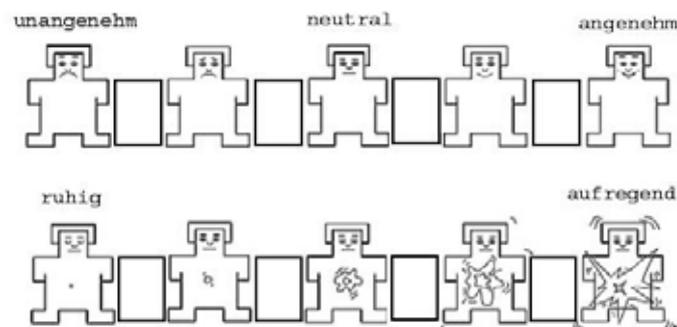


Abbildung 9: Oben die Dimension Valenz, unten die Erregungsdimension der grafischen Rating-Skala Self-Assessment-Manikin (SAM). Werte jeweils von links (1) nach rechts (9).

Nachdem dieser Teil der Untersuchung abgeschlossen war, betrat der Versuchsleiter erneut den Raum und bereitete den nächsten Durchgang vor. Die Impedanzen wurden erneut kontrolliert und ggf. nachgebessert. Die Versuchsperson wurde für den folgenden zweiten Bildbetrachtungsteil instruiert, das Licht gedimmt und mit der Darbietung der IAPS-Bilder begonnen (vgl. Abbildung 10). Nach Abschluss dieser Messung wurde erneut die Maus angeschlossen und es folgte die Beurteilung einer Auswahl der dargebotenen IAPS-Bilder. Der Ablauf war analog zu Teil FF mithilfe des SAM.

Versuchsgeräte

Ketonmessung

Um die Energieversorgung des Körpers auch in Perioden längeren Fastens aufrechterhalten zu können, werden vermehrt Fette aus den körpereigenen Speichern verbrannt. Der vermehrte Abbau von Fetten zur Verbrennung ist begleitet von einem Anstieg der Konzentration von Ketonkörpern im Blut (Biesalski, 1995), der gemessen werden kann. Ein vollständiger Nahrungsverzicht lässt sich damit nicht nachweisen, sehr wohl aber eine deutliche Einschränkung der Nahrungsaufnahme. Dies gilt auch für relativ kurze Zeiträume wie die 24-stündige Fastenperiode (vgl. auch Lüthy et al., 2003; Mauler, Hamm, Weike & Tuschen-Caffier, in press).

Zur Blutentnahme für die Ketonmessung wurden sterile Einmallinganzetten „Haemolance Plus“ der Firma HaeMedic (Munka Ljungby, Schweden) und Einmalhandschuhe verwendet. Die Bestimmung der Konzentration des Blutketonkörpers β -Hydroxybutyrat wurde mit einem „MediSense Precision Xtra“ Messgerät der Firma Abbott Diabetes Care (Abbott GmbH & Co. KG, Wiesbaden) vorgenommen. Es handelt sich dabei um ein Messgerät zur Blutzuckerbestimmung für Diabetiker, welches zusätzlich die Möglichkeit bietet, mithilfe spezieller Teststreifen (MediSense Precision Xtra β -Ketone Teststreifen) die Konzentration des Ketonkörpers β -Hydroxybutyrat ohne aufwändige Labortests ambulant zu bestimmen. Für die Messung ist lediglich ein einziger Tropfen Blut – entnommen jeweils vom kleinen Finger der nichtdominanten Hand der Versuchsperson – notwendig. Der minimale Blutfluss wurde mit Zellstoffpads gestillt und mit einem Pflaster versehen. Alle Abfälle wurden unmittelbar nach der Messung in einen speziell dafür bereitgestellten Behälter entsorgt.

Bilddarbietung

Die Bilder wurden den Versuchspersonen in einer schallisolierten, fensterlosen Kammer dargeboten, während sie auf einem bequemen Recaro-Autositz saßen. Vor dem Sitz war eine klappbare Ablage befestigt. In der Kammer war - außerhalb des Sichtfeldes der Versuchsperson - eine kleine Kamera angebracht, so dass der Versuchsleiter die Versuchsperson während des Experiments im Auge behalten konnte. Für die einzelnen Teile der Messung wurde das Licht in der Kammer jeweils auf die niedrigste Stufe gedimmt.

Die Bilder wurden zentral auf einem 21-Zoll-Monitor (ViewSonic, P225f) dargeboten, der in einer Entfernung von ca. 100 cm ungefähr auf Augenhöhe der Versuchspersonen angebracht

war. Die Bilder selbst waren kleiner als der Monitor, sie überdeckten einen horizontalen (vertikalen) visuellen Winkel von 13.9° (10.4°). Die Darbietung war auf den Monitor im Messraum und einen weiteren Monitor am Steuerpult des Versuchsleiters geklont, so dass der Versuchsleiter, der von außerhalb der Kammer die Präsentation steuerte, den Ablauf kontrollieren und die Durchgänge jeweils neu einrichten konnte. Diese beiden Monitore waren an den Präsentationsrechner vom Typ Dell Precision 360 (2,59 GHz) angeschlossen, von dem aus die Darbietung über das Programm Presentation gesteuert wurde. Für die Bewertungen und den Wiedererkennens-Teil des Experiments wurde im Messraum über ein verlängertes USB-Kabel eine Maus angeschlossen.

Aufzeichnung des EEG

Das Elektroenzephalogramm wurde mit einem 256-Kanal-System der Firma EGI Electrical Geodesics Inc. (Eugene, Oregon) und der zugehörigen Software NetStation abgeleitet. Der optimale Wert für die Impedanzen lag bei unter $30\text{ k}\Omega$ falls unausweichlich wurde davon jedoch nach oben hin abgewichen. Das EEG wurde kontinuierlich mit einer Abtastfrequenz von 250 Hz aufgezeichnet und hardwareseitig von 0.1 Hz bis 100 Hz (Bandpass), anschließend offline über 40 Hz (Tiefpass) gefiltert.

Analysemethodik

Weiterverarbeitung der EEG-Daten

Zur weiteren Analyse der EEG-Daten wurde die Software EMEGS von Junghöfer und Peyk (Junghöfer & Peyk, 2004) eingesetzt. Mithilfe der vom Präsentationsrechner zeitgleich zur Darbietung der Bildes abgesandten und vom EEG-Rechner mit aufgezeichneten Triggersignale wurden einzelne Intervalle aus dem kontinuierlichen EEG extrahiert. Die so erhaltenen EEG-Intervalle, die mit einzelnen Bilddurchgängen korrespondierten, wurden entsprechend den Empfehlungen von Junghöfer (Junghöfer, Bradley, Elbert & Lang, 2001) weiterverarbeitet. Dazu gehört einerseits eine automatisierte statistische Artefaktanalyse („SCADS“ - Statistical control of artifacts in dense array studies), bei der Kontamination der Daten durch Augen- und Körperbewegungen, fehlerhafte Sensoren etc. festgestellt wird. Fehlerhafte Kanäle bzw. Intervalle werden dann ausgesondert und soweit möglich durch interpolierte Schätzungen ersetzt. Außerdem werden die Daten aller 256 Kanäle auf eine mittlere Referenz (Average Reference) bezogen. Insgesamt wurden durch diese Artefaktkorrektur bei den vier EEG-

Aufzeichnungen (T1-FF, T1-IAPS, T2-FF, T2-IAPS) zwischen 35 und 40 % der Durchgänge von der Analyse ausgeschlossen.

Die artefaktkorrigierten Intervalle wurden anschließend auf Ebene der einzelnen Personen, getrennt für alle 256 Sensoren, über die Kategorien (Essen bzw. Blumen im FF-Teil, angenehm, neutral oder unangenehm im IAPS-Teil) zu ERPs gemittelt. Über die einzelnen Personen-Kategorien-Mittel wurden abschließend Gruppenmittelwerte für die einzelnen Kategorien gebildet, welche für die bildliche Darstellung verwendet wurden.

Exploration der ERP-Daten, Bestimmung der Sensor- und Zeitbereiche

Die EEG-Daten wurden vor der Analyse ausführlich exploriert. Für die ANOVAs ergibt sich ein komplettes within-Design mit den Faktoren KATEGORIE (zweifach abgestuft im FF-Teil und dreifach im IAPS-Teil), ZUSTAND (hungrig vs. satt) und ggf. LATERALITÄT (links vs. rechts).

Aus den ERP-Wellen der Gesamtmittelwerte wurden interessierende Zeitbereiche und Sensorgruppen ausgewählt, welche die Effekte maximal veranschaulichen. Über diese Zeit-Sensor-Bereiche wurden die Amplitudenwerte der ereigniskorrelierten Potentiale gemittelt und für die weitere statistische Verarbeitung exportiert.

Für den Teil FF wurden zur Prüfung der Frage nach einer frühen, zustandsabhängigen und essensspezifischen Modulation zwei bilaterale, symmetrische Sensorengruppen in einem Zeitfenster von 300 bis 350 ms nach Darbietungsbeginn ausgewählt (Abbildung 11). Eine Liste der Sensorenummern für die Bildung der Cluster befindet sich in Anhang C.

Für die Analyse der späten Potentiale im FF-Teil wurde ein zentro-parietales Sensorencluster in einem Zeitbereich von 400-600 ms festgelegt (Abbildung 11, Sensorenummern siehe Anhang C). Außerdem wurde aus Anhaltspunkten, die sich im zusätzlichen Teil mit schneller Bilddarbietung (330 ms) der Schaer-Studie ergeben hatten (Stockburger, Schaer, Weike, Schupp & Hamm, 2004), in Verbindung mit der visuellen Inspektion der Daten eine explorative Analyse über parieto-okzipitalen Arealen (Abbildung und Nummern siehe Anhang C) entwickelt.

Für die Analyse der ERP-Daten für den Teil IAPS sind die Zeit- und Raumbereiche stärker festgelegt. In Anlehnung an Schupp und Kollegen (Schupp et al., in preparation) wurden Zeitbereiche von 200-300 ms und 400-600 ms ausgewählt. Für den frühen Zeitbereich wurde

wieder ein okzipito-temporales Cluster und für das späte Zeitfenster ein zentrales Cluster ausgewählt (Abbildung 11, Sensorenummern siehe Anhang C).

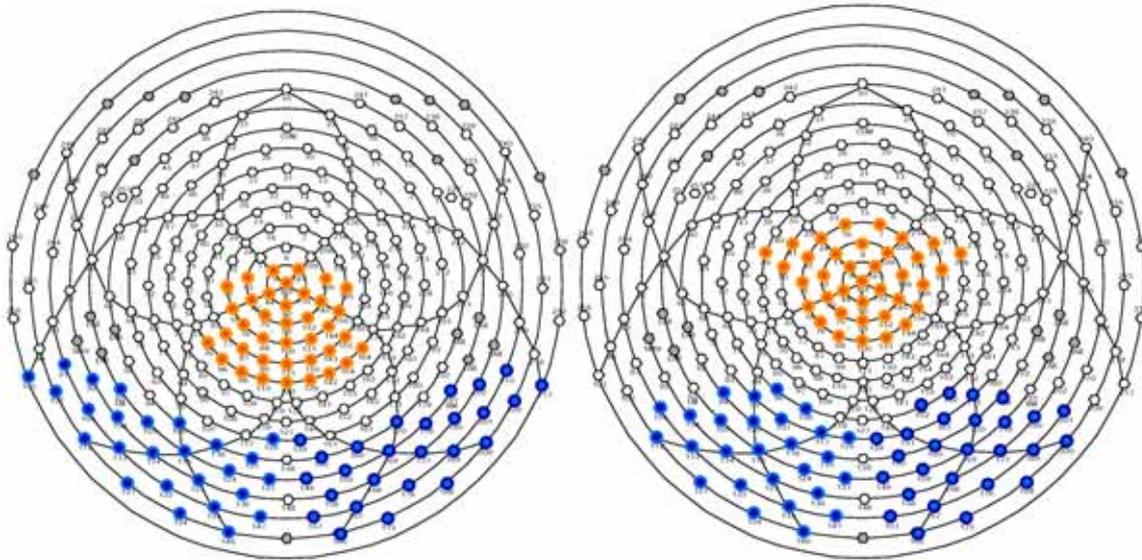


Abbildung 11: Links die Sensorcluster für die Analyse des FF-Teils. Dabei blau die beiden bilateralen Sensorgruppen für den frühen Zeitbereich und orange die zentrale Sensorgruppe für die Untersuchung später Potentiale. Rechts mit derselben Farbgebung die Darstellung der Gruppen für den IAPS-Teil.

Statistische Analyse

Da für alle Fragestellungen ein Versuchsdesign mit kompletter Messwiederholung vorliegt, wurden die jeweiligen Daten auf Sphärizität geprüft (Mauchly's W; Überblick siehe (Keselman, 1998) und falls erforderlich nach der Greenhouse-Geisser-Methode (Greenhouse & Geisser, 1959) ϵ -korrigiert, um Verzerrungen der Signifikanztests zu vermeiden. Für alle Tests wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ festgelegt. Wegen des Messwiederholungsdesigns und der großen Stichprobe wurden keine Tests der ANOVA-Voraussetzungen durchgeführt (Bortz, 2005; Nagl, 1992).

Im Anschluss an die Omnibus-Tests wurden – je nach Fragestellung - einzelne, a priori geplante Vergleiche mit abhängigen t -Tests mit Bonferroni-Korrektur sowie linearen und quadratischen Trendtests durchgeführt. Interaktionen wurden – Keselman folgend – mit Kontrasten exploriert.

Die Analyse der affektiven Einschätzungen der Bilder für den FF- sowie für den IAPS-Teil wurde für die Dimensionen Valenz und Erregung getrennt mit zwei univariaten Varianzanalysen mit Messwiederholung für die Faktoren DEPRIVATION (hungrig vs. satt) und KATEGORIE (Essen vs. Blumen bzw. angenehm vs. neutral vs. unangenehm) vorgenommen.

Zur Untersuchung der Stabilität der frühen posterioren Negativierung im Teil IAPS wurden – nachdem über die beiden lateralen Cluster gemittelt wurde – die Differenzen zwischen „angenehm-neutral“ und „unangenehm-neutral“ gebildet, um so die relative Negativierung als Messgröße zu erhalten. Diese Prozedur wurde für beide Messtermine (hungrig und satt) getrennt vorgenommen. Die so ermittelten Werte wurden dann miteinander korreliert. In gleicher Weise (nur wegen des einzelnen, zentralen Clusters ohne die Mittelung über die beiden lateralen Cluster) wurde die Stabilität der späten Positivierungen geprüft.

5. Resultate

Auswertung von Fragebögen, subjektiven Einschätzungen und Ketonmessungen

Auswertung der Fragebögen

Die Auswertung der Fragebögen (STAI-trait-Version beim Vorgespräch sowie jeweils STAI-state-Version und BDI vor den beiden Messterminen) ergab insgesamt keine Auffälligkeiten. Die Mittelwerte des STAI-State veränderten sich zwischen den beiden Messterminen nicht signifikant ($t(31) = -1.31; p = 0.2$), die mittleren BDI-Werte fielen von der ersten zur zweiten Sitzung hin nur schwach, aber statistisch signifikant, ab ($t(30^5) = -3.3; p < 0.01$). Tabelle 6 stellt einige Kennwerte dieser Erhebungen dar.

Tabelle 6: Kennzahlen der Auswertung der Fragebögen

	STAI-trait T0	STAI-state T1	STAI-state T2	BDI T1	BDI T2
<i>min</i>	22	23	25	0	0
<i>max</i>	45	61	46	7	7
<i>M</i>	35.13	35.56	33.22	2.58	1.5
<i>SD</i>	5.48	7.87	5.62	2.57	2.04
<i>n</i> ⁵	30	32	32	31	32

Auch die Auswertung des IEG ($n^5 = 31$) und die besondere Betrachtung der Profile in denjenigen Skalen, die Probleme mit Essen und Gewicht erfragen sollen, ergab keine Hinweise auf problematisches Essverhalten einzelner Versuchspersonen.

Auswertung der Angaben zu Hunger und Appetit

Die Auswertung der Angaben zur Stärke des Hungergefühls, welche zu beiden Terminen jeweils vor und nach der Messung erfragt wurden, mithilfe einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit kompletter Messwiederholung, erbrachte signifikante Haupteffekte der Faktoren ZUSTAND (hungrig vs. satt) und MESSZEITPUNKT (prä vs. post). Tabelle 7 enthält Mittelwerte, Standardabweichungen und Fallzahlen der Bewertungen und Abbildung 12 stellt diese Information graphisch dar.

⁵ zu 32 fehlende Werte durch Datenverlust

Tabelle 7: Mittelwerte, Standardabweichungen und Fallzahlen der subjektiven Einschätzungen von Hunger [0-8] vor und nach den Messungen im hungrigen sowie im sattten Zustand.

	Satt		Hungrig	
	<i>prä</i>	<i>post</i>	<i>prä</i>	<i>post</i>
<i>M</i>	1.94	3.03	6.50	6.88
<i>SD</i>	1.50	1.80	1.11	1.41
<i>n</i>	32	32	32	32

Die Faktoren ZUSTAND und MESSZEITPUNKT interagierten miteinander ($F_{ZUSTAND * MESSZEITPUNKT}(1,31) = 5.10; p < 0.05$). Die signifikante Interaktion verdeutlicht, wie auch aus Abbildung 13 ersichtlich, dass im sattten Zustand die Zunahme des Hungers von prä zu post stärker ausfiel als im hungrigen Zustand. Die Haupteffekte können wegen des ordinalen Verlaufs der Interaktion folgendermaßen interpretiert werden: die Teilnehmer schätzten ihr Hungergefühl im hungrigen Zustand stärker ein als im sattten Zustand ($F_{ZUSTAND}(1,31) = 199.31; p < 0.0001$). Nach der Messung berichteten die Teilnehmer insgesamt mehr Hunger als vorher ($F_{MESSZEITPUNKT}(1,31) = 13.05; p < 0.001$).

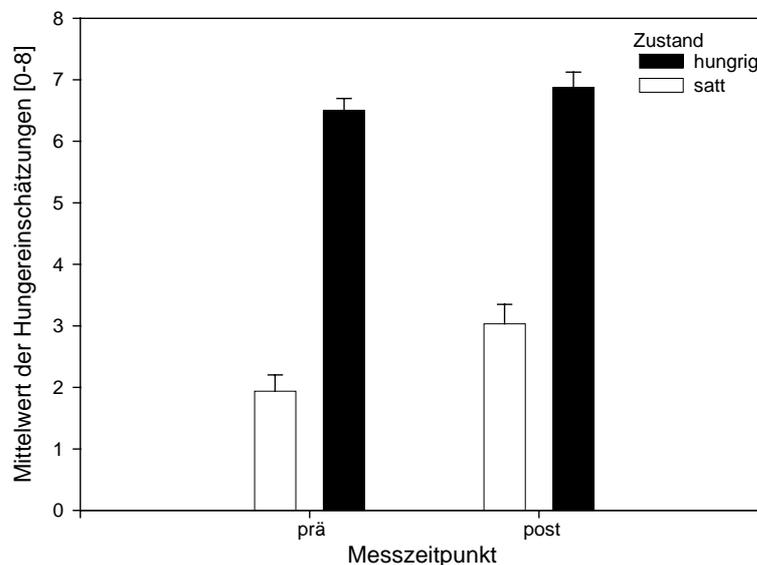


Abbildung 12 Mittelwerte und Standardfehler der Einschätzungen von Hunger vor und nach der Messung und im nahrungsdeprivierten und gesättigten Zustand.

Neben der Einstufung des Hungers auf der Rating-Skala ergab auch die Durchsicht der Esstagebücher, dass die Teilnehmer zum hungrigen Messtermin keine Angaben von Nahrungsaufnahme mehr gemacht hatten, während zum sattten Termin hin viel Nahrung konsumiert worden war.

Die inhaltliche Auswertung der Angaben zu Appetit auf bestimmte Speisen ergab, dass im Hungerzustand viele und überwiegend hochkalorische Speisen (z. B. Schlachtplatte, Rinderroulade, Schnitzel) genannt wurden, im sattten Zustand hingegen mehrheitlich keine expliziten Nennungen von Appetit auf bestimmte Speisen stattfand. Falls doch Appetit angegeben wurde, dann nur auf kleine Gerichte (z. B. Obst, Süßes, Salat).

Statistische Kennzahlen und eine Darstellung der quantitativen Analyse der subjektiven Appetit-Einschätzungen auf der Appetit-Ratingskala finden sich in Tabelle 8 und Abbildung 13.

Tabelle 8: Mittelwerte, Standardabweichungen und Fallzahlen der subjektiven Einschätzungen von Appetit [0-10] vor und nach den Messungen im hungrigen sowie im sattten Zustand.

	Satt		Hungrig	
	<i>prä</i>	<i>post</i>	<i>prä</i>	<i>post</i>
<i>M</i>	0.35	2.00	6.22	7.55
<i>SD</i>	0.84	2.86	3.16	2.79
<i>n</i> ⁶	31	31	31	31

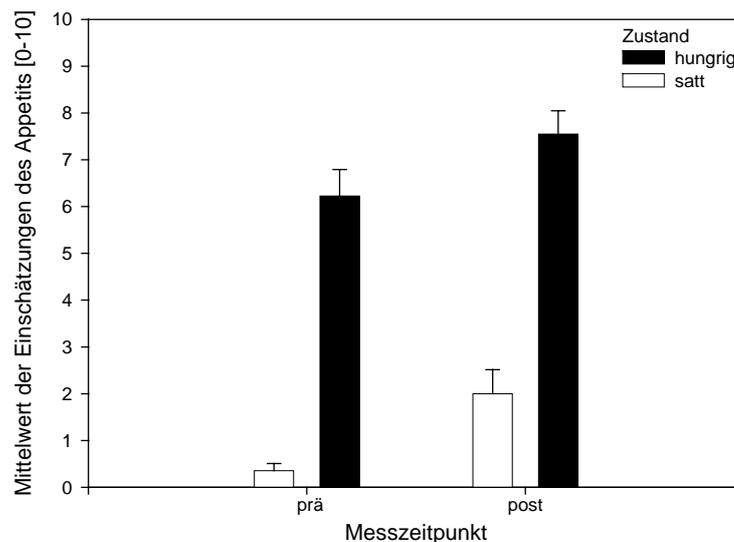


Abbildung 13: Mittelwerte und Standardfehler der Einschätzungen von Appetit vor und nach der Messung und im nahrungsdeprivierten und gesättigten Zustand.

Auch die Varianzanalyse liefert ein ähnliches Bild wie schon für die Hungereinschätzungen: Signifikante Haupteffekte für die Faktoren DEPRIVATION ($F_{ZUSTAND}(1,30) = 155.17; p < 0.0001$) und MESSZEITPUNKT ($F_{MESSZEITPUNKT}(1,30) = 17.85; p < 0.001$). Die Richtung der Effekte ist analog zur Hungereinschätzung: Höhere Mittelwerte für Appetit im Hungerzustand und nach

⁶ eine Versuchsperson gab auf einem Blatt kein Rating ab, so dass der gesamte Fall für die Analyse ausgeschlossen wurde

der Messung. Im Gegensatz zur Einstufung des Hungers konnte keine Interaktion der beiden Faktoren festgestellt werden ($F_{ZUSTAND*MESSZEITPUNKT}(1,30) = 0.25; p = 0.62$).

Auswertung des Ketonspiegels

Neben der subjektiven Einschätzung des Hungers und des Appetits sowie der Kontrolle der Esstagebücher wurde Nahrungsdeprivation auch objektiv über eine Messung des Blutketonspiegels kontrolliert. Die Mittelwerte der beiden Messwertgruppen (Tabelle 9, Abbildung 14) wurden mit dem *t*-Test für abhängige Stichproben miteinander verglichen.

Tabelle 9: Ergebnisse der Ketonspiegelmessung zu beiden Terminen

	Satt	Hungrig
<i>M</i>	0.03	0.34
<i>SD</i>	0.05	0.22
<i>n</i> ⁷	31	31

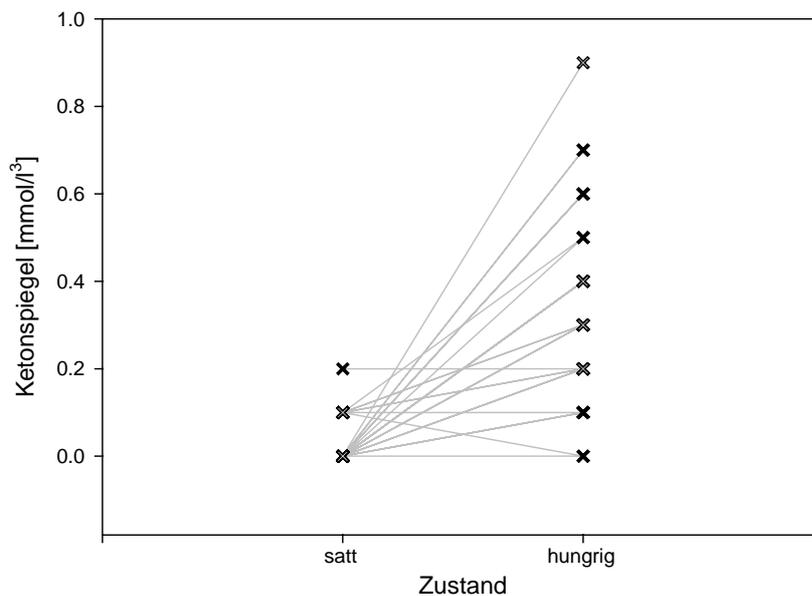


Abbildung 14: Abbildung der Keton-Messwerte der Teilnehmer im hungrigen und sattten Zustand.

Im hungrigen Zustand lag der gemessene Ketonspiegel der Teilnehmer höher als im sattten Zustand ($t(30) = 7.245; p < 0.0001$; siehe Tabelle 9 und Abbildung 14). Nur ein Teilnehmer hatte im sattten Zustand einen höheren Messwert als im hungrigen Zustand. Die Daten von

⁷ von einem Teilnehmer konnte zu beiden Messterminen kein ausreichend großer Blutropfen entnommen werden.

diesem Teilnehmer sowie von drei weiteren, bei denen der Ketonspiegel im hungrigen Zustand nicht anstieg sondern konstant blieb, wurden nicht von einer weiteren Analyse ausgeschlossen, da sie alle glaubhaft versicherten, gefastet zu haben.

Affektive Einschätzungen der Bilder

Affektive Einschätzungen der Bilder: „Essen und Blumen“

Tabelle 10 enthält eine Übersicht über die statistischen Kennwerte des Teils FF, eine Abbildung dieser Information findet sich in den Abbildungen 15 (Valenz) und 16 (Erregung).

Tabelle 10: Mittelwerte, Standardabweichungen und Fallzahlen für die SAM-Valenz- (links) und SAM-Erregungs-Bewertungen (rechts) des FF-Teils nach Kategorie und Zustand getrennt.

	Valenz				Erregung			
	Satt		Hungrig		Satt		Hungrig	
	Essen	Blumen	Essen	Blumen	Essen	Blumen	Essen	Blumen
<i>M</i>	6.14	6.44	6.99	6.38	3.22	2.68	4.27	2.69
<i>SD</i>	1.06	0.99	1.01	1.00	1.51	1.28	1.83	1.30
<i>n</i>	32	32	32	32	32	32	32	32

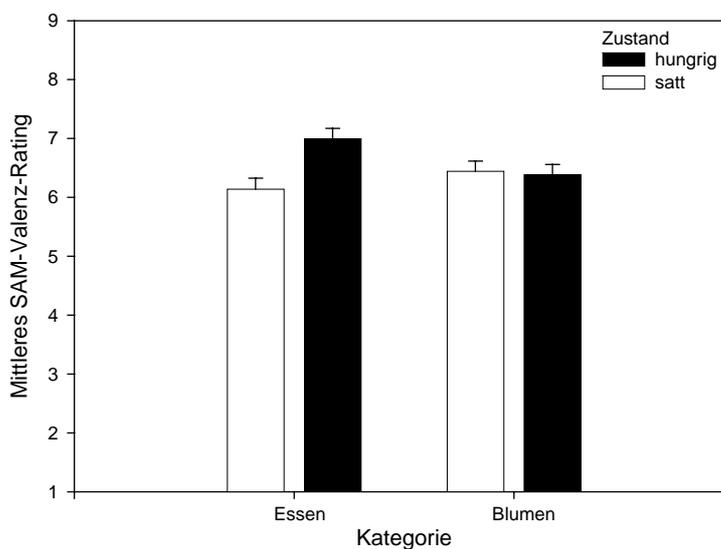


Abbildung 15: Mittelwerte (mit Standardfehlerbalken) der SAM-Valenz-Dimension im FF-Teil - getrennt nach Bildkategorie und Zustand.

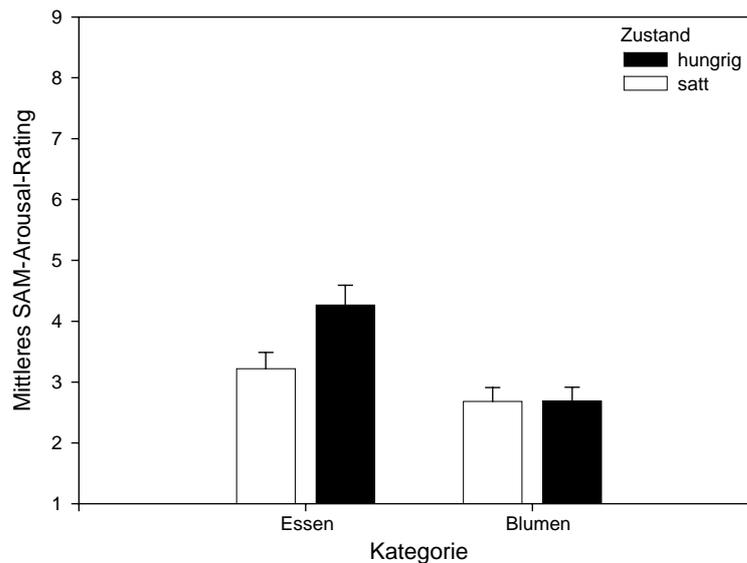


Abbildung 16: Mittelwerte (mit Standardfehlerbalken) der SAM-Erregungs-Dimension im FF-Teil - getrennt nach Bildkategorie und Zustand.

Für die SAM-Valenz-Einstufungen lässt sich eine hochsignifikante Interaktion der Faktoren ZUSTAND und KATEGORIE ($F_{ZUSTAND*KATEGORIE}(1,31) = 27.58; p < 0.001$) darauf zurückführen, dass im hungrigen Zustand die Essensbilder als deutlich angenehmer berichtet werden als im sattten Zustand, während dies für die Blumenbilder nicht in gleicher Weise auftritt: Ein geplanter t -Test zum Vergleich der Werte der Essensbilder im hungrigen gegenüber dem sattten Zustand ergab, dass die Essensbilder tatsächlich im hungrigen Zustand signifikant angenehmer eingestuft werden ($t(31) = 5.78; p < 0.0001$), während dies für den Vergleich der Blumen in beiden Zuständen nicht galt ($t(31) = -0.52; p = 0.61$). Auf diesen Sachverhalt lässt sich der festgestellte Haupteffekt des Faktors ZUSTAND zurückführen ($F_{ZUSTAND}(1,31) = 15.77; p < 0.001$), der Faktor KATEGORIE allein erreichte nicht Signifikanz ($F_{KATEGORIE}(1,31) = 1.3; p = 0.26$).

In der Overall-Analyse der SAM-Erregungs-Bewertungen wurden beide Haupteffekte für die Faktoren ZUSTAND ($F_{ZUSTAND}(1,31) = 9.94; p < 0.01$) und KATEGORIE ($F_{KATEGORIE}(1,31) = 37.76; p < 0.0001$) signifikant. Erneut findet sich eine signifikante Interaktion ($F_{ZUSTAND*KATEGORIE}(1,31) = 19.9; p < 0.0001$), bedingt durch einen deutlichen Anstieg der Erregungseinstufungen der Essensbilder im hungrigen Zustand, ohne dass es auch bei den Blumen zu einem Deprivationseffekt kommt. Auch hier stellt der geplante Einzelvergleich einen signifikanten Unterschied zwischen den Erregungseinstufungen der Essensbilder im hungrigen und sattten Zustand fest ($t(31) = 4.2; p < 0.001$), nicht jedoch für die Blumenbilder ($t(31) = 0.3; p = 0.97$).

Affektive Einschätzung der Bilder: „Emotionale Bilder“

Die Bewertungen der individuellen IAPS Bilder wurden mit den bestehenden Normen (Lang, Bradley & Cuthbert, 1999) verglichen. Pearson-Korrelationen ergaben eine hochsignifikante Übereinstimmung zwischen den normativen Einstufungen von Valenz und Erregung mit den Einschätzungen von Valenz und Erregung sowohl im hungrigen als auch im sattten Zustand (alle $r > 0.9$; $p < 0.001$). Tabelle 11 beinhaltet die Kategorienmittel und weitere Parameter.

Tabelle 11: Mittelwerte, Standardabweichungen und Fallzahlen für die SAM-Valenz- (oben) und SAM-Erregungs-Einschätzung (unten) des IAPS-Teils nach Kategorie und Zustand getrennt.

Valenz						
	Satt			Hungrig		
	angenehm	neutral	unangenehm	angenehm	neutral	unangenehm
<i>M</i>	7.03	5.19	2.81	6.92	5.23	2.99
<i>SD</i>	0.89	0.45	0.66	0.85	0.72	0.71
<i>n</i>	32	32	32	32	32	32

Erregung						
	Satt			Hungrig		
	angenehm	neutral	unangenehm	angenehm	neutral	unangenehm
<i>M</i>	4.33	2.6	5.32	4.27	2.69	5.25
<i>SD</i>	1.74	1.19	1.77	1.79	1.39	1.77
<i>n</i>	32	32	32	32	32	32

Die varianzanalytische Auswertung der Valenz-Einstufungen (siehe auch Abbildung 17) bestätigte den bekannten und aufgrund der Auswahl der Bilder entsprechend ihrer normativen Bewertungen zu erwartenden Kategorieneffekt ($F_{KATEGORIE}(1.44,44.76) = 392.69$; $p < 0.0001$, linearer Trend signifikant mit $F_{LIN.-TREND-KATEGORIE}(1,32) = 502.89$; $p < 0.001$). Es konnte kein Haupteffekt für den Faktor DEPRIVATION festgestellt werden ($F_{ZUSTAND}(1,31) = 0.82$; $p = 0.37$), allerdings interagierten die Haupteffekte ($F_{ZUSTAND*KATEGORIE}(1.99,61.91) = 5.04$; $p < 0.01$). Diese Interaktion wurde mit a posteriori Kontrasten analysiert und es stellte sich heraus, dass die Differenzen der Werte zwischen dem hungrigen und sattten Zustand bei den negativen Bildern größer waren als die hungrig-satt-Unterschiede der positiven Bilder ($F_{ANG-UNANG}(1,31) = 10.4$; $p < 0.01$). Die hungrig-satt-Differenzen der neutralen Bilder nahmen eine Zwischenstellung ein, sie unterschieden sich weder von den Differenzen der positiven noch von denen der negativen Bilder ($F_{ANG-NEUT}(1,31) = 2.4$; $p = 0.13$; ($F_{NEUT-UNANG}(1,31) = 2.5$; $p = 0.12$). Die durchgeführten

post-hoc Vergleiche aller Werte rechtfertigten allerdings nicht die Annahme, dass die unangenehmen Bilder im hungrigen Zustand höher bewertet würden, denn der Einzelvergleich der Kategorie „unangenehm“ im hungrigen mit dem sattten Zustand fiel nicht signifikant aus.

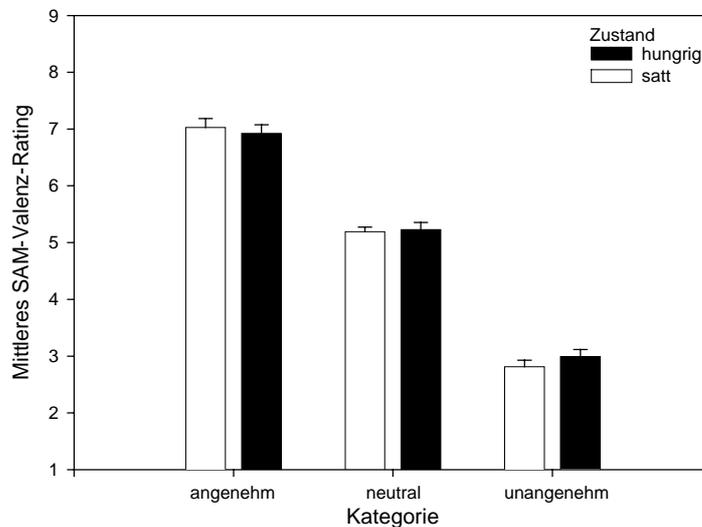


Abbildung 17: Mittelwerte (mit Standardfehlerbalken) der SAM-Valenz-Einschätzung des IAPS-Teils getrennt nach Bildkategorie und Zustand

Für die Einschätzungen der SAM-Erregungs-Dimension der IAPS-Bilder ergab sich erwartungskonform ein Kategorieneffekt ($F_{KATEGORIE}(2,62) = 101.62; p < 0.0001$, mit quadratischem Trend $F_{QUADR.-TREND-KATEGORIE}(1,31) = 203.44; p < 0.0001$). Weder ein Haupteffekt des Hungerns noch – wie bei der Valenz – eine Interaktion zwischen ZUSTAND und KATEGORIE erreichten Signifikanz ($F_{ZUSTAND}(1,31) = 0.01; p = 0.91; F_{ZUSTAND*KATEGORIE}(2,62) = 0.66; p = 0.52$). Eine grafische Darstellung enthält Abbildung 18.

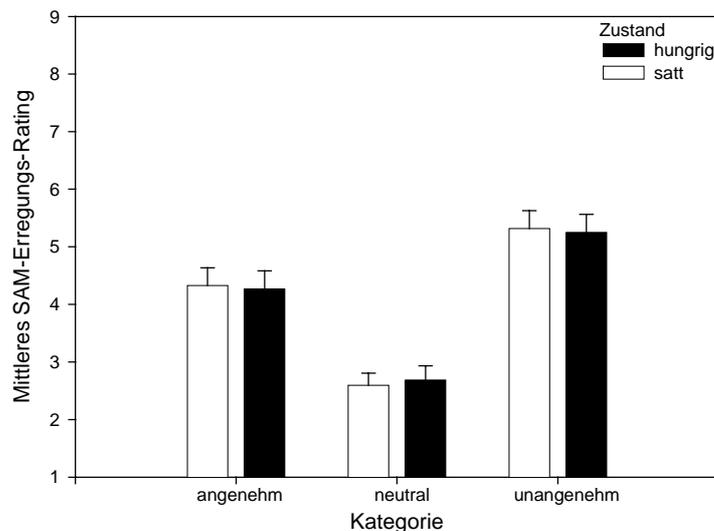


Abbildung 18: Wie Abbildung 17 – hier für die SAM-Erregungs-Einschätzungen

Ergebnisse der EEG-Daten

Ereigniskorrelierte Potentiale bei „Essen und Blumen“

Analyse des Zeitbereichs von 300-350 ms über okzipito-temporalen Arealen (EPN)

In Abbildung 19 ist der Potentialverlauf der ERPs auf die Essens- bzw. Blumenbilder für jeden der beiden Zustände an zwei ausgewählten Sensoren dargestellt. Es handelt sich dabei um die Sensoren Nr. 93 und 191 (siehe Anhang C), die einander symmetrisch im temporo-okzipitalen Cluster gegenüberliegen.

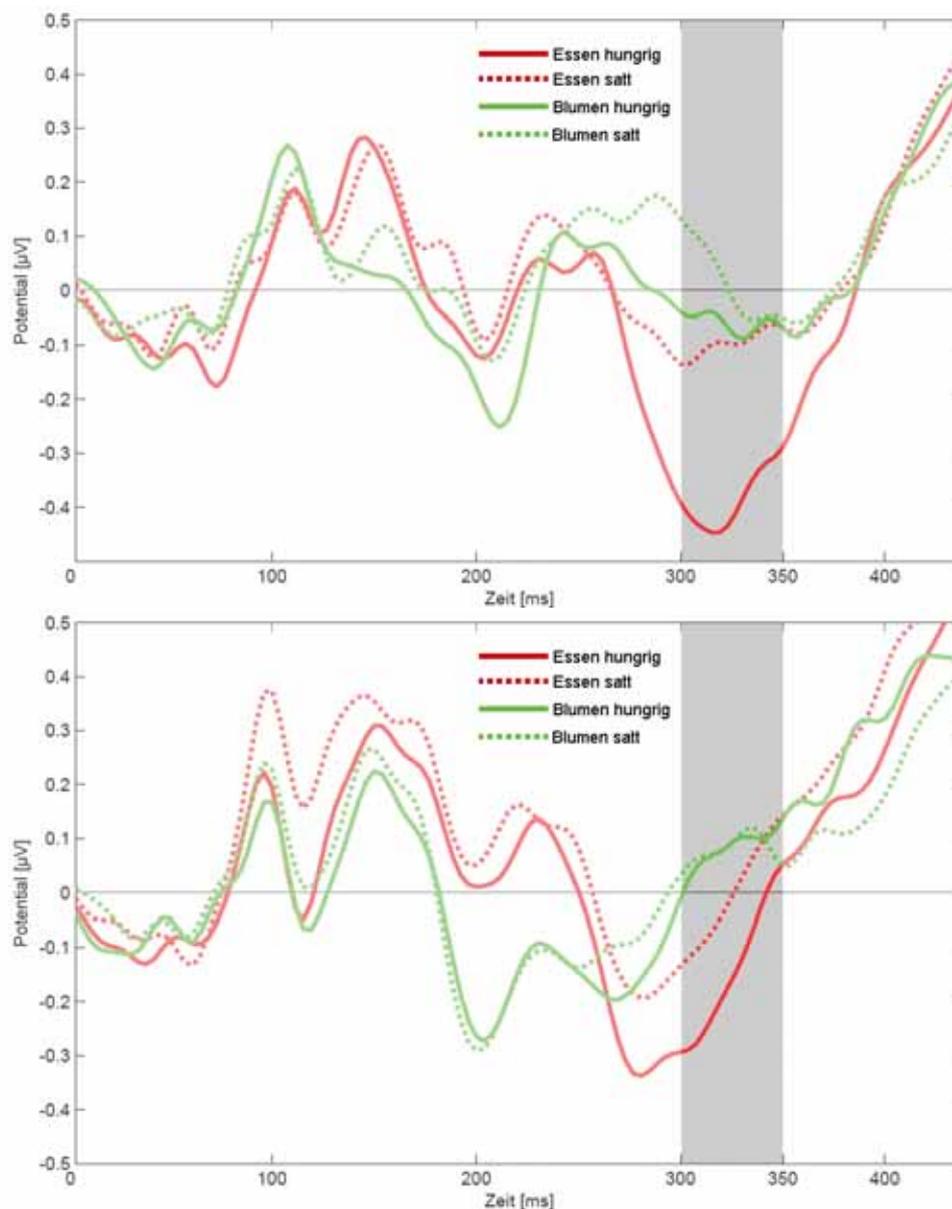


Abbildung 19: Gemittelte ERPs des Kanals 93 (oben) für die Essens- und Blumenbilder – getrennt nach hungrigem und sattem Zustand. Grau hinterlegt der Zeitbereich 300-350 ms. Unten: Der symmetrisch dazu gelegene Kanal 191. Anmerkung: Das interessierende Zeitfenster (grau hinterlegt) wurde an den Differenzen angepasst, nicht an den Rohwerten.

Tabelle 12 enthält die durchschnittlichen Werten der ereigniskorrelierten Potentiale im Zeitbereich von 300 bis 350 ms über okzipito-temporalen Arealen – getrennt nach den Faktoren KATEGORIE (Essen, Blumen), ZUSTAND (hungrig, satt) und LATERALITÄT (links, rechts).

Tabelle 12: Gemittelte ERP-Werte im Zeitbereich von 300-350 ms über okzipito-temporalen Arealen (Sensornummern siehe Anhang C) – getrennt nach Bildkategorie und Zustand. Außerdem wurde hier aufgrund des nicht-signifikanten Haupteffekts der Mittelwert über die Werte des linken und des rechten Clusters gebildet.

	Essen		Blumen	
	<i>satt</i>	<i>hungrig</i>	<i>satt</i>	<i>hungrig</i>
<i>M</i>	0.03	-0.13	0.18	0.18
<i>SD</i>	0.71	0.64	0.64	0.57
<i>n</i>	32	32	32	32

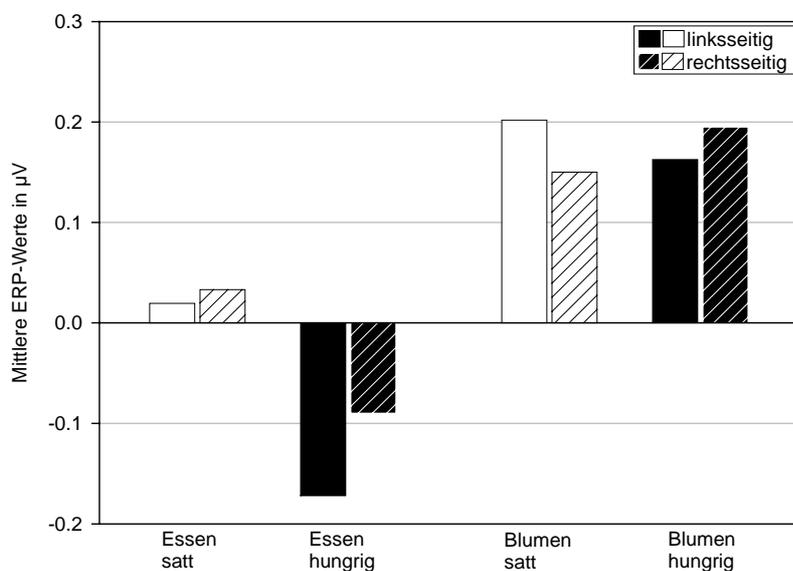


Abbildung 20: Darstellung der Information aus Tabelle 12 – hier noch getrennt nach Lateralität: Mittlere ERP-Werte getrennt nach Zustand und Kategorie.

Mit diesen drei within Faktoren ergab eine ANOVA einen signifikanten Haupteffekt des Faktors KATEGORIE ($F_{KATEGORIE}(1,31) = 6.05; p < 0.05$), jedoch keine Effekte für Zustand und Lateralität ($F_{ZUSTAND}(1,31) = 1.25; p = 0.27; F_{LATERALITÄT}(1,31) = 0.2; p = 0.66$). Die entscheidende Interaktion zwischen KATEGORIE und ZUSTAND verfehlte das Signifikanzniveau

($F_{KATEGORIE*ZUSTAND}(1,31) = 2.182; p = 0.15$). Auch die übrigen F -Werte lagen außerhalb des Verwerfungsbereichs ($F_{KATEGORIE*LATERALITÄT}(1,31) = 1.6; p = 0.21$; $F_{ZUSTAND*LATERALITÄT}(1,31) = 1.46; p = 0.24$; $F_{KATEGORIE*ZUSTAND*LATERALITÄT}(1,31) = 0.028; p = 0.87$). Die geplanten Vergleiche zwischen den einzelnen Kategorien wurden trotz der fehlenden Interaktion durchgeführt (Snodgrass, Haydon Martin & Levy-Berger Gail, 1985, Seite 386): Dabei erreichte der Vergleich von Essensbildern im hungrigen vs. satten Zustand auf der linken Hemisphäre nominal Signifikanz ($t_{LINKS,ESSEN:HUNGRIG-SATT}(31) = -2.05 ; p < 0.025$; einseitig). Die übrigen a priori geplanten Einzelvergleiche ergaben alle keine Unterschiede ($t_{RECHTS,ESSEN:HUNGRIG-SATT}(31) = -1.38 ; p = 0.08$; $t_{LINKS,BLUMEN:HUNGRIG-SATT}(31) = -0.36; p = 0.72$; $t_{RECHTS,BLUMEN:HUNGRIG-SATT}(31) = 0.47; p = 0.64$).

Im Vergleich zwischen den Bildkategorien bei jeweils gleichem motivationalen Zustand zeigt sich im hungrigen Zustand beidseitig ein Unterschied zwischen Essen und Blumen ($t_{LINKS,HUNGRIG:ESSEN-BLUMEN}(31) = -2.57 ; p < 0.01$ und $t_{RECHTS,HUNGRIG:ESSEN-BLUMEN}(31) = -2.49; p < 0.01$). Obgleich die ERPs auf Essen und Blumen auch im satten Zustand nicht eindeutig gleich verliefen, fiel der Unterschied zwischen den Kategorien im satten Zustand anscheinend schwächer aus ($t_{LINKS,SATT:ESSEN-BLUMEN}(31) = -1.99; p = 0.03$ und $t_{RECHTS,SATT:ESSEN-BLUMEN}(31) = -1.17; p = 0.13$).

Dasselbe Bild ergab sich für die übergeordnete Analyse unter Absehung des Faktors LATERALITÄT ($t_{ESSEN:HUNGRIG-SATT}(31) = -1.92; p < 0.05$ – nach Korrektur nicht mehr signifikant - und $t_{BLUMEN:HUNGRIG-SATT}(31) = 0.03; p = 0.49$). Im Vergleich zwischen den Bildkategorien bei jeweils gleichem motivationalen Zustand zeigt sich im hungrigen Zustand ein signifikanter Unterschied zwischen Essen und Blumen ($t_{HUNGRIG:ESSEN-BLUMEN}(31) = -2.62; p < 0.01$), im gesättigten Zustand unterscheiden sich die Kategorien dagegen nicht signifikant ($t_{SATT:ESSEN-BLUMEN}(31) = -1.65; p = 0.06$).

Abbildung 21 stellt die Differenzen zwischen den ERPs auf die Essensbilder im hungrigen gegenüber dem sattten Zustand dar. Es handelt sich dabei um die durchschnittliche Differenz der beiden Potentialverläufe im betrachteten Zeitintervall von 300 – 350 ms.

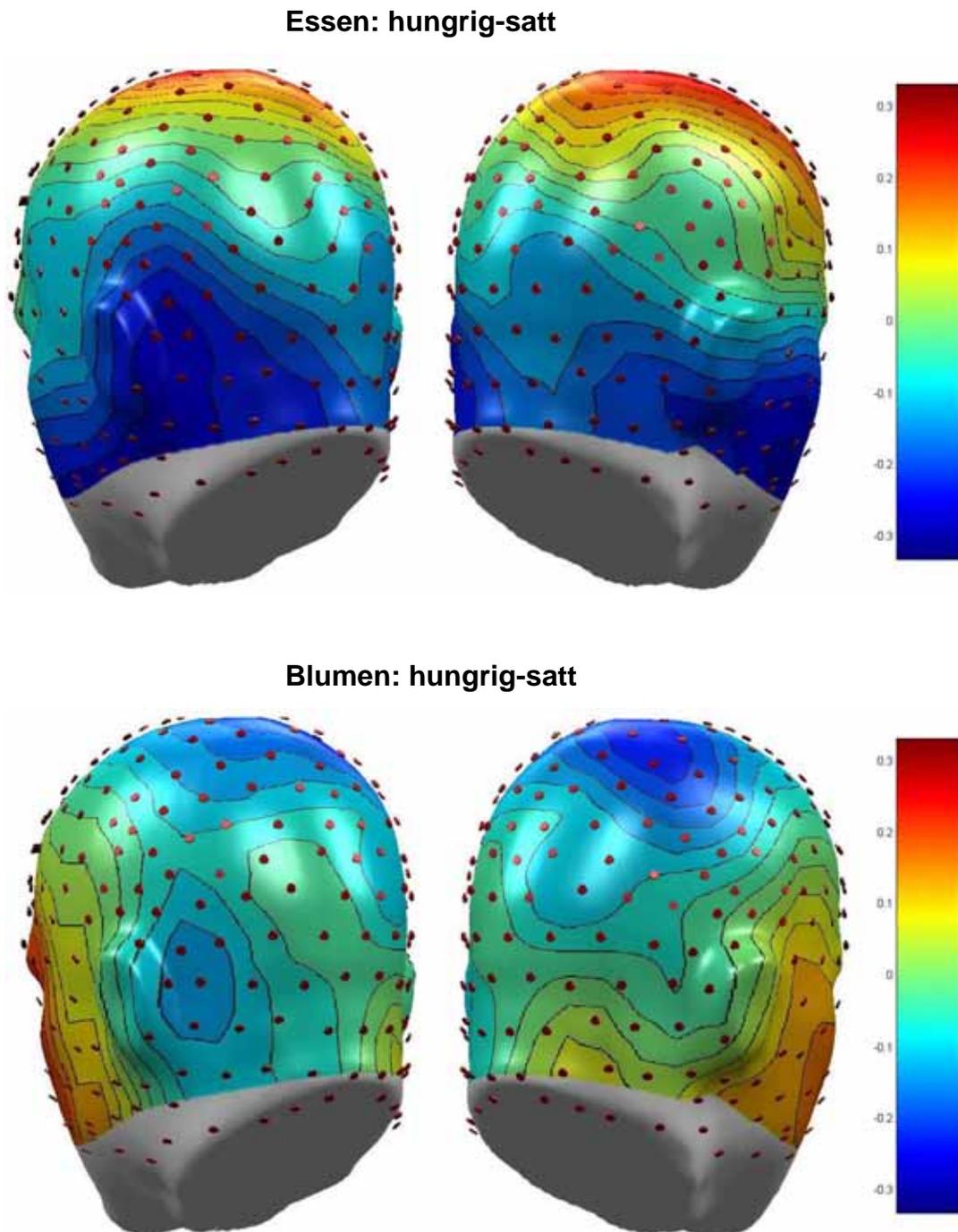


Abbildung 21 oben: Topografische Darstellung der Differenz (hungrig-satt) zwischen den Gesamtmittelwerten der Essensbilder im Zeitfenster 300-350 ms aus 45° links bzw. rechts hinten (Skala in μV). Unten: dieselbe Darstellung für die Differenzen der Blumenbilder.

Analyse des Zeitbereichs von 400-600 ms über zentro-parietalen Arealen (LPP)

Tabelle 13 beinhaltet die Mittelwerte der Analyse im Zeitbereich von 400-600 ms über zentro-parietalen Arealen. Abbildung 22 zeigt den Verlauf der ERP-Wellen an einem ausgewählten Sensor (Nr. 111, Mittellinie parietal), in Abbildung 23 sind die Werte grafisch dargestellt. Die Differenzbilder für die beiden Kategorien zwischen hungrigem und sattem Zustand liefert Abbildung 24.

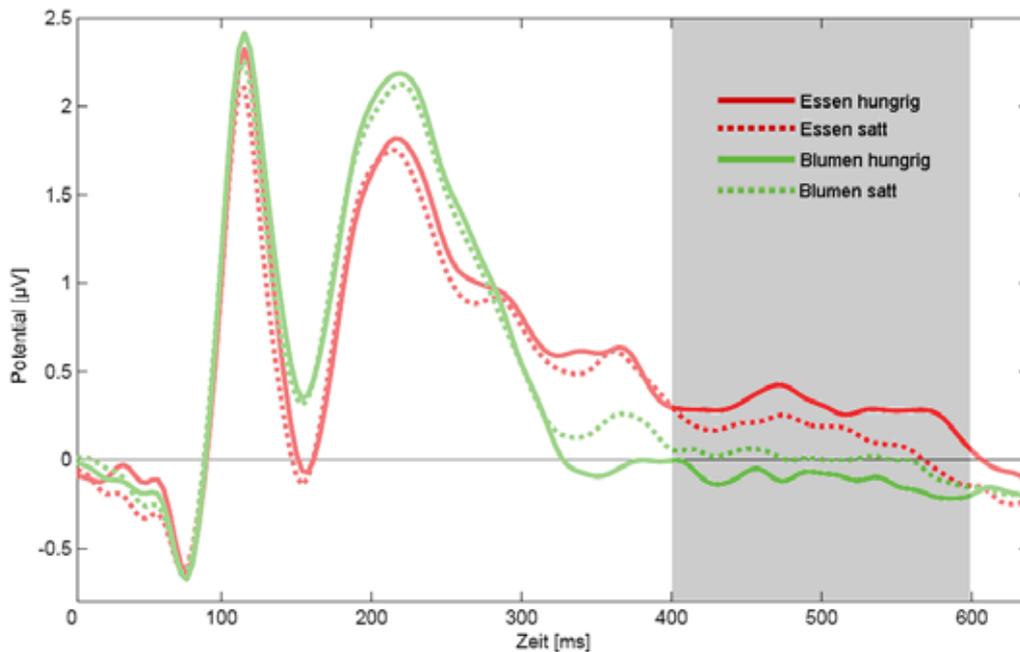


Abbildung 22: Gemittelte ERPs des Kanals 111 für die Essens- und Blumenbilder – getrennt nach hungrigem und sattem Zustand. Grau hinterlegt der Zeitbereich von 400-600 ms.

Tabelle 13: Darstellung der Mittelwerte aus dem FF-Teil über den Zeitraum von 200-300 ms und das zentro-parietale Cluster.

	Essen		Blumen	
	satt	hungrig	satt	hungrig
<i>M</i>	0.13	0.21	-0.06	-0.30
<i>SD</i>	0.40	0.39	0.32	0.42
<i>n</i>	32	32	32	32

Der Mittelwert für die Blumen fällt im hungrigen Zustand ab, der Mittelwert der Essensbilder hingegen steigt an. Erneut zeigt sich ein deutlicher Kategorieneffekt ($F_{KATEGORIE}(1,31) = 32.5; p < 0.001$). Aufgrund des entgegengesetzten Verlaufs der Essens- und Blumenbilder im hungrigen gegenüber dem sattem Zustand wird der Faktor ZUSTAND allein nicht signifikant ($F_{ZUSTAND}(1,31) = 2.51; p = 0.12;$). Darüber hinaus liegt eine signifikante Interaktion der Fak-

toren KATEGORIE und ZUSTAND vor ($F_{KATEGORIE*ZUSTAND}(1,31) = 26.83; p < 0.001$). Die geplanten Vergleiche innerhalb der Kategorien ergaben, dass - trotz des in absoluten Zahlen ange- stiegenen Mittelwerts - die ERPs auf die Essensbilder im Hungerzustand nicht signifikant verstärkt werden ($t_{ESSEN:HUNGRIG-SATT}(31) = 1.52; p = 0.07$; gerichtete Hypothese). Vielmehr un- terscheiden sich die Reaktionen auf die Blumenbilder zustandsabhängig voneinander ($t_{BLU- MEN:HUNGRIG-SATT}(31) = 3.7; p < 0.001$). Der Vergleich zwischen den Bildkategorien zu den beiden motivationalen Zuständen zeigt an, dass sich die ERP-Mittelwerte beide Male signifikant voneinander unterscheiden, wobei der Unterschied im hungrigen Zustand stärker ausfällt ($t_{HUNGRIG:ESSEN-BLUMEN}(31) = 7.32; p < 0.0001$ und $t_{SATT:ESSEN-BLUMEN}(31) = 2.84; p < 0.01$).

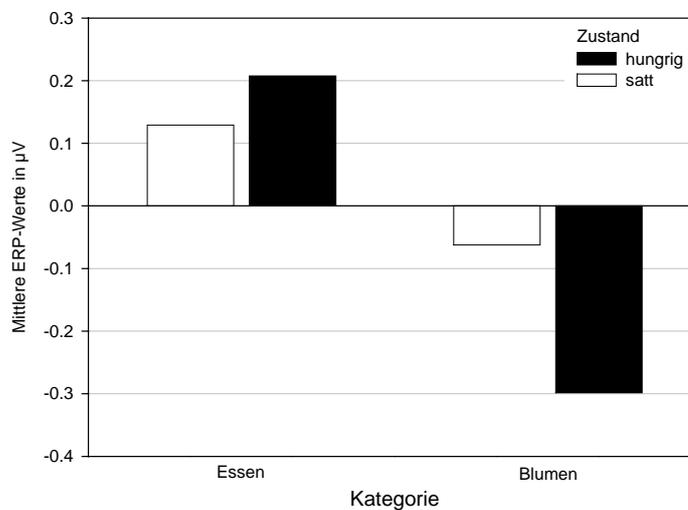


Abbildung 23: Darstellung der Mittelwerte des FF-Teils für die Analyse der späten Potentiale (400-600 ms, 1 zentrales Cluster) getrennt nach Kategorie und Zustand.

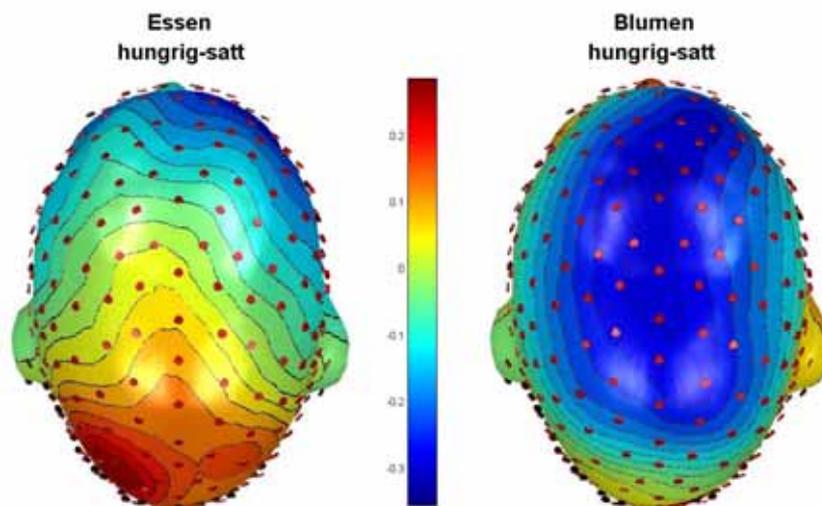


Abbildung 24: Topografische Darstellung der Differenz (hungrig-satt) zwischen den Gesamtmittelwerten der Essensbilder (links) im Zeitfenster von 400-600 ms (Ansicht von oben). Rechts die Differenz der Blumenbilder (gleiche Skala).

Explorative Analyse über parieto-okzipitalen Arealen

Wie in Abbildung 24 (links) zu erkennen ist, liegt ein auffälliger Aktivitätsfokus gerade zwischen dem temporo-okzipitalen und dem zentralen Cluster über parieto-okzipitalen Gebieten. Der in Abbildung 25 abgebildete Potentialverlauf stellt die ERPs an einem ausgewählten Sensor (117) über diesem Gebiet dar. Zwei Varianzanalysen für die beiden Zeitbereiche von 200 - 250 ms und 400 – 600 ms sollten untersuchen, ob sich hier selektive Veränderungen für die Essensreize zeigen. Die nach Zustand und Bildkategorie getrennten ERP-Mittelwerte aus beiden Intervallen enthält Tabelle 14.

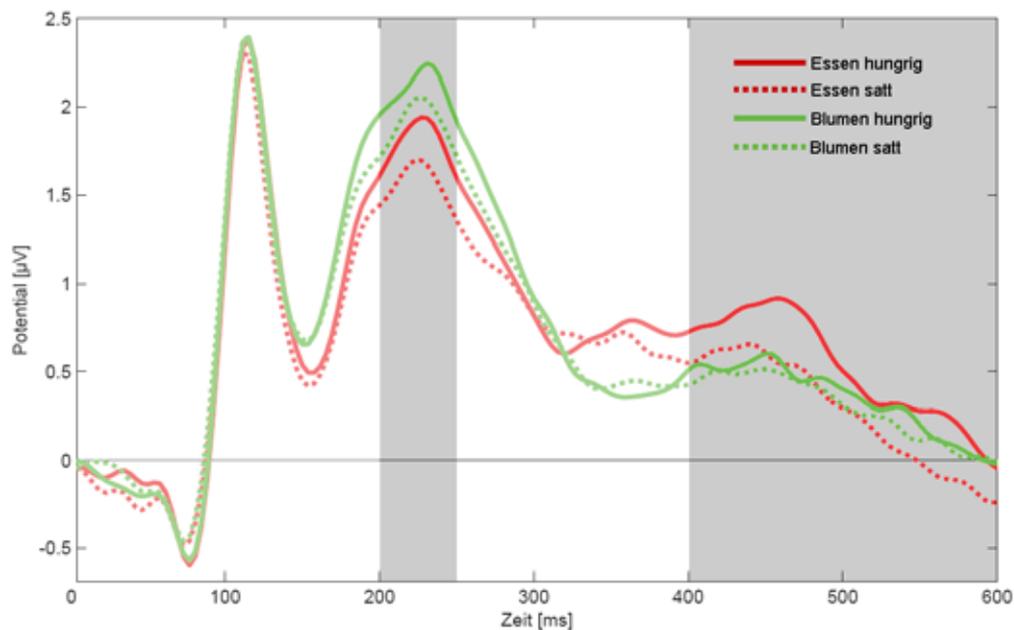


Abbildung 25: Gemittelte ERPs des Kanals 117 für die explorative Analyse über parieto-okzipitalen Arealen: ERPs auf Essens- und Blumenbilder getrennt nach hungrigem und sattem Zustand. Grau hinterlegt die Zeitbereiche von 200-250 ms und von 400-600 ms.

Tabelle 14: Darstellung der Mittelwerte aus dem explorativen FF-Teil über zwei Zeitintervallen (bilaterales parieto-okzipitales Cluster, erneut aufgrund des nichtsignifikanten Laterali-tätseffekts über linke und rechte Sensoren gemittelt).

	200 - 250 ms				400 - 600 ms			
	Essen		Blumen		Essen		Blumen	
	satt	hungrig	satt	hungrig	satt	hungrig	satt	hungrig
<i>M</i>	1.91	1.98	2.06	2.20	0.44	0.61	0.29	0.22
<i>SD</i>	1.25	1.22	1.15	1.32	0.82	0.72	0.57	0.51
<i>n</i>	32	32	32	32	32	32	32	32

Tabelle 15: F- und p-Werte und aus den Varianzanalysen des explorativen FF-Teils; Erläuterungen siehe Text; Sternchen (*) kennzeichnen signifikante Effekte.

	200-250 ms		400-600 ms	
KATEGORIE	$F(1,31) = 4.97$	$p < 0.05^*$	$F(1,31) = 15.38$	$p < 0.001^*$
ZUSTAND	$F(1,31) = 0.68$	$p = 0.42$	$F(1,31) = 0.34$	$p = 0.57$
LATERALITÄT	$F(1,31) = 3.6$	$p = 0.07$	$F(1,31) = 0.19$	$p = 0.66$
KATEGORIE*ZUSTAND	$F(1,31) = 0.36$	$p = 0.55$	$F(1,31) = 6.88$	$p < 0.05^*$
KATEGORIE*LATERALITÄT	$F(1,31) = 4.0$	$p = 0.05$	$F(1,31) = 1.42$	$p = 0.24$
ZUSTAND*LATERALITÄT	$F(1,31) = 0.65$	$p = 0.43$	$F(1,31) = 0.16$	$p = 0.69$
KATEGORIE*ZUSTAND*LATERALITÄT	$F(1,31) = 1.78$	$p = 0.19$	$F(1,31) = 0.51$	$p = 0.48$

Wie den F- und p-Werten aus Tabelle 15 zu entnehmen ist, ist in beiden Zeitbereichen lediglich der Haupteffekt des Faktors KATEGORIE signifikant, allerdings in den beiden Zeitbereichen in umgekehrter Richtung (siehe Abbildung 25). Die Interaktion zwischen Kategorie und Zustand verfehlt im Intervall 200- 250 ms das Signifikanzniveau deutlich, im Intervall 400 – 600 ms zeigt sich dagegen eine signifikante Interaktion (siehe auch Abbildung 26).

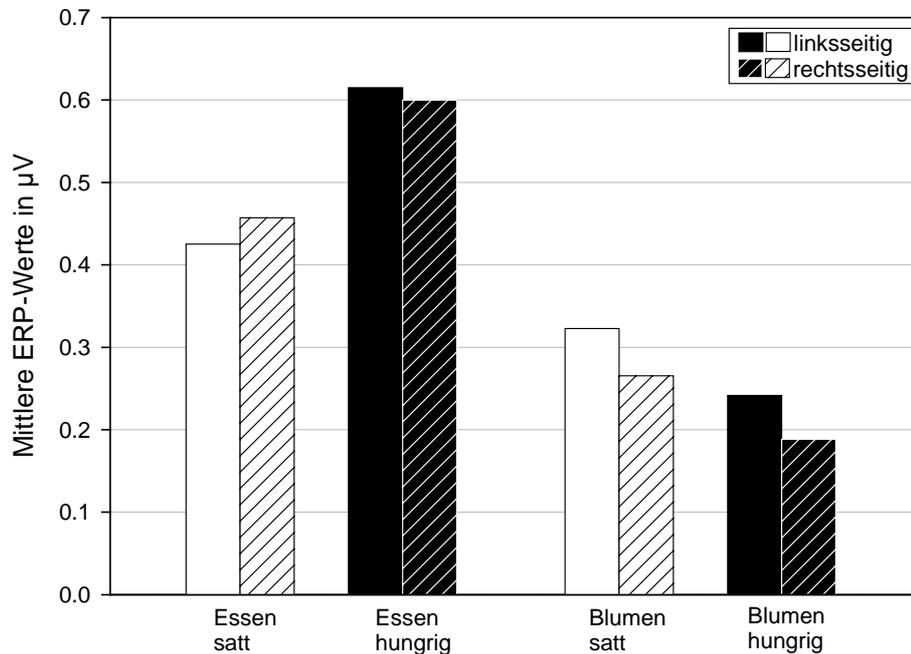


Abbildung 26: Darstellung der Mittelwerte des FF-Teils für die explorative Analyse im Zeitintervall 400 – 600 ms. Werte getrennt nach Kategorie, Zustand und Lateralität.

Die Verfolgung dieser Interaktion ergab, dass hier erneut die ERPs auf Essensbilder sich im hungrigen Zustand nominal signifikant von denen im sattten Zustand unterschieden, nach An-

passung des Signifikanzniveaus verfehlt der p-Wert jedoch knapp Signifikanz ($t_{\text{ESSEN:HUNGRIG-SATT}}(31) = 1.79$; $p < 0.05$, einseitig). Die Werte der Blumen hingegen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($t_{\text{BLUMEN:HUNGRIG-SATT}}(31) = -0.95$; $p = 0.18$). Im Vergleich zwischen Essen und Blumen zeigt sich erneut eine Differenzierung im hungrigen Zustand ($t_{\text{HUNGRIG:ESSEN-BLUMEN}}(31) = 5.18$; $p < 0.001$), im sattem Zustand erreicht diese nicht Signifikanz ($t_{\text{SATT:ESSEN-BLUMEN}}(31) = 1.63$; $p = 0.055$).

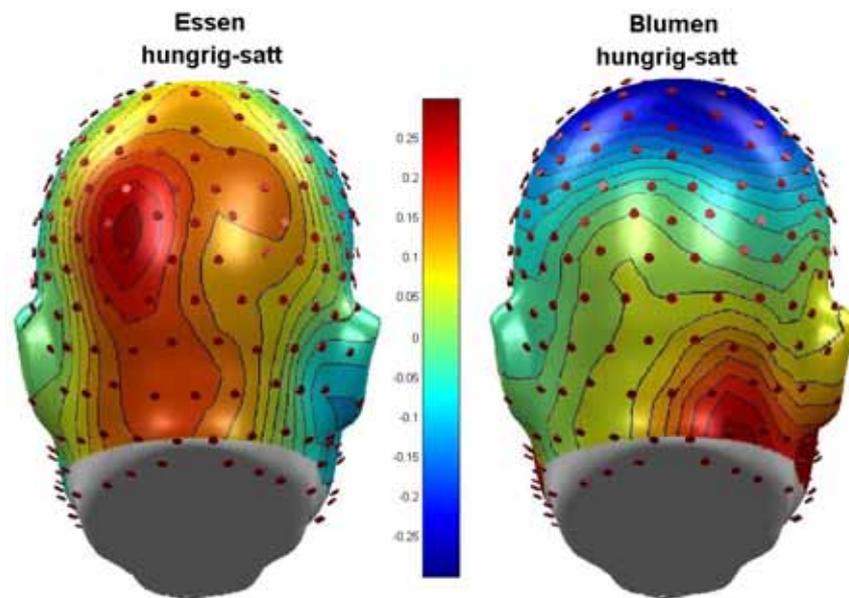


Abbildung 27: Topografische Darstellung der Differenzen (hungrig-satt) zwischen den Gesamtmittelwerten der Kategorien im Zeitfenster 400-600 ms.

Eine topografische Darstellung der Differenzen zwischen hungrigem und sattem Zustand für die Essens- bzw. Blumenbilder im Analysezeitraum von 400 – 600 ms enthält Abbildung 27.

Ereigniskorrelierte Potentiale bei „Emotionale Bilder“

Analyse des Zeitbereichs von 200-300 ms über okzipito-temporalen Arealen (EPN)

Die Mittelwerte der Bedingungen enthält Tabelle 16, Abbildung 28 stellt diese Werte grafisch dar. In Abbildung 29 findet sich wieder der Potentialverlauf an einem ausgewählten Sensor (Nr. 170, okzipito-temporal). In Abbildung 30 wird die Differenz zwischen den Mittelwerten (200-300ms) auf angenehme und neutrale (oben) sowie auf unangenehme und neutrale (unten) Bilder topographisch dargestellt.

Tabelle 16: Mittelwerte und Standardabweichungen des Zeitintervalls 200 –300 ms über okzipito-temporalen Arealen. Außerdem wurde hier aufgrund des nicht-signifikanten Haupteffekts der Mittelwert über die Werte des linken und des rechten Clusters gebildet.

	satt			hungrig		
	angenehm	neutral	unangenehm	angenehm	neutral	unangenehm
<i>M</i>	0.48	1.76	0.41	0.33	1.67	0.29
<i>SD</i>	0.76	1.01	0.74	0.91	1.17	0.94
<i>n</i>	32	32	32	32	32	32

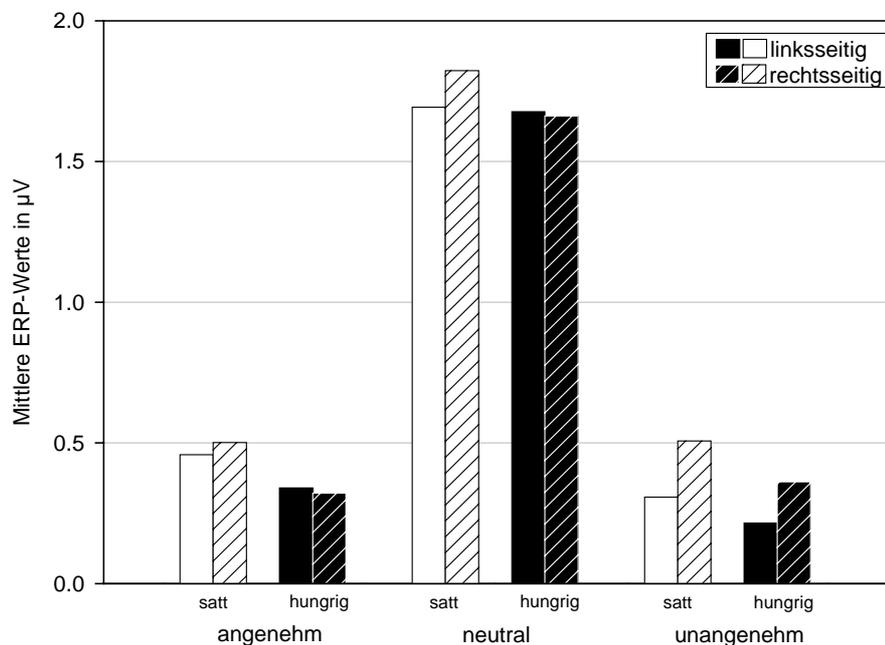


Abbildung 28: Darstellung der ANOVA-Mittelwerte für Kategorie, Zustand und Lateralität (okzipito-temporale Cluster, 200-300 ms).

Die ANOVA über die Mittelwerte des frühen Zeitbereichs (200 – 300 ms) von zwei lateralen temporo-okzipitalen Clustern ergab eine signifikante Interaktion der Faktoren LATERALITÄT

und KATEGORIE ($F_{KATEGORIE*LATERALITÄT}(1,9;59) = 3.71; p < 0.05$) sowie einen signifikanten Haupteffekt des Faktors KATEGORIE ($F_{KATEGORIE}(2,62) = 78.82; p < 0.0001$) allein. Die übrigen Effekte waren allesamt nicht signifikant ($F_{ZUSTAND}(1,31) = 1.32; p = 0.26; F_{LATERALITÄT}(1,31) = 0.9; p = 0.35; F_{KATEGORIE*ZUSTAND}(1.99,61.92) = 0.19; p = 0.83; F_{ZUSTAND*LATERALITÄT}(1,31) = 2.34; p = 0.14; F_{KATEGORIE*ZUSTAND*LATERALITÄT}(1.89,58.68) = 0.5; p = 0.6$). Es gab also keine Effekte des Faktors ZUSTAND in diesem Experimentteil.

Die Interaktion zwischen Lateralität und Kategorie wurde mit Kontrasten exploriert. Sie ging darauf zurück, dass die Differenz zwischen den linken und den rechten Potentialwerten für die unangenehmen Bilder sich von der Differenz für die positiven Bilder unterschied. Die Verfolgung des Haupteffektes der Kategorie mit einfachen t -Tests ergab, dass sowohl angenehme als auch unangenehme Bilder im relevanten Zeitfenster niedrigere Potentiale hervorriefen als neutrale Bilder, was einer relativen Negativierung entspricht ($t's < -8 ; p < 0.001$). Zwischen unangenehmen und angenehmen Bildern ließ sich kein Unterschied feststellen ($t(30) = 0.91; p = 0.37$).

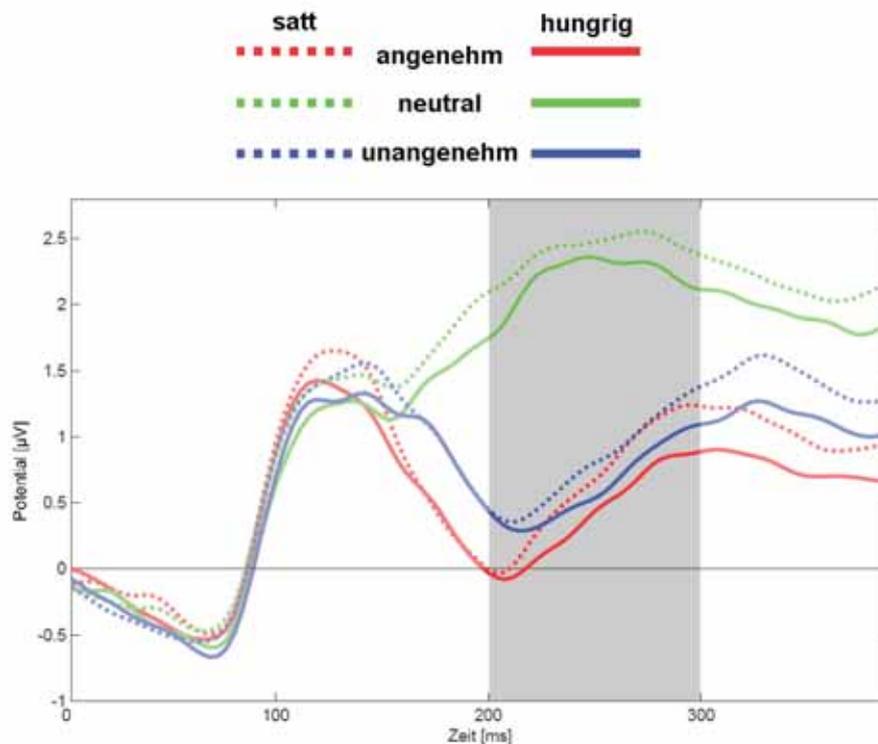


Abbildung 29: Gemittelte ERPs des Kanals 170 für die IAPS-Bilder. Links die Bilder im hungrigem und rechts im sattten Zustand. Grau hinterlegt das Zeitintervall von 200-300 ms.

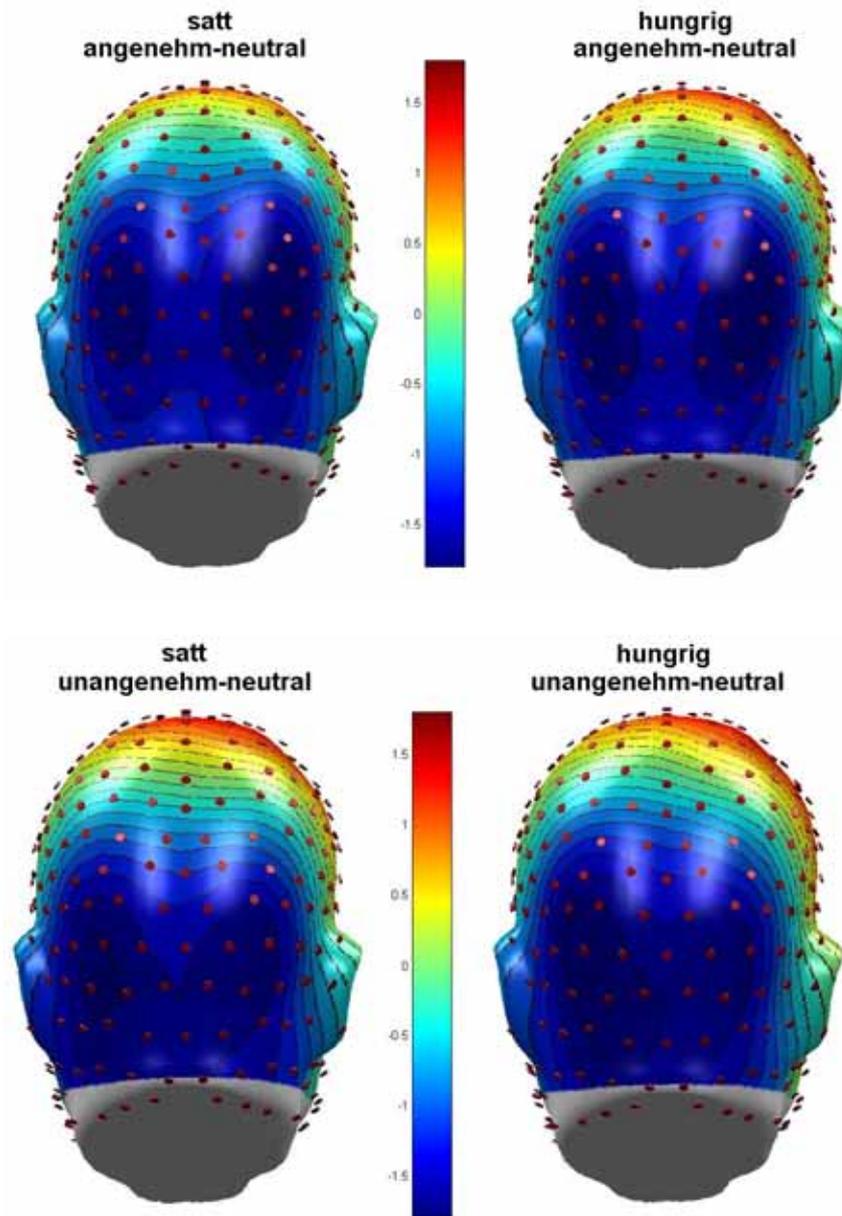


Abbildung 30 oben: Topografische Darstellung (Rückansicht) der Differenzen zwischen den ERPs auf angenehme vs. neutrale Bilder im Zeitbereich von 200-300 ms (EPN) im satt (links) und im hungrigen Zustand (rechts). Unten: Darstellung der Differenzen zwischen den ERPs auf unangenehme vs. neutrale Bilder (gleiche Skala wie bei angenehm-neutral).

Stabilität der frühen posterioren Negativierung bei „Emotionale Bilder“

Die Werte der EPN für die einzelnen Kategorien (angenehm-neutral bzw. unangenehm-neutral) wurden zwischen beiden Zeitpunkten (hungrig - satt) korreliert und sind in Abbildung 31 als Streudiagramm eingezeichnet. Für die EPN „angenehm-neutral“ ergab sich eine signifikante Korrelation zwischen dem hungrigen und dem sattten Zustand von $r = 0.76$ und für die EPN „unangenehm-neutral“ $r = 0.82$ (jeweils $p < 0.001$). In Anbetracht potentieller Probleme bei der Retest-Reliabilitätsberechnung von Differenz-Werten (Eide, 2002) handelt es sich um ausgesprochen hohe Korrelationen.

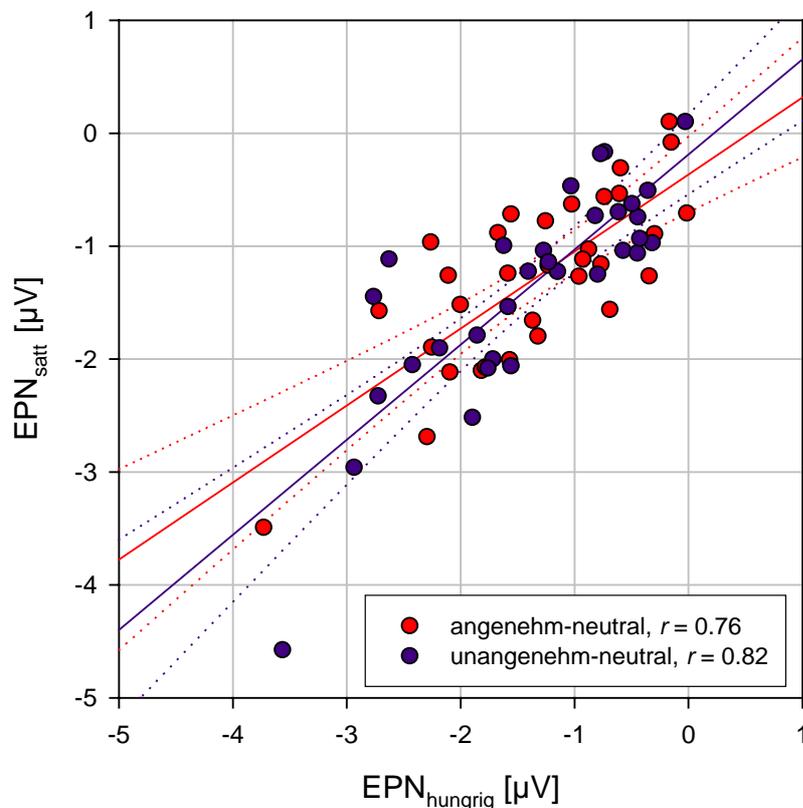


Abbildung 31: Streudiagramm der EPN-Werte über die beiden Testungen hinweg. Die Regressionsgeraden (Prädiktion der EPN_{satt} durch die $EPN_{hungrig}$) sind als durchgehende Linien gezeichnet, punktiert die 95%-Konfidenzintervalle.

Die Information dieser Berechnungen ist zum Teil bereits implizit in der varianzanalytischen Auswertung enthalten, da das Messwiederholungsdesign die Korrelation der Werte über den Zustand hinweg berücksichtigt. Diese Darstellung liefert aber Zusatzinformationen über die Höhe der Korrelation zwischen den Werten.

Analyse des Zeitbereichs von 400-600 ms über zentralen Arealen (LPP)

Auch im Zeitbereich der späten positiven Potentiale (400 –600 ms) zeigte sich über zentralen Arealen ein signifikanter Haupteffekt des Faktors KATEGORIE ($F_{KATEGORIE}(1.43, 44.32) = 94.49$; $p < 0.0001$) in der vorausgesagten Richtung (siehe Abbildung 32 und 33). Sowohl angenehme als auch unangenehme Bilder führten zu größeren Positivierungen relativ zu den neutralen Bildern ($t's > 10$; $p < 0.001$, kein Unterschied zwischen angenehm und unangenehm: $t(31) = 0.36$; $p = 0.72$) und dies war sowohl im hungrigen als auch im sattten Zustand der Fall (siehe Differenzdarstellungen in Abbildung 34). Der Faktor ZUSTAND allein und auch die Interaktion wirkten sich nicht signifikant aus ($F_{ZUSTAND}(1,31) = 1.57$; $p = 0.22$; $F_{KATEGORIE*ZUSTAND}(1.96,60.79) = 1.54$; $p = 0.22$).

Tabelle 17: Nach Kategorien getrennte Kennwerte über das zentrale Cluster im Zeitbereich 400-600 ms für angenehme, neutrale und unangenehme Bilder.

	satt			hungrig		
	angenehm	neutral	unangenehm	angenehm	neutral	unangenehm
<i>M</i>	-0.17	-1.20	-0.12	-0.16	-1.34	-0.26
<i>SD</i>	0.53	0.74	0.62	0.64	0.87	0.73
<i>n</i>	32	32	32	32	32	32

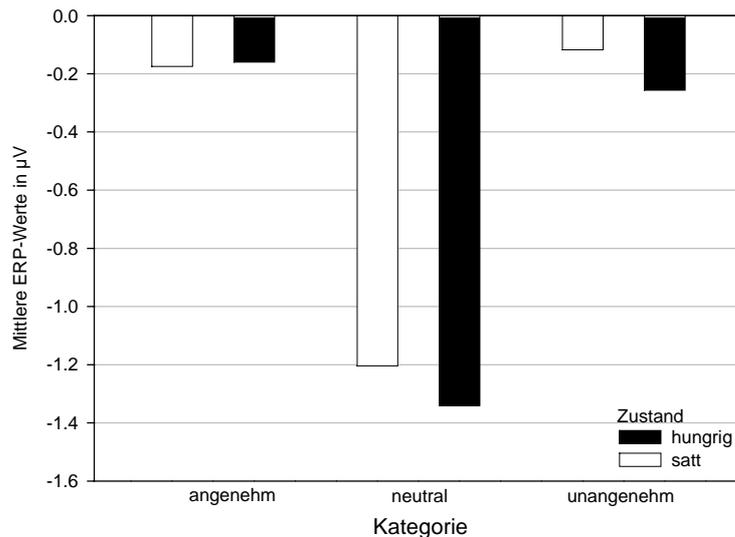


Abbildung 32: Darstellung der mittleren Werte im Zeitraum 400-600 ms über zentralen Arealen.

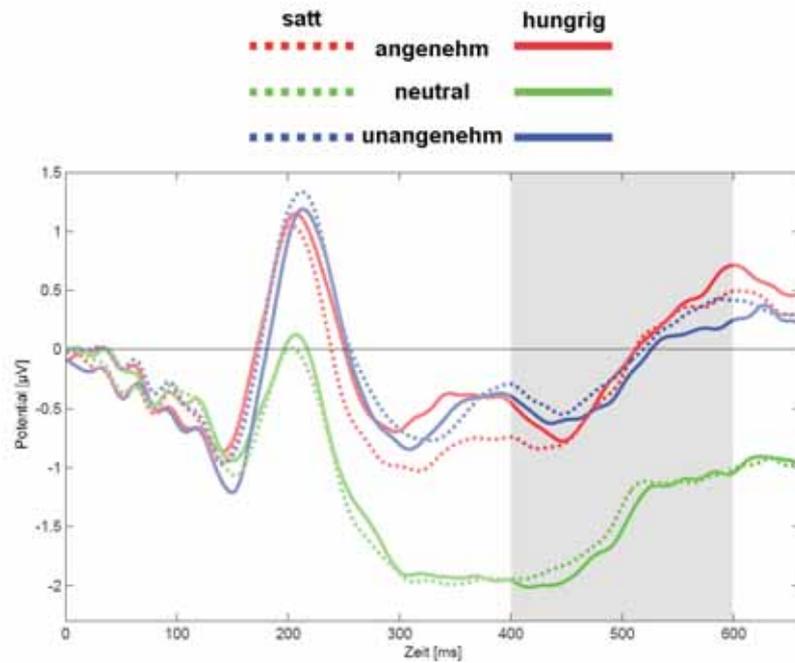


Abbildung 33: Gesamtmittelwerte für die IAPS-Bilder am Sensor 80, nach Zustand und Kategorie getrennt. Grau hinterlegt das Zeitintervall von 400-600 ms.

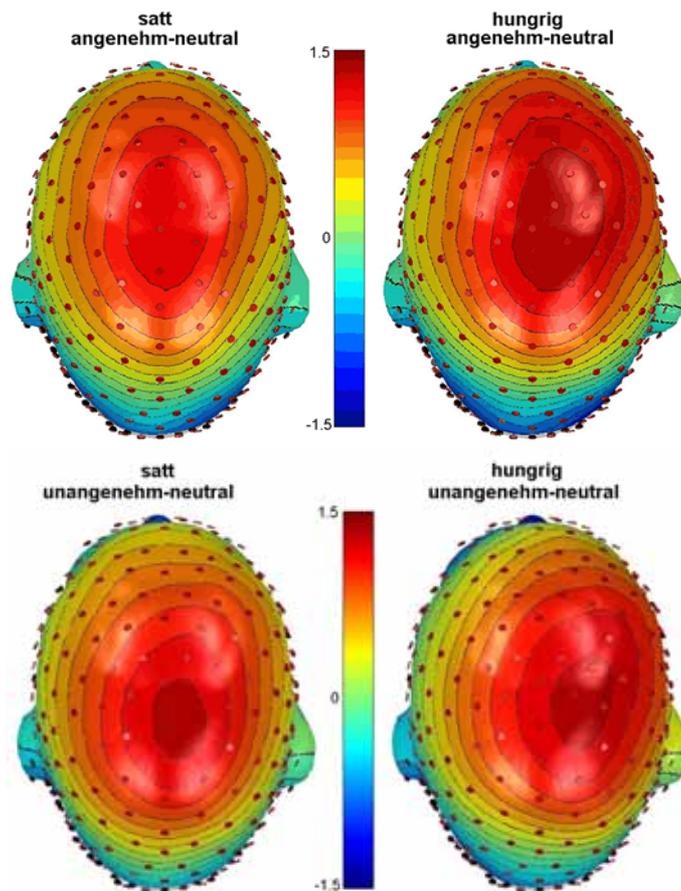


Abbildung 34: Topografische Darstellung (Draufsicht) der Differenzen zwischen den ERPs auf angenehme vs. neutrale (oben) und unangenehme vs. neutrale (unten) Bilder im Zeitbereich von 400-600 ms (LPP) und im satt (links) und hungrigen (rechts) Zustand.

Stabilität der späten positiven Potentiale bei „Emotionale Bilder“

Wie schon für die EPN, wurden auch die Werte der LPPs für die einzelnen Kategorien (angenehm-neutral bzw. unangenehm-neutral) zwischen beiden Zeitpunkten (hungrig - satt) korreliert und als Streudiagramm eingezeichnet (Abbildung 35).

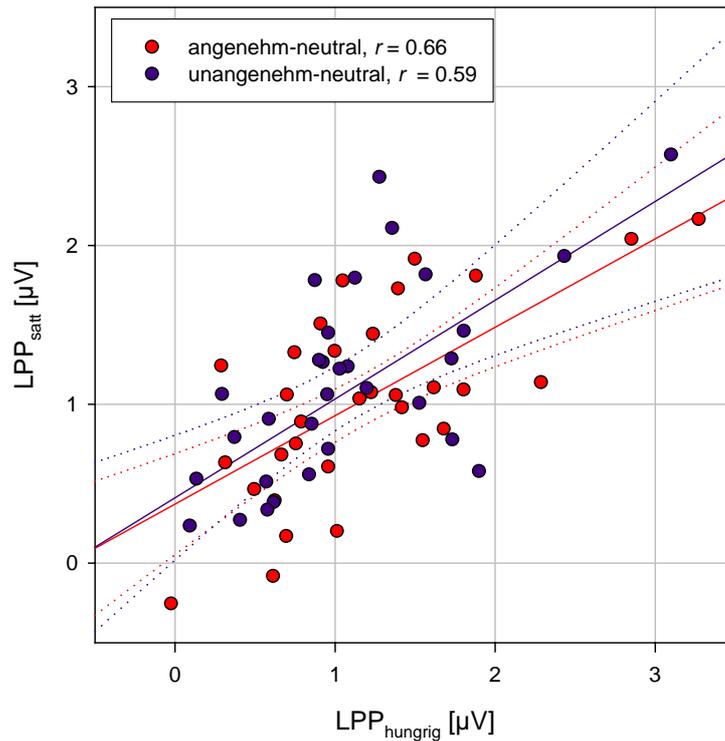


Abbildung 35: Streudiagramm der LPP-Werte über die beiden Testungen hinweg. Die Regressionsgeraden (Prädiktion der LPP_{satt} durch die $LPP_{hungrig}$) sind als durchgehende Linien gezeichnet, punktiert die 95%-Konfidenzintervalle.

Für die LPPs „angenehm-neutral“ ergab sich eine signifikante Korrelation zwischen dem hungrigen und dem satten Zustand von $r = 0.66$ und für die LPPs „unangenehm-neutral“ $r = 0.59$ (jeweils $p < 0.001$).

6. Diskussion

In dieser Arbeit wurde untersucht, ob visuelle Nahrungsreize im Hungerzustand bereits auf sensorisch-perzeptueller Ebene anders als im sattten Zustand verarbeitet werden. Zu diesem Zweck wurden Bilder von Essen und neutrale Blumenbilder dargeboten, wobei der motivationale Zustand der Betrachter durch 24-stündige Nahrungsdeprivation bzw. Sättigung unmittelbar vor der Teilnahme am Experiment manipuliert wurde. Aus der Emotionsforschung sind ERP-Komponenten bekannt, die mit dem Konstrukt motivierte Aufmerksamkeit in Verbindung gebracht werden und es erschien folgerichtig, die Untersuchung natürlich-selektiver Aufmerksamkeitssteuerung durch emotionale Reize auch auf den Bereich der Verarbeitung von Nahrungsreizen unter Nahrungsdeprivation auszudehnen. Dabei wurde angenommen, dass die Verarbeitung der durch Deprivation motivational relevanter gewordenen Essensbilder im wesentlichen analog zur emotionalen Bildverarbeitung abläuft, bei der auf emotionale Bilder im Vergleich zu neutralen Reizen eine frühe posteriore Negativierung und verstärkte späte positive Potentiale beobachtet werden.

Überblick über die Ergebnisse und Beantwortung der Untersuchungsfrage

Erfolgreiche Manipulation des motivationalen Zustandes

Betrachten wir die Ergebnisse der Untersuchung, so lässt sich zunächst feststellen, dass die Manipulation des motivationalen Zustandes durch Nahrungsdeprivation erfolgreich war: Die Versuchspersonen geben im hungrigen Zustand an, stärkeren Hunger und größeren Appetit zu haben, im sattten Zustand fielen die Angaben zu Hunger und Appetit konsistent geringer aus. Die Kontrolle des körperlichen Deprivationszustandes durch physiologische Messungen stellt eine Verbesserung gegenüber den „bogus-pipeline“-Manipulationen vorheriger Studien dar. Die Messungen des Ketonspiegels ergaben höhere Werte im Hungerzustand. Obgleich daraus im Einzelfall nicht mit Sicherheit auf ein 24-stündiges Fasten geschlossen werden kann, steht doch zweifelsfrei fest, dass die Teilnehmer ihre Nahrungsaufnahme in den Stunden vor dem Messtermin „hungrig“ ihre Nahrungsaufnahme erheblich eingeschränkt haben.

Selektive Veränderung der subjektiven Einschätzungen der Bilder

Die subjektiven Einschätzungen von Valenz und Erregung der betrachteten Bilder anhand der Skalen des Self-Assessment-Manikin machen deutlich, dass die Versuchspersonen im hungrigen Zustand die Essensbilder als angenehmer und erregender empfanden. Die erhöhte motivationale Relevanz der Essensbilder schlägt sich damit erwartungsgemäß in den subjektiven Einschätzungen von Valenz und Erregung nieder. Die subjektive Erlebnisqualität der Blumenbilder blieb dagegen erwartungskonform vom motivationalen Zustand unbeeinflusst. Die Hypothese, dass die affektiven Einschätzungen für die Essensbilder im Hungerzustand selektiv ansteigen, kann somit als klar bestätigt gelten. Obgleich es sich bei den Anstiegen um relativ starke Effekte handelt, hätten diese auch noch deutlicher ausfallen können, denn das Maximum der SAM-Skala liegt beim Wert 9. Essensbilder müssen sowohl im satten als auch im hungrigen Zustand der Kategorie der angenehmen Bilder zugerechnet werden und es könnte spekuliert werden, dass durch länger andauernde Deprivation (oder noch stärkere Sättigung) ein größerer Abstand zwischen den Bewertungen im hungrigen und satten Zustand entstanden wäre.

In den Bewertungen der IAPS-Bilder zeigten sich – bis auf den sehr schwachen Zustandseffekt für die Valenz der negativen Bilder - keine wesentlichen zustandsabhängigen Änderungen, so dass auch diese Hypothese als bestätigt angesehen werden kann.

Auswirkungen von Nahrungsdeprivation auf die Verarbeitung der Essens- und Blumenbilder

Frühe Negativierung bei „Essen und Blumen“ (EPN)

In frühen Zeitbereichen finden sich in Studien mit emotionalem Bildmaterial über temporokzipitalen Arealen relative Negativierungen für emotionales gegenüber neutralem Bildmaterial und diese frühe posteriore Negativierung wird als Indikator für eine natürlich-selektive implizite Allokation von Aufmerksamkeitsressourcen angesehen. Für den Vergleich von Essensbildern im hungrigen gegenüber dem satten Zustand war eine vergleichbare relative Negativierung erwartet worden. Die festgestellten Effekte verliefen sowohl in der Analyse der frühen Negativierung (300 – 350 ms) als auch bei den späten Potentialen (400 – 600 ms) in der vorausgesagten Richtung: Essensbilder gingen im Hungerzustand mit einer negativeren

kortikalen Signatur einher als die identischen Bilder oder die Bilder von Blumen im sattten Zustand. Die Potentiale der Blumenbilder dagegen waren vom Deprivationszustand kaum beeinflusst. Die Potentialverläufe (Abbildung 19), der erkennbare Trend in der Interaktion und auch die angestellten Einzelvergleiche deuten auf eine selektive Verarbeitung von Nahrungsreizen im Hungerzustand hin, die allerdings etwas später einsetzt als bei der emotionalen Bildverarbeitung zu beobachten war (um etwa 260 ms, maximal um 350 ms). Insgesamt hielt die Interaktion jedoch – im Gegensatz zum IAPS-Teil - einer statistischen Absicherung gegenüber nicht stand und die Potentialunterschiede waren schwächer ausgeprägt als bei den emotionalen vs. neutralen Bildern.

Die frühe parietale Negativierung für Essensbilder um 100 - 160 ms, die Schaer berichtet, zeigte sich nicht. Auch bei Schaers Studie waren die ERPs auf Essensbilder im Hungerzustand negativer, allerdings auch hier nur trendweise und statistisch nicht signifikant. In der Vorgänger-Studie war bei kurzer Darbietungsdauer (3 Hz) zwischen 250 und 330 Millisekunden eine okzipitale Negativierung für die Essensbilder erkennbar. Dieser Befund könnte mit dem Effekt in der vorliegenden Studie in Verbindung stehen.

Späte positive Potentiale bei „Essen und Blumen“ (LPP)

Die Analyse im Zeitbereich von 400 – 600 ms ergab die erwartete Interaktion zwischen den Faktoren Bildkategorie und Deprivationszustand. Die Interaktion ging dabei auf das gegenläufige Verhalten von Essens- und Blumenbildern im hungrigen und sattten Zustand zurück. Die Annahme einer späten selektiven Verarbeitung von Nahrungsreizen im Hungerzustand, die sich in den aus der Emotionsforschung bekannten LPPs abbilden lässt, wird somit durch die Daten gestützt. Auch hier ergeben die Einzelvergleiche zwischen den Kategorien (Hungrig:Essen-Blumen und Satt:Essen-Blumen) ein deutlicher kontrastierendes Bild als die Einzelvergleiche innerhalb derselben Kategorie (Essen:Hungrig-Satt und Blumen:Hungrig-Satt). Die Werte für die Essensbilder stiegen im Hungerzustand leicht in positiver Richtung – obgleich statistisch nicht signifikant –, die Werte der Blumenbilder sanken durchschnittlich im Hungerzustand gegenüber dem sattten Zustand ab. Das Ergebnis ist theoretisch interessant, weil sich daraus neue Hypothesen über die Funktionsweise der Aufmerksamkeitssteuerung generieren lassen: es besteht die Möglichkeit, dass nicht nur motivational bedeutsamen Reize (Essen) verstärkt Aufmerksamkeit zugeteilt wird, sondern dass umgekehrt auch irrelevante Reize gezielt abgewertet werden (Blumen), was eine Folge begrenzter Aufmerksamkeitsres-

sources sein könnte. Diese Ergebnisse sollten weiter untersucht werden, indem gezielt die motivationale Bedeutsamkeit der Reize graduell variiert wird anstatt wie bisher nur Extremgruppenvergleiche (emotionale vs. neutrale Bilder) durchzuführen. In eine ähnliche Richtung geht auch bereits die Studie von Schupp (Schupp et al., 2004a), der die Kategorien angenehm, neutral und unangenehm weiter unterteilt hat und unter anderem ERPs auf diese homogenen Unterkategorien untersucht, die sich an unterschiedlichen Punkten auf dem Valenz-Eregungs-Kontinuum anordnen lassen.

Zustandsabhängige und selektive Positivierung über parietalen Arealen (Explorative Analyse)

In der Analyse der späten positiven Potentiale bei „Essen und Blumen“ wurden Mittelwerte über Sensorgruppen gebildet, bei denen sich in Studien mit emotionalem Bildmaterial starke LPP-Effekte zeigen. Da dort Reaktionen auf emotionales gegen neutrales Bildmaterial kontrastiert wird, ist unklar, ob die relativen Positivierungen der LPPs durch verstärkte Reaktionen auf die emotionalen, auf abgeschwächte Reaktionen auf die neutralen Bilder oder auf eine zunehmende Differenzierung zwischen beiden Kategorien im Sinne einer verstärkten Kontrastierung zurückgehen. In der „klassisch“ geführten LPP-Analyse mit Essens- und Blumenbildern unter Variation des motivationalen Zustands, schienen die Essensbilder im Hungerzustand stärkere positivere späte Potentiale hervorzurufen, wogegen die Blumenbilder im hungrigen Zustand negativere späte Potentialverläufe aufwiesen. Der Effekt des Absinkens der Blumenbilder im hungrigen gegenüber dem satten Zustand war jedoch stärker ausgeprägt als der entsprechende Anstieg der Essensbilder. In einer optimierten Analyse (explorative Analyse über parieto-okzipitalen Arealen) zeigte sich aber, dass hier eher von einer Zunahme der Reaktionen auf Essensbilder bei relativ unveränderten Reaktionen der Blumenbilder ausgegangen werden kann. Es fand sich eine signifikante Interaktion zwischen Bildkategorie und Deprivationszustand. Erneut erwies sich der Vergleich zwischen Essen und Blumen im hungrigen Zustand als deutlich signifikant, wogegen der Vergleich der Essensbilder über die beiden Zustände hinweg Signifikanz knapp verfehlte.

Über den gleichen Arealen war auch in einem früheren Zeitraum (200 – 250 ms) ein zustandsabhängiger Effekt der ansonsten bemerkenswert gleichartig verlaufenden Potentiale gefunden worden. Dieser frühe Unterschied erwies sich aber nicht als selektiv für die Essensbilder.

In der Studie von Schaer mit langer Darbietungsdauer wurden für die Essensbilder keine verstärkten späten positiven Potentiale gefunden, in der Teilstudie mit schneller Bildpräsentation, deren Darbietungsdauer mit 333 ms für die Untersuchung später Potentiale zu kurz war, fand sich jedoch in einem Zeitraum von 180 und 240 ms auch eine verstärkte parietale Positivierung, der mit dem vorliegenden Effekt in Zusammenhang stehen könnte.

Erfolgreiche Replikation und Nachweis der Stabilität der emotionalen ERP-Effekte

Im IAPS-Teil konnten die etablierten Effekte sehr gut repliziert und alle Hypothesen bestätigt werden.

Im Zeitbereich von 200-300 ms nach Darbietungsbeginn zeigten sich für emotionale Bilder - verglichen mit neutralen Bildern - über temporo-okzipitalen Arealen relative Negativierungen., die stabil und interindividuell so konsistent waren, dass sie einer statistischen Überprüfung problemlos standhielten. Es konnten dabei kaum Unterschiede zwischen den angenehmen und den unangenehmen Bildern festgestellt werden, was dafür spricht, dass der ihnen gemeinsame hohe Erregungsgehalt die relevante Größe ist, entlang derer die selektive Verarbeitung moduliert wird (obwohl die unangenehmen Bilder subjektiv als etwas erregender eingestuft wurden). Eine Zustandsabhängigkeit dieser Effekte war nicht zu beobachten.

Auch die späten positiven Potentiale fielen bei den emotionalen Bildern hypothesenkonform aus: Emotionale Bilder riefen stärkere späte positive Potentiale über zentralen Arealen hervor als neutrale Bilder. Auch hier war dieser Effekt vom Deprivationszustand unabhängig.

Die Prüfung der Stabilität der Messungen von EPN und LPP erbrachte sehr hohe Korrelationen. Mit Ausnahme der für die emotionalen Bilder unwirksamen Nahrungsdeprivation wurden beide Messungen unter identischen Bedingungen durchgeführt. Trotz der schon bekannten guten Replizierbarkeit der Effekte an emotionalen Bildern, ist die enorme Höhe dieser Retestrelabilitäten (zwischen $r = 0.59$ und $r = 0.82$) immer noch überraschend und stützt das bisherige Verständnis von EPN und LPP als mächtige und obligatorische Effekte.

Bislang liegen wenige Daten zur Stabilität emotions-modulierter psychophysiologischer Effekte vor. Larson und Kollegen (Larson, 2000) untersuchten in einem Experiment die zeitliche Stabilität des emotions-modulierten Startle-Reflexes. Sie fanden eine maßvolle Stabilität für den Fall, bei den beiden Messterminen verschiedene Bilder verwendet wurden. Wurden

aber an beiden Terminen derselbe Bildsatz eingesetzt, zeigte sich nur eine geringe Stabilität der Startle-Potenzierung bzw. Inhibition. Der Befund, dass sowohl EPN als auch LPP selbst bei Verwendung identischer Bilder äußerst stabile Messgrößen der emotionalen Verarbeitung sind, stellt daher einen wichtigen Beitrag dar, der zusätzlich dadurch untermauert wird, dass in der vorliegenden Studie eine enorm große Anzahl von Versuchspersonen gemessen wurde.

Fazit der Untersuchung selektiver Aufmerksamkeitslenkung auf Nahrungsreize im Hungerzustand

In der Zusammenschau dieser Befunde ergibt sich im Hinblick auf die Untersuchungsfrage folgendes Bild: Es finden sich durchaus selektive Effekte von Nahrungsdeprivation auf die Verarbeitung von Nahrungsreizen, besonders in späteren Zeitfenstern. Auch in frühen Intervallen gibt es Hinweise auf eine selektive Verarbeitung von Nahrungsreizen im Hungerzustand. Insgesamt sind die Effekte schwächer als die bekannten emotionalen Effekte und liegen z. T. in anderen Zeitfenstern und über etwas anderen Arealen als die emotionalen Effekte

Für Ausbleiben der zu den emotionalen Effekten analogen, starken EPN- und LPP-Muster im Teil FF gibt es zwei mögliche Interpretationen: Es könnte sein, dass die emotionalen Effekte nicht ohne weiteres auf variable motivationale Zustände generalisierbar sind. Alternativ besteht aber auch die Möglichkeit der Exhaustion der ursprünglichen Hypothese: Die angenommenen Mechanismen motivierter Aufmerksamkeit würden demnach auch für die Verarbeitung von Nahrungsreizen im Hungerzustand gelten, konnten aber in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden. Daher sollen im folgenden methodische Schwierigkeiten der Untersuchung diskutiert und Möglichkeiten, ihnen zu begegnen, vorgebracht werden.

Diskussion von Schwierigkeiten

Es wäre denkbar, dass eine 24-stündige Fastenperiode nicht ausreicht, um im Körper eine genügend starke Deprivation hervorzurufen, die eine Umschaltung impliziter Aufmerksamkeitsmechanismen bewirkt. Andererseits berichten Fastende wiederholt, dass das unangenehme Hungergefühl nach einer ersten, „heißen Phase“ wieder abklingt und dass ihnen dann das Fasten verhältnismäßig leicht fällt. Die motivationale Relevanz der Reize, von der wir annehmen, dass sie letztlich mit den verfügbaren Energiereserven in Zusammenhang steht, sollte dagegen mit zunehmender Deprivationszeit ansteigen. Welcher der beiden Faktoren (subjek-

tives Hungergefühl oder Deprivationsdauer) letztlich entscheidend ist, bleibt unklar. Auch muss berücksichtigt werden, dass das starke Hungergefühl, welches die Versuchspersonen in unserem Experiment empfanden, nicht auf einen bedrohlichen Energiemangel zurückging, sondern auf eine Vielzahl von Faktoren, die an der Steuerung der zeitlichen Muster unserer Nahrungsaufnahme beteiligt sind⁸. Wenn innerhalb der 24-stündigen Fastenperiode ca. drei Mahlzeiten ausbleiben, befindet sich der Körper keinesfalls in einem energiekritischen Zustand, sondern mitten in einem Umstellungsprozess auf den sogenannten Hungerstoffwechsel (Biesalski, 1995), an dessen Ende unter anderem eine effizientere Verwertung von verfügbaren Reserven und neu zugeführter Nahrung steht.

Trotz dieser Bedenken wird eine Verlängerung der Fastenperiode auf Zeitspannen von über 24 Stunden aus ethischen Gründen nicht umgesetzt werden können. In einer neueren Studie (Brody, Keller, Degen, Cox & Schächinger, 2004) wurde zur Untersuchung von Aufmerksamkeitseffekten auf Nahrungsreize in einem „emotional Stroop“-Experiment künstlich durch Insulininjektion ein hypoglykämischer Zustand hervorgerufen. Für Nahrungswörter wurden tatsächlich stärkere Interferenzen beobachtet. Ob auf diesem Weg die Zustandsmanipulation letztlich stärker ausfällt, ist hingegen fraglich.

Auch die Auswahl des Bildmaterials könnte in weiteren Arbeiten variiert werden. Bei den in der vorliegenden Studie präsentierten Bildern bestand die Kategorie der Essensbilder aus zubereiteten Gerichten. Eine Replikation mit unverarbeiteten, natürlichen Lebensmitteln könnte ratsam sein. Auch gegenüber der Vergleichskategorie Blumen tauchten rückblickend Bedenken auf: Blumen sind Pflanzen und viele Pflanzen sind essbar. Der Einwand könnte vorgebracht werden, dass sich die Deprivationseffekte auch auf die Blumen erstreckt haben. Diesem Einwand kann mit Verweis auf die Resultate der Studie entgegnet werden: In den Abbildungen 19 und 22 zeigen sich keine klaren Hinweise darauf, dass Essen und Blumen nicht diskriminiert und als gleichbedeutend erachtet wurden. Dann hätte in den entscheidenden Analysen (EPN und LPP) jeweils ein starker Haupteffekt von Deprivation auftauchen müssen, was nicht der Fall war. Blumen waren in die Studie aufgenommen worden, weil sie auch natürlich wachsen und in Farbe, Form und Komplexität der Kategorie Essensbilder vergleichbar sind. Diese Entscheidung erscheint nach wie vor gerechtfertigt.

⁸ z. B. die gelernte Erwartung, dreimal am Tag eine volle Mahlzeit zu sich zu nehmen.

Des weiteren ließe sich auch die gewählte Strategie der ERP-Datenanalyse verbessern: Die Bildung von Mittelwerten über große Zeitintervalle (50 – 100 ms) und über mehrere Sensoren hinweg ebnet zwangsläufig bestehende Unterschiede zwischen einzelnen zeitlich oder räumlich nah beieinanderliegenden Prozessen ein. Um diesem Effekt zu begegnen müsste eine adäquate Analyse mit maximaler Spezifität für jeden Messzeitpunkt und jeden Sensor einzeln durchgeführt werden. Allerdings würde die Anzahl durchzuführender Tests dadurch enorm ansteigen, so dass durch geeignete Maßnahmen der Inflation des („experimentwise“) Typ-I-Fehlers entgegenzuwirken wäre. In der vorliegenden Analyse kann nicht ausgeschlossen werden, dass eine andere Wahl der Zeit- und Sensorbereiche zu anderen Ergebnissen geführt hätte. Andererseits wurden die Bereiche transparent und an klaren Vorhersagen orientiert ausgewählt, so dass der Spielraum für solche Unterschiede insgesamt gering sein dürfte.

Vorschläge für weitere Experimente

In der vorliegenden Studie wurden den Teilnehmern zweimal (einmal hungrig, einmal satt) für mehr als zehn Minuten Bilder von Essen und Blumen dargeboten. Die Versuchspersonen sollten die Bilder, die sich noch dazu häufig wiederholten, einfach passiv betrachten. Die Verhaltensrelevanz der Essensbilder muss demnach selbst im Hungerzustand als relativ gering eingestuft werden, die Möglichkeit des Auftretens von Effekten der frustrativen Belohnungsverweigerung wurde eingangs bereits erwähnt. Eine Strategie zur Verbesserung der Situation könnte daher sein, die Essensbilder verhaltensrelevanter zu machen. Unbedingt sollten daher Studien mit dem Attentional Blink, dem Dot-Probe-Paradigma und der visuellen Suche durchgeführt werden. Insbesondere die Arbeiten von Öhman und Kollegen (2001; 2001) zur visuellen Suche von emotional relevanten Reizen ließen sich gut übertragen, scheinen aber bislang noch nicht durchgeführt worden zu sein.

Ebenfalls wäre eine Variation des Betrachtungsparadigmas denkbar: Anstelle der häufig wiederholten, aber folgelosen Darbietung der Essensbilder, könnten diese seltener dargeboten werden. Die seltene Darbietung von Reizen einer Kategorie zwischen häufig gezeigten Reizen aus einer anderen Kategorie ist unter dem Namen „oddball-Paradigma“ bekannt und führt unter anderem zu starken „P3“-artigen Potentialen auf die seltenen Reize (Rugg & Coles, 1995). Ob diese Komponente sich als zustandsabhängig erweist, wäre zu prüfen.

Im Durchschnitt war jedes zweite von 1200 dargebotenen Bildern im Teil FF ein Bild von Essen. Diese häufige Wiederholung könnte ein Problem darstellen. Im emotionalen Bildbe-

trachtungsparadigma fällt die Zugehörigkeit einzelner Bilder zu einer bestimmten Kategorie weniger stark auf, oft ist den Versuchspersonen die Existenz der drei Kategorien (angenehm, neutral, unangenehm) gar nicht bekannt. Es wäre daher ggf. zu prüfen, inwiefern mit zwei sehr salienten, häufig wiederholten Kategorien (z. B. neutrale Haushaltsgegenstände vs. „emotionale“ Waffen) die emotionalen Effekte (EPN und LPP) sich in einem unserem Experiment vergleichbaren Paradigma replizieren ließen.

Die Theorie der motivationsgesteuerten Aufmerksamkeit ließe sich auch auf andere Motivationsformen ausweiten: Im vorliegenden Experiment wurde der motivationale Zustand durch Nahrungsdeprivation variiert. Für Flüssigkeitsmangel müssten dieselben Vorhersagen gemacht werden wie für Nahrungsmangel. Die zu erwartenden Effekte könnten sogar stärker ausfallen, da ein ausgeglichener Flüssigkeitshaushalt für das Überleben selbst innerhalb von relativ kurzen Zeitspannen unverzichtbar ist. Allerdings erscheint die Durchführbarkeit einer solchen Studie fraglich, einerseits in ethischer Hinsicht (Gefahr für die Versuchspersonen), andererseits bezüglich der Umsetzung im Laborexperiment (mangelnde Variabilität der Kategorie potentieller Flüssigkeitsstimuli).

Der Bereich Sexualität stellt ein weiteres potentielles Feld für die Untersuchung natürlich motivierter Aufmerksamkeitsprozesse dar. Sexuelle Motivationszustände können theoretisch (Lang, Bradley & Cuthbert, 1997) und praktisch (vgl. etwa Both, Spiering, Everaerd & Laan, 2004) gut in die Theorie integriert werden. Krug und Kollegen (Krug, Plihal, Fehm & Born, 2000) fanden selektive ERP-Reaktionen auf sexuelle Bilder an einer Gruppe von Frauen während unterschiedlicher Zeitpunkte im Menstruationszyklus (vgl. auch Pielmeier, 2004). Wie eingangs bereits erwähnt, fand Plihal (2001) Hinweise auf eine vom (Nahrungs-)Deprivationszustand abhängige Verarbeitung sexueller Wörter. Auch in diesem Bereich existieren Verhaltensstudien, die eine selektive Verarbeitung möglich erscheinen lassen (z.B. Hummel, Gollisch, Wildt & Kobal, 1991; Krug, Pietrowsky, Fehm & Born, 1994).

Eine andere Form der Deprivation stellen Entzugssituationen bei Drogensucht dar. Es könnte sein, dass auch durch Entzugszustände (Alkohol, Zigaretten, illegale Drogen) motivierte Aufmerksamkeit selektiv auf Drogenreize gelenkt wird. Auf Verhaltensebene gibt es dafür – mit ähnlichen Vorbehalten wie schon im Rahmen der Forschung zu Essstörungen ausgeführt – in der Tat zahlreiche Belege (z. B. Hogarth, Dickinson & Duka, 2003; Mogg & Bradley, 2002). Robinson und Berridge (1993) haben den Begriff der Anreizhervorhebung („incentive salience“) geprägt. Damit wird ein Prozess bezeichnet, durch den Wahrnehmungsprozesse über ihre Assoziation mit dem mesolimbischen Dopaminsystem (ein vermutetes Zentrum

suchterzeugender Drogenwirkung) sensitiviert werden, so dass bei späterer Reizpräsentation diese Wahrnehmungsprozesse selbst die Fähigkeit erlangen, Craving zu erzeugen (vergleiche auch Bindra, 1978). Allerdings sind diese Überlegungen sehr spekulativ: Die Theorie von Robinson und Berridge soll primär das Phänomen „Sucht“ erklären und geht auf selektive Aufmerksamkeitsprozesse nur am Rande ein. Überhaupt nicht erwogen wird, ob diese Aufmerksamkeitseffekte mit dem motivationalen Zustand phasisch schwanken könnten. Dennoch bestehen erkennbare Parallelen zwischen motivationalen Zuständen in den Bereichen Nahrung und Drogen (Kelley & Berridge, 2002; Pelchat, Johnson, Chan, Valdez & Ragland, 2004) und möglicherweise auch in ihren Auswirkungen auf selektive Aufmerksamkeitsprozesse.

Fazit

Die vorliegende Arbeit liefert wichtige Erkenntnisse über die Modulation der frühen sensorischen Verarbeitung von visuell dargebotenen Nahrungsreizen durch den motivationalen Zustand. Hauptziel der Arbeit war die Untersuchung der natürlich-selektiven Aufmerksamkeitssteuerung am Beispiel der Verarbeitung von visuell dargebotenen Nahrungsreizen unter Nahrungsdeprivation bzw. Sättigung. Sowohl im Bereich der EPN als auch der LPPs deuten sich dabei Effekte an, die den Effekten, die in der Emotionsforschung als Indikatoren für motivierte Aufmerksamkeit gelten, nicht unähnlich sind.

In dieser Arbeit konnte außerdem erstmals an einer beachtlichen Stichprobe die Stabilität der emotionalen Modulation von frühen sensorischen Verarbeitungsprozessen nachgewiesen werden. Sowohl für die EPN als auch für die LPPs zeigten sich zwischen zwei getrennten Messterminen, an denen die Versuchspersonen jeweils identische Bilder betrachten sollten, erstaunlich hohe Korrelationen.

Um ein umfassendes Verständnis des komplexen Zusammenspiels von Emotion, Motivation und Aufmerksamkeit bei der Steuerung adaptiven Verhaltens zu erreichen, werden weitere Studien notwendig sein. Ihre Erkenntnisse können sowohl in der neurowissenschaftlichen Grundlagenforschung als auch im klinisch-psychologischen Bereich von großem Nutzen sein.

7. Literaturverzeichnis

- Adolphs, R. (2004). Emotional vision. *Nature Neuroscience*, 7(11), 1167-1168.
- Anderson, A.K. & Phelps, E.A. (2001). Lesions of the human amygdala impair enhanced perception of emotionally salient events. *Nature*, 411(6835), 305-309.
- Arana, F.S., Parkinson, J.A., Hinton, E., Holland, A.J., Owen, A.M. & Roberts, A.C. (2003). Dissociable Contributions of the Human Amygdala and Orbitofrontal Cortex to Incentive Motivation and Goal Selection. *Journal of Neuroscience*, 23(29), 9632-9638.
- Atkinson, J.W. & McClelland, D.C. (1948). The projective expression of needs. II. The effect of different intensities of the hunger drive on Thematic Apperception. *Journal of Experimental Psychology*, 38, 643-648.
- Barkow, J.H., Cosmides, L. & Tooby, J. (1992). *The Adapted mind: evolutionary psychology and the generation of culture*. New York: Oxford University Press.
- Baxter, M.G. & Murray, E.A. (2002). The amygdala and reward. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(7), 563-73.
- Biesalski, H.-K. (1995). *Ernährungsmedizin*. Stuttgart: Thieme.
- Bindra, D. (1978). How adaptive behaviour is produced: a perceptual-motivational alternative to response reinforcement. *Behavioral Brain Science*, 1, 41-91.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. (6 ed.). Heidelberg: Springer.
- Both, S., Spiering, M., Everaerd, W. & Laan, E. (2004). Sexual behavior and responsiveness to sexual stimuli following laboratory-induced sexual arousal. *Journal of Sex Research*, August, n.n.
- Bradley, B.P., Mogg, K., Falla, S.J. & Hamilton, L.R. (1998). Attentional bias for threatening facial expressions in anxiety: Manipulation of stimulus duration. *Cognition & Emotion*, 12(6), 737-741.
- Bradley, M.M., Codispoti, M., Cuthbert, B.N. & Lang, P.J. (2001). Emotion and motivation I: Defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, 1(3), 276-298.
- Bradley, M.M., Cuthbert, B.N. & Lang, P.J. (1993). Pictures as prepulse: Attention and emotion in startle modification. *Psychophysiology*, 30(5), 541-545.

- Bradley, M.M. & Lang, P.J. (1994). Measuring emotion: The Self-Assessment Manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy & Experimental Psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Bradley, M.M. & Lang, P.J. (2000a). Affective reactions to acoustic stimuli. *Psychophysiology*, 37(2), 204-215.
- Bradley, M.M. & Lang, P.J. (2000b). Measuring emotion: Behavior, feeling, and physiology. In R.D. Lane & L. Nadel (Hrsg.), *Cognitive neuroscience of emotion*. New York: Oxford University Press.
- Bradley, M.M., Sabatinelli, D., Lang, P.J., Fitzsimmons, J.R., King, W. & Desai, P. (2003). Activation of the visual cortex in motivated attention. *Behavioral Neuroscience*, 117(2), 369-380.
- Braun, J. (2003). Natural scenes upset the visual apperception. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(1), 7-9.
- Brody, S., Keller, U., Degen, L., Cox, D.J. & Schächinger, H. (2004). Selective processing of food words during insulin-induced hypoglycemia in healthy humans. *Psychopharmacology*, 173(1), 217-220.
- Bruner, J.S. & Goodman, C.C. (1947). Value and need as organizing factors in perception. *Journal of Abnormal & Social Psychology*, 42, 33-44.
- Calvo, M.G. & Lang, P.J. (2004). Gaze patterns when looking at emotional pictures: Motivationally biased attention. *Motivation & Emotion*, 28(3), 221-243.
- Cardinal, R.N., Parkinson, J.A., Hall, J. & Everitt, B.J. (2002). Emotion and motivation: The role of the amygdala, ventral striatum, and prefrontal cortex. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26(3), 321-351.
- Channon, S. & Hayward, A. (1990). The effect of short-term fasting on processing of food cues in normal subjects. *International Journal of Eating Disorders*, 9(4), 447-452.
- Compton, R.J. (2003). The interface between emotion and attention: a review of evidence from psychology and neuroscience. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 2(2), 115-129.
- Cuthbert, B.N., Schupp, H.T., Bradley, M.M., Birbaumer, N. & Lang, P.J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: Covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, 52(2), 95-111.
- Darwin, C. (1871). *On the origin of species by means of natural selection, or The preservation of favored races in the struggle for life*. New York: D. Appleton and company.

- Davis, M. & Lang, P.J. (2003). Emotion. In M. Gallagher & R.J. Nelson (Hrsg.), *Handbook of psychology: Biological psychology, Vol. 3.* (S. 405-439). Chichester: John Wiley & Sons, Inc.
- Davis, M. & Whalen, P.J. (2001). The amygdala: Vigilance and emotion. *Molecular Psychiatry*, 6(1), 13-34.
- Del Parigi, A., Chen, K., Gautier, J.F., Salbe, A.D., Pratley, R.E., Ravussin, E., Reiman, E.M. & Tataranni, P.A. (2002). Sex differences in the human brain's response to hunger and satiation. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75(6), 1017-1022.
- Desimone, R. & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193-222.
- Diehl, J.M. & Staufienbiel, T. (1999). *Inventar zum Essverhalten und Gewichtsproblemen [IEG] (2. Aufl.)*. Eschborn: Verlag Dietmar Klotz.
- Dobson, K.S. & Dozois, D.J.A. (2004). Attentional biases in eating disorders: A meta-analytic review of Stroop performance. *Clinical Psychology Review*, 23(8), 1001-1024.
- Drobes, D.J., Miller, E.J., Hillman, C.H., Bradley, M.M., Cuthbert, B.N. & Lang, P.J. (2001). Food deprivation and emotional reactions to food cues: Implications for eating disorders. *Biological Psychology*, 57(1), 153-177.
- Drobes, D.J. & Tiffany, S.T. (1997). Induction of smoking urge through imaginal and in vivo procedures: Physiological and self-report manifestations. *Journal of Abnormal Psychology*, 106(1), 15-25.
- Eide, P.K., A. Silberstein, R. B. Nathan, P. J. Stough, C. (2002). Test-retest reliability of the Emotional Stroop Task: Examining the paradox of measurement change. *Journal of Psychology*, 136(5), 514-520.
- Elash, C.A., Tiffany, S.T. & Vrana, S.R. (1995). Manipulation of smoking urges and affect through a brief-imagery procedure: Self-report, psychophysiological, and startle probe responses. *Experimental & Clinical Psychopharmacology*, 3(2), 156-162.
- Emery, N.J. & Amaral, D.G. (2000). The role of the amygdala in primate social cognition. In R.D. Lane & L. Nadel (Hrsg.), *Cognitive neuroscience of emotion*. New York: Oxford University Press.
- Fabiani, M., Gratton, G. & Coles, M.G.H. (2000). Event-related brain potentials. In J.T. Cacioppo & L.G. Tassinary (Hrsg.), *Handbook of psychophysiology (2nd ed.)*. (S. 53-84): Cambridge University Press.
- Faunce, G.J. (2002). Eating disorders and attentional bias: A review. *Eating Disorders: The Journal of Treatment & Prevention*, 10(2), 125-139.

- Filion, D.L., Dawson, M.E. & Schell, A.M. (1993). Modification of the acoustic startle-reflex eyeblink: A tool for investigating early and late attentional processes. *Biological Psychology*, 35(3), 185-200.
- Filion, D.L., Dawson, M.E. & Schell, A.M. (1998). The psychological significance of human startle eyeblink modification: A review. *Biological Psychology*, 47(1), 1-43.
- Fox, E., Lester, V., Russo, R., Bowles, R.J., Pichler, A. & Dutton, K. (2000). Facial expressions of emotion: Are angry faces detected more efficiently? *Cognition & Emotion*, 14(1), 61-92.
- Frijda, N.H. (1986). *The emotions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Green, M.W., Elliman, N.A. & Rogers, P.J. (1996). Hunger, caloric preloading and the selective processing of food and body shape words. *British Journal of Clinical Psychology*, 35(1), 143-151.
- Greenhouse, S.W. & Geisser, S. (1959). On methods in the analysis of profile data. *Psychometrika*, 24, 95-112.
- Hamm, A.O., Schupp, H.T. & Weike, A.I. (2002). Emotion und Aktivierung: Motivationale Organisation von Emotionen. In T. Elbert & N. Birbaumer (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie* (Vol. 6, S. 633-682). Göttingen: Hogrefe.
- Hautzinger, M., Bailer, M., Worall & H., Keller, F. (1994). *Beck-Depressions-Inventar (BDI). Bearbeitung der deutschen Ausgabe. Testhandbuch*. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Huber.
- Hawk, L.W., Jr., Redford, J.S. & Baschnagel, J.S. (2002). Influence of a monetary incentive upon attentional modification of short-lead prepulse inhibition and long-lead prepulse facilitation of acoustic startle. *Psychophysiology*, 39(5), 674.
- Hinton, E.C., Parkinson, J.A., Holland, A.J., Arana, F.S., Roberts, A.C. & Owen, A.M. (2004). Neural contributions to the motivational control of appetite in humans. *European Journal of Neuroscience*, 20(5), 1411-1418.
- Hogarth, L., Dickinson, A. & Duka, T. (2003). Discriminative stimuli that control instrumental tobacco-seeking by human smokers also command selective attention. *Psychopharmacology*, 168, 435-445.
- Holland, P.C. & Gallagher, M. (1999). Amygdala circuitry in attentional and representational processes. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(2), 65-73.
- Hummel, T., Gollisch, R., Wildt, G. & Kobal, G. (1991). Changes in olfactory perception during the menstrual cycle. *Experientia*, 47, 712-715.

- Johnson, R.J. (1988). The amplitude of the P300 component of the event-related potential: Review and synthesis. In P.K. Ackles, J.R. Jennings, & M.G.H. Coles (Hrsg.), *Advances in Psychophysiology*. Greenwich: JAI Press.
- Junghöfer, M., Bradley, M.M., Elbert, T.R. & Lang, P.J. (2001). Fleeting images: A new look at early emotion discrimination. *Psychophysiology*, 38(2), 175-178.
- Junghöfer, M. & Peyk, P. (2004). *EMEGS: ElectroMagnetic EncaphaloGraphy Software [Computerprogramm]*. Konstanz: die Autoren.
- Keil, A. & Ihssen, N. (2004). Identification Facilitation for Emotionally Arousing Verbs During the Attentional Blink. *Emotion*, 4(1), 23-35.
- Keil, A., Muller, M.M., Gruber, T., Wienbruch, C., Stolarova, M. & Elbert, T. (2001). Effects of emotional arousal in the cerebral hemispheres: a study of oscillatory brain activity and event-related potentials. *Clinical Neurophysiology*, 112(11), 2057-2068.
- Keil, A.B., Margaret M. Hauk, Olaf Rockstroh, Brigitte Elbert, Thomas Lang, Peter J. (2002). Large-scale neural correlates of affective picture-processing. *Psychophysiology*, 39(5), 641-649.
- Kelley, A.E. & Berridge, K.C. (2002). The neuroscience of natural rewards: relevance to addictive drugs. *Journal of Neuroscience*, 22, 3306–3311.
- Keselman, H.J. (1998). Testing treatment effects in repeated measures designs: an update for psychophysiological researchers. *Psychophysiology*, 35(4), 470-478.
- Killgore, W.D., Young, A.D., Femia, L.A., Bogorodzki, P., Rogowska, J. & Yurgelun-Todd, D.A. (2003). Cortical and limbic activation during viewing of high- versus low-calorie foods. *Neuroimage*, 19(4), 1381-1394.
- Kok, A. (1997). Event-related-potential (ERP) reflections of mental resources: A review and synthesis. *Biological Psychology*, 45(1), 19-56.
- Konorski, J. (1967). *Integrative activity of the brain; an interdisciplinary approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- Krug, R., Pietrowsky, R., Fehm, H.L. & Born, J. (1994). Selective influence of menstrual cycle on perception of stimuli with reproductive significance. *Psychosomatic Medicine*, 56, 410–417.
- Krug, R., Plihal, W., Fehm, H.L. & Born, J. (2000). Selective influence of the menstrual cycle on perception of stimuli with reproductive significance: An event-related potential study. *Psychophysiology*, 37, 111-122.

- LaBar, K.S., Gitelman, D.R., Parrish, T.B., Kim, Y.-H., Nobre, A.C. & Mesulam, M.-M. (2001). Hunger selectively modulates corticolimbic activation to food stimuli in humans. *Behavioral Neuroscience*, *115*(2), 493-500.
- Lane, R.D., Chua, P.M.-L. & Dolan, R.J. (1999). Common effects of emotional valence, arousal and attention on neural activation during visual processing of pictures. *Neuropsychologia*, *37*(9), 989-997.
- Lang, P.J. (1994). The motivational organization of emotions: affect-reflex connections. In S.H.v. Goozen (Hrsg.), *Emotions: essays on emotion theory*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Lang, P.J., Bradley, M.M. & Cuthbert, B.N. (1990). Emotion, attention, and the startle reflex. *Psychological Review*, *97*(3), 377-395.
- Lang, P.J., Bradley, M.M. & Cuthbert, B.N. (1997). Motivated attention: Affect, activation, and action. In P.J. Lang & R.F. Simons (Hrsg.), *Attention and orienting: Sensory and motivational processes*. (S. 97-135): Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Lang, P.J., Bradley, M.M. & Cuthbert, B.N. (1999). *International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective Ratings*. University of Florida, NIMH Center for the Study of Emotion and Attention.
- Lang, P.J., Bradley, M.M., Fitzsimmons, J.R., Cuthbert, B.N., Scott, J.D., Moulder, B. & Nangia, V. (1998). Emotional arousal and activation of the visual cortex: An fMRI analysis. *Psychophysiology*, *35*(2), 199-210.
- Lang, P.J., Greenwald, M.K., Bradley, M.M. & Hamm, A.O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, *30*(3), 261-273.
- Larson, C.L.R., Dante Nietert, Jennifer Y. Davidson, Richard J. (2000). Temporal stability of the emotion-modulated startle response. *Psychophysiology*, *37*(1), 92-101.
- Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P., Spielberger, C.D. (1981). *Das State-Trait-Angstinventar*. Weinheim: Beltz.
- Lavy, E.H. & van den Hout, M.A. (1993). Attentional bias for appetitive cues: Effects of fasting in normal subjects. *Behavioural & Cognitive Psychotherapy*, *21*(4), 297-310.
- Lazarus, R.S., Yousem, H. & Arenberg, D. (1953). Hunger and perception. *Journal of Personality*, *21*, 312-328.
- LeDoux, J.E. (1996). *The emotional brain: the mysterious underpinnings of emotional life*. New York: Simon & Schuster.
- LeDoux, J.E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, *23*, 155-184.

- Lee, D.K., Itti, L., Koch, C. & Braun, J. (1999). Attention activates winner-take-all competition among visual filters. *Nature Neuroscience*, 2(4), 375-381.
- Lee, M. & Shafran, R. (2004). Information processing biases in eating disorders. *Clinical Psychology Review*, 24(2), 215-238.
- Leland, D.S. (2004). Effects of motivationally salient stimuli on visual spatial attention: Behavior and electrophysiology (Ph. D. Thesis). *Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences & Engineering* (Vol. 65): University Microfilms International.
- Leland, D.S. & Pineda, J.A. (submitted). Effects of Food-Related Stimuli on Visual Spatial Attention in Fasting and Nonfasting Normal Subjects: Behavior and Electrophysiology.
- Levine, R., Chein, I. & Murphy, G. (1942). The relation of the intensity of a need to the amount of perceptual distortion: a preliminary report. *Journal of Psychology: Interdisciplinary & Applied*, 13, 283.
- Liu, Y., Gao, J.-H., Liu, H.-L. & Fox, P.T. (2000). The temporal response of the brain after eating revealed by functional MRI. *Nature*, 405(6790), 1058.
- Lundqvist, D., Esteves, F. & Öhman, A. (1999). The face of wrath: Critical features for conveying facial threat. *Cognition & Emotion*, 13(6), 691-700.
- Lüthy, M., Blumenthal, T.D., Langewitz, W., Kiss, A., Keller, U. & Schachinger, H. (2003). Prepulse inhibition of the human startle eye blink response by visual food cues. *Appetite*, 41(2), 191-195.
- Mangun, G.R. & Hillyard, S.A. (1991). Modulations of sensory-evoked brain potentials indicate changes in perceptual processing during visual-spatial priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 17(4), 1057-1074.
- Mangun, G.R. & Hillyard, S.A. (1995). Mechanisms and models of selective attention. In M.D. Rugg & M.G.H. Coles (Hrsg.), *Electrophysiology of mind: Event-related brain potentials and cognition*. (S. 40-85). Oxford: Oxford University Press.
- Mauler, B., Hamm, A.O., Weike, A.I. & Tuschén-Caffier, B. (in press). Affect Regulation and Food Intake in Bulimia Nervosa: Emotional Responding to Food Cues after Deprivation and Subsequent Eating. *Psychophysiology*.
- Mauler, B., Tuschén, B. & Hamm, A. (1997). Fear or Craving: Startle reflex modulation during viewing of food cues in deprived and nondeprived bulimics. *Psychophysiology*(34), S. 62.
- McClelland, D.C. & Atkinson, J.W. (1948). The projective expression of needs: I. The effect of different intensities of the hunger drive on perception. *Journal of Psychology: Interdisciplinary & Applied*, 25, 205-218.

- Mead, L.A., Mayer, A.R., Bobholz, J.A., Woodley, S.J., Cunningham, J.M., Hammeke, T.A. & Rao, S.M. (2002). Neural basis of the stroop interference task: Response competition or selective attention? *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(6), 735-740.
- Mehrabian, A. & Russell, J.A. (1974). *An approach to environmental psychology*. Cambridge: M.I.T. Press.
- Mogg, K. & Bradley, B.P. (2002). Selective processing of smoking-related cues in smokers: Manipulation of deprivation level and comparison of three measures of processing bias. *Journal of Psychopharmacology*, 16, 385–392.
- Mogg, K., Bradley, B.P., Hyare, H. & Lee, S. (1998). Selective attention to food-related stimuli in hunger: Are attentional biases specific to emotional and psychopathological states, or are they also found in normal drive states? *Behaviour Research & Therapy*, 36(2), 227-237.
- Morris, J.S. & Dolan, R.J. (2001). Involvement of human amygdala and orbitofrontal cortex in hunger-enhanced memory for food stimuli. *Journal of Neuroscience*, 21(14), 5304-5310.
- Näätänen, R. (1992). *Attention and Brain Function*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Nagl, W. (1992). *Statistische Datenanalyse mit SAS*. Frankfurt: Campus-Verlag.
- Nishijo, H., Ono, T. & Nishino, H. (1988). Single neuron responses in amygdala of alert monkey during complex sensory stimulation with affective significance. *Journal of Neuroscience*, 8(10), 3570-3583.
- Öhman, A. (2002). Automaticity and the amygdala: Nonconscious responses to emotional faces. *Current Directions in Psychological Science*, 11(2), 62-66.
- Öhman, A., Flykt, A. & Esteves, F. (2001). Emotion drives attention: Detecting the snake in the grass. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(3), 466-478.
- Öhman, A., Flykt, A. & Lundqvist, D. (2000). Unconscious emotion: Evolutionary perspectives, psychophysiological data and neuropsychological mechanisms. In R.D. Lane & L. Nadel (Hrsg.), *Cognitive neuroscience of emotion*. New York: Oxford University Press.
- Öhman, A., Flykt, A. & Esteves, F. (2001). Emotion drives attention: Detecting the Snake in the Grass. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(3), 466-478.
- Öhman, A., Lundqvist, D. & Esteves, F. (2001). The face in the crowd revisited: A threat advantage with schematic stimuli. *Journal of Personality & Social Psychology*, 80(3), 381-396.

- Osgood, C.E., Suci, G.J., & Tannenbaum, P.F. (1957). *The measurement of meaning*. Urbana: University of Illinois Press.
- Overduin, J., Jansen, A. & Louwse, E. (1995). Stroop interference and food intake. *International Journal of Eating Disorders*, 18(3), 277-281.
- Pastore, N. (1949). Need as a determinant of perception. *Journal of Psychology: Interdisciplinary & Applied*, 28, 457-463.
- Pelchat, M.L., Johnson, A., Chan, R., Valdez, J. & Ragland, J.D. (2004). Images of desire: food-craving activation during fMRI. *Neuroimage*, 23, 1486-1493.
- Pessoa, L. & Ungerleider, L.G. (2004). Neuroimaging studies of attention and the processing of emotion-laden stimuli. *Prog Brain Res*, 144, 171-82.
- Pielmeier, R. (2004). *Neurophysiologische Korrelate emotionaler Verarbeitung im weiblichen Zyklus*. Diplomarbeit, Universität Konstanz.
- Placanica, J.L., Faunce, G.J. & Job, R.F.S. (2002). The effect of fasting on attentional biases for food and body shape/weight words in high and low eating disorder inventory scorers. *International Journal of Eating Disorders*, 32(1), 79-84.
- Plihal, W., Haenschel, C., Hachl, P., Born, J. & Pietrowsky, R. (2001). The effect of food deprivation on ERP during identification of tachistoscopically presented food-related words. *Journal of Psychophysiology*, 15(3), 163-172.
- Posner, M.I., DiGirolamo, G.J., Robertson, L.C., Rafal, R., Behrmann, M., Chelazzi, L., Corbetta, M., Luck, S.J., Hillyard, S.A., Mangun, G.R., Jha, A.P., Hopfinger, J.B., Handy, T.C. & LaBerge, D. (2000). Attention. In M.S. Gazzaniga (Hrsg.), *New cognitive neurosciences (2nd ed.)*. (S. 623-724). Cambridge: The MIT Press.
- Rhodes, G., Byatt, G., Michie, P.T. & Puce, A. (2004). Is the Fusiform Face Area Specialized for Faces, Individuation, or Expert Individuation? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(2), 189-196.
- Rieger, E., Schotte, D.E., Touyz, S.W., Beumont, P.J.V., Griffiths, R. & Russell, J. (1998). Attentional biases in eating disorders: A visual probe detection procedure. *International Journal of Eating Disorders*, 23(2), 199-205.
- Robinson, T.E. & Berridge, K.C. (1993). The neural basis of drug craving: an incentive-sensitization theory of addiction. *Brain Research Reviews*, 18, 247-291.
- Rolls, E.T., Yaxley, S. & Sienkiewicz, Z.J. (1990). Gustatory responses of single neurons in the caudolateral orbitofrontal cortex of the macaque monkey. *Journal of Neurophysiology*, 64(4), 1055-1066.

- Rugg, M.D. & Coles, M.G.H. (1995). The ERP and Cognitive Psychology: Conceptual Issues. In M.D. Rugg & M.G.H. Coles (Hrsg.), *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition* (S. 27-38). Oxford: Oxford University Press.
- Sabatinelli, D., Flaisch, T., Bradley, M.M., Fitzsimmons, J.R. & Lang, P.J. (2004). Affective picture perception: gender differences in visual cortex? *Neuroreport*, *15*(7), 1109-1112.
- Sanford, R.N. (1936). The effects of abstinence from food upon imaginal processes: a preliminary experiment. *Journal of Psychology: Interdisciplinary & Applied*, *2*, 129-134.
- Sanford, R.N. (1937). The effects of abstinence from food upon imaginal processes: a further experiment. *Journal of Psychology: Interdisciplinary & Applied*, *3*, 145-150.
- Sanghera, M.K., Rolls, E.T. & Roper-Hall, A. (1979). Visual responses of neurons in the dorso-lateral amygdala of the alert monkey. *Experimental Neurology*, *63*(3), 610-626.
- Saugstad, P. (1966). Effect of food deprivation on perception-cognition. *Psychological Bulletin*, *65*(2), 80-90.
- Schaer, T. (2004). *Motivationsgesteuerte Aufmerksamkeit: Visuelle Verarbeitung von Nahrungszustand im Hungerzustand*. Diplomarbeit, Universität Greifswald.
- Schneirla, T.C. (1959). An evolutionary and developmental theory of biphasic processes underlying approach and withdrawal. In M.R. Jones (Hrsg.), *Nebraska symposium on motivation, 1959*. (S. 1-42). Lincoln: Univer. Nebraska Press.
- Schupp, H.T., Cuthbert, B.N., Bradley, M., M., Cacioppo, J.T., Ito, T. & Lang, P.J. (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*, *37*(2), 257-261.
- Schupp, H.T., Cuthbert, B.N., Bradley, M.M., Birbaumer, N. & Lang, P.J. (1997). Probe P3 and blinks: two measures of affective startle modulation. *Psychophysiology*, *34*(1), 1-6.
- Schupp, H.T., Cuthbert, B.N., Bradley, M.M., Hillman, C.H., Hamm, A.O. & Lang, P.J. (2004a). Brain processes in emotional perception: Motivated attention. *Cognition & Emotion*, *18*(5), 593-611.
- Schupp, H.T., Junghöfer, M., Weike, A.I. & Hamm, A.O. (2003a). Attention and emotion: An ERP analysis of facilitated emotional stimulus processing. *Neuroreport: For Rapid Communication of Neuroscience Research*, *14*(8), 1107-1110.
- Schupp, H.T., Junghöfer, M., Weike, A.I. & Hamm, A.O. (2003b). Emotional facilitation of sensory processing in the visual cortex. *Psychological Science*, *14*(1), 7-13.

- Schupp, H.T., Junghöfer, M., Weike, A.I. & Hamm, A.O. (2004). The selective processing of briefly presented affective pictures: an ERP analysis. *Psychophysiology*, 41(3), 441-449.
- Schupp, H.T., Ohman, A., Junghofer, M., Weike, A.I., Stockburger, J. & Hamm, A.O. (2004b). The facilitated processing of threatening faces: an ERP analysis. *Emotion*, 4(2), 189-200.
- Schupp, H.T., Stockburger, J., Codispoti, M., Junghöfer, M., Weike, A.I. & Hamm, A.O. (in preparation). Paying Attention to Emotion: The interaction of explicit and implicit stimulus significance.
- Serences, J.T., Shomstein, S., Leber, A.B., Golay, X., Egeth, H.E. & Yantis, S. (2005). Coordination of voluntary and stimulus-driven attentional control in human cortex. *Psychological Science*, 16(2), 114-122.
- Smeets, P.A., de Graaf, C., Stafleu, A., van Osch, M.J. & van der Grond, J. (2005). Functional MRI of human hypothalamic responses following glucose ingestion. *Neuroimage*, 24(2), 363-368.
- Smith, C.A. & Ellsworth, P.C. (1985). Patterns of cognitive appraisal in emotion. *Journal of Personality & Social Psychology*, 48(4), 813-838.
- Snodgrass, J.G., Haydon Martin & Levy-Berger Gail (1985). *Human experimental psychology*. (1. print. ed.). New York: Oxford University Press.
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method. *Acta Psychologica, Amsterdam*, 30, 276-315.
- Stewart, S.H. & Samoluk, S.B. (1997). Effects of short-term food deprivation and chronic dietary restraint on the selective processing of appetitive-related cues. *International Journal of Eating Disorders*, 21(2), 129-135.
- Stockburger, J., Schaer, T., Weike, A., Schupp, H. & Hamm, A. (2004). Deprivation und die Verarbeitung von Nahrungsreizen: eine ereigniskorrelierte Potential-Studie (Abstract). In D. Kerzel, V.H. Franz, & K.R. Gegenfurtner (Hrsg.), *Experimentelle Psychologie: Beiträge zur 46. Tagung experimentell arbeitender Psychologen* (S. 258). Lengerich: Pabst Verlag.
- Stormark, K.M., Nordby, H. & Hugdahl, K. (1995). Attentional shifts to emotionally charged cues: Behavioural and ERP data. *Cognition & Emotion*, 9(5), 507-523.
- Stroop, J.R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Tataranni, P.A., Gautier, J.F., Chen, K., Uecker, A., Bandy, D., Salbe, A.D., Pratley, R.E., Lawson, M., Reiman, E.M. & Ravussin, E. (1999). Neuroanatomical correlates of

- hunger and satiation in humans using positron emission tomography. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 96(8), 4569-4574.
- Treisman, A.M. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97-136.
- Vanman, E.J., Boehmelt, A.H., Dawson, M.E. & Schell, A.M. (1996). The varying time courses of attentional and affective modulation of the startle eyeblink reflex. *Psychophysiology*, 33(6), 691-697.
- Vuilleumier, P., Richardson, M.P., Armony, J.L., Driver, J. & Dolan, R.J. (2004). Distant influences of amygdala lesion on visual cortical activation during emotional face processing. *Nature Neuroscience*, 7(11), 1271-1278.
- Wang, G.J., Volkow, N.D., Telang, F., Jayne, M., Ma, J., Rao, M., Zhu, W., Wong, C.T., Pappas, N.R., Geliebter, A. & Fowler, J.S. (2004). Exposure to appetitive food stimuli markedly activates the human brain. *Neuroimage*, 21(4), 1790-1797.
- Woodworth, R.S. & Schlosberg, H. (1938). *Experimental Psychology*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Wundt, W. (1910). *Grundzüge der physiologischen Psychologie* (Vol. 2). Leipzig: Engelmann.
- Yantis, S. (2000). Goal-directed and stimulus-driven determinants of attentional control. In S. Monsell. & J. Driver (Hrsg.), *Attention and Performance* (Vol. 18, S. 73-103). Cambridge: MIT Press.
- Zald, D.H. (2003). The human amygdala and the emotional evaluation of sensory stimuli. *Brain Research Reviews*, 41(1), 88-123.

VERZEICHNIS DER ANHÄNGE

<i>Abbildung A1: Bildmaterial Kategorie „FF-Essen“</i>	<i>lxxxviii</i>
<i>Abbildung A2: Bildmaterial Kategorie „FF-Blumen“</i>	<i>lxxxix</i>
<i>Abbildung A3: Distraktoren für den Recognition-Teil</i>	<i>xc</i>
<i>Abbildung A4: Bildmaterial Kategorie „IAPS – angenehm“</i>	<i>xc i</i>
<i>Abbildung A5: Bildmaterial Kategorie „IAPS-neutral“</i>	<i>xciii</i>
<i>Abbildung A6: Bildmaterial Kategorie „IAPS-unangenehm“</i>	<i>xciv</i>
<i>Abbildung B1: Screening-Fragebogen für das Telefongespräch</i>	<i>xcv</i>
<i>Abbildung B2: Datenblatt für Angaben zur Person</i>	<i>xcvi</i>
<i>Abbildung B3: Instruktion und Esstagebuch für den Messtermin „hungrig“</i>	<i>xcvii</i>
<i>Abbildung B4: Instruktion und Esstagebuch für den Messtermin „satt“</i>	<i>xcviii</i>
<i>Abbildung B5: Rating-Skala zur Angabe von Hunger und Appetit</i>	<i>c</i>
<i>Abbildung B6: Schriftliche Instruktion für den Bildbetrachtungsteil</i>	<i>ci</i>
<i>Abbildung B7: Schriftliche Instruktion für das SAM-Rating</i>	<i>cii</i>
<i>Abbildung B8: Schriftliche Instruktion für den Teil „Recognition“</i>	<i>ciii</i>
<i>Abbildung C1: Sensorengruppen für die Analyse des Teils „FF“</i>	<i>civ</i>
<i>Abbildung C2: Sensorengruppen für die Analyse des explorativen Teils „FF“</i>	<i>cv</i>
<i>Abbildung C3: Sensorengruppen für die Analyse des Teils „IAPS“</i>	<i>cvi</i>

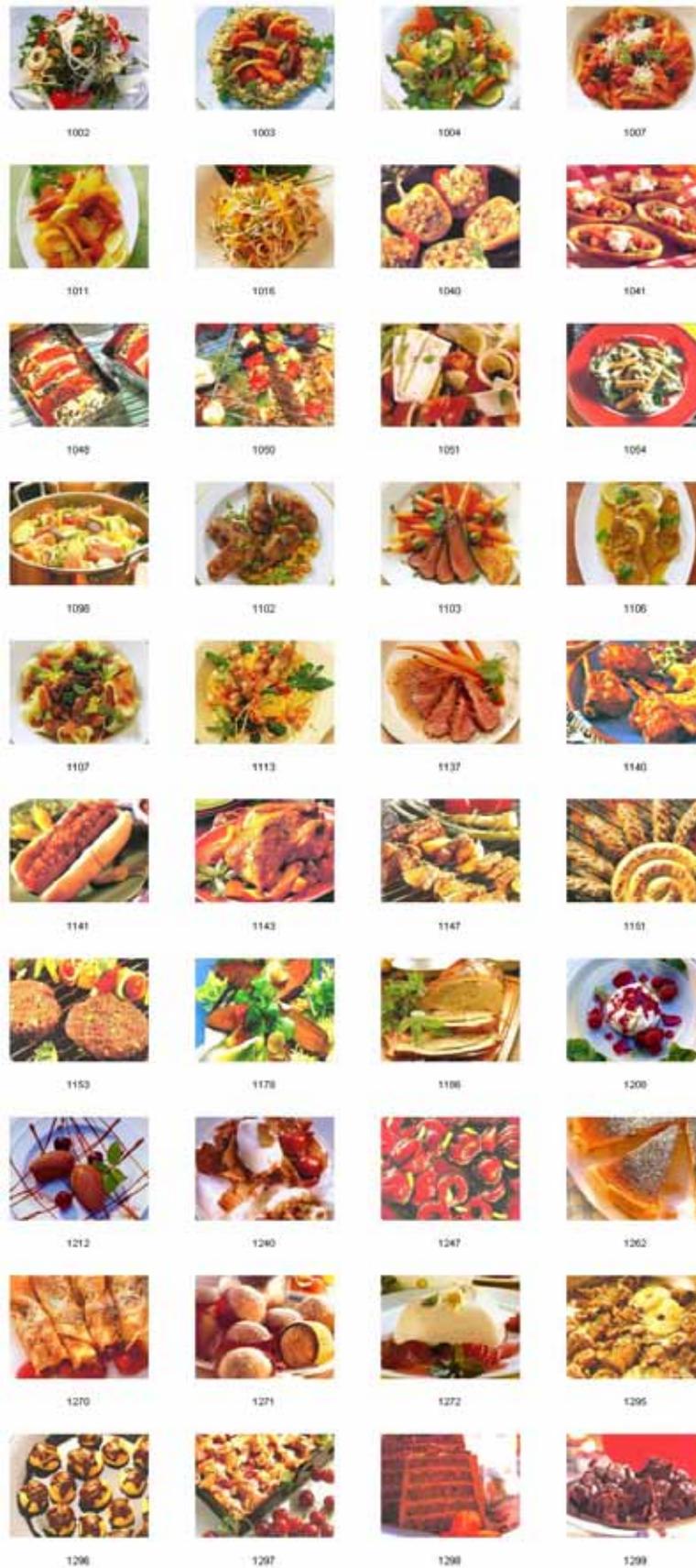


Abbildung A1: Bildmaterial Kategorie „FF-Essen“



Abbildung A2: Bildmaterial Kategorie „FF-Blumen“

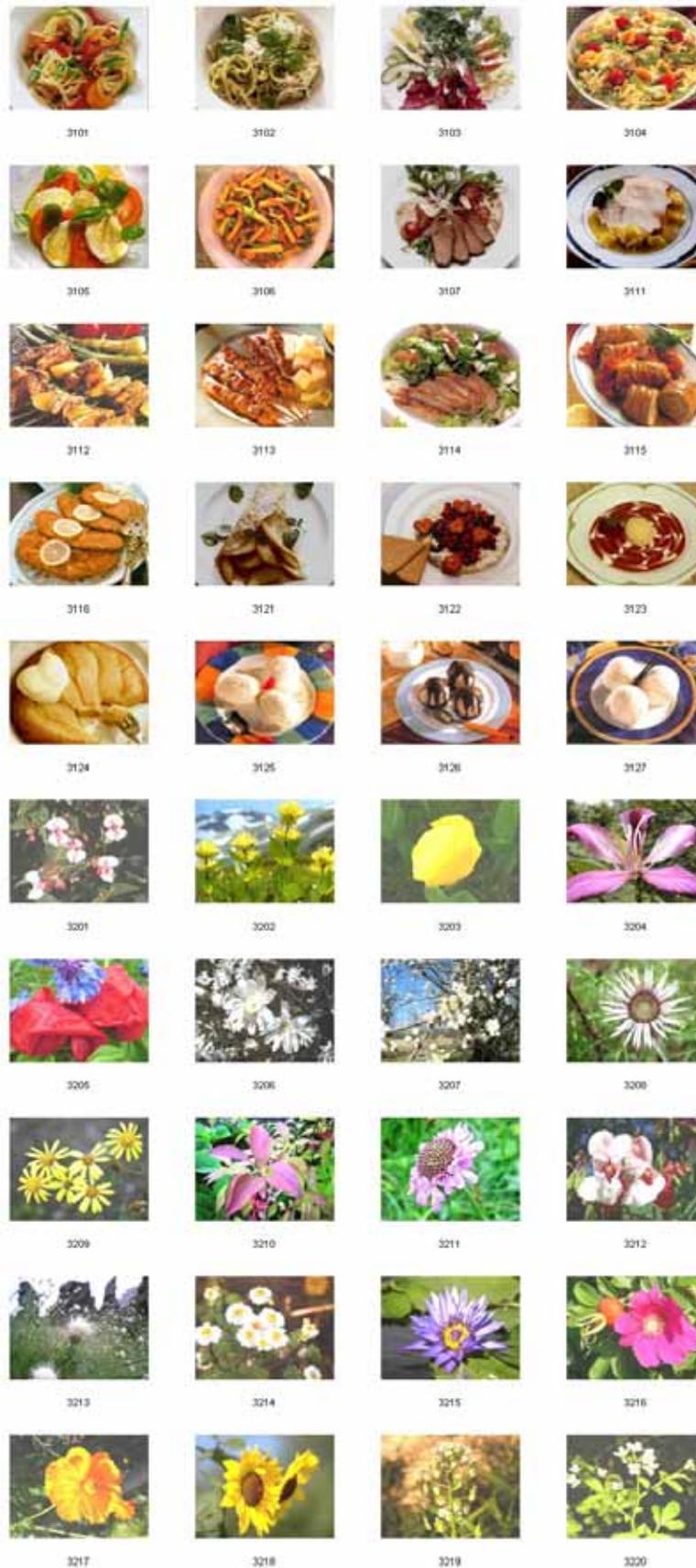


Abbildung A3: Distraktoren für den Recognition-Teil

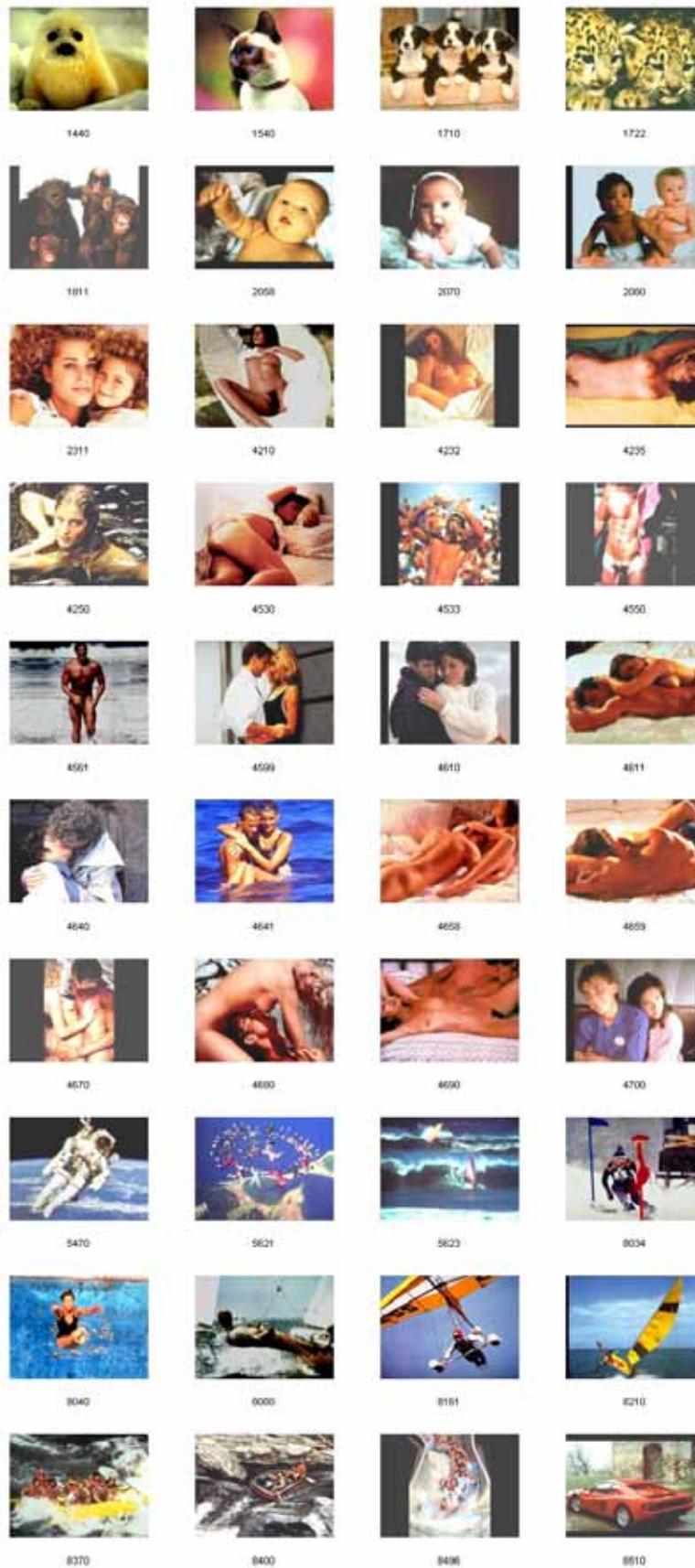


Abbildung A4: Bildmaterial Kategorie „IAPS – angenehm“

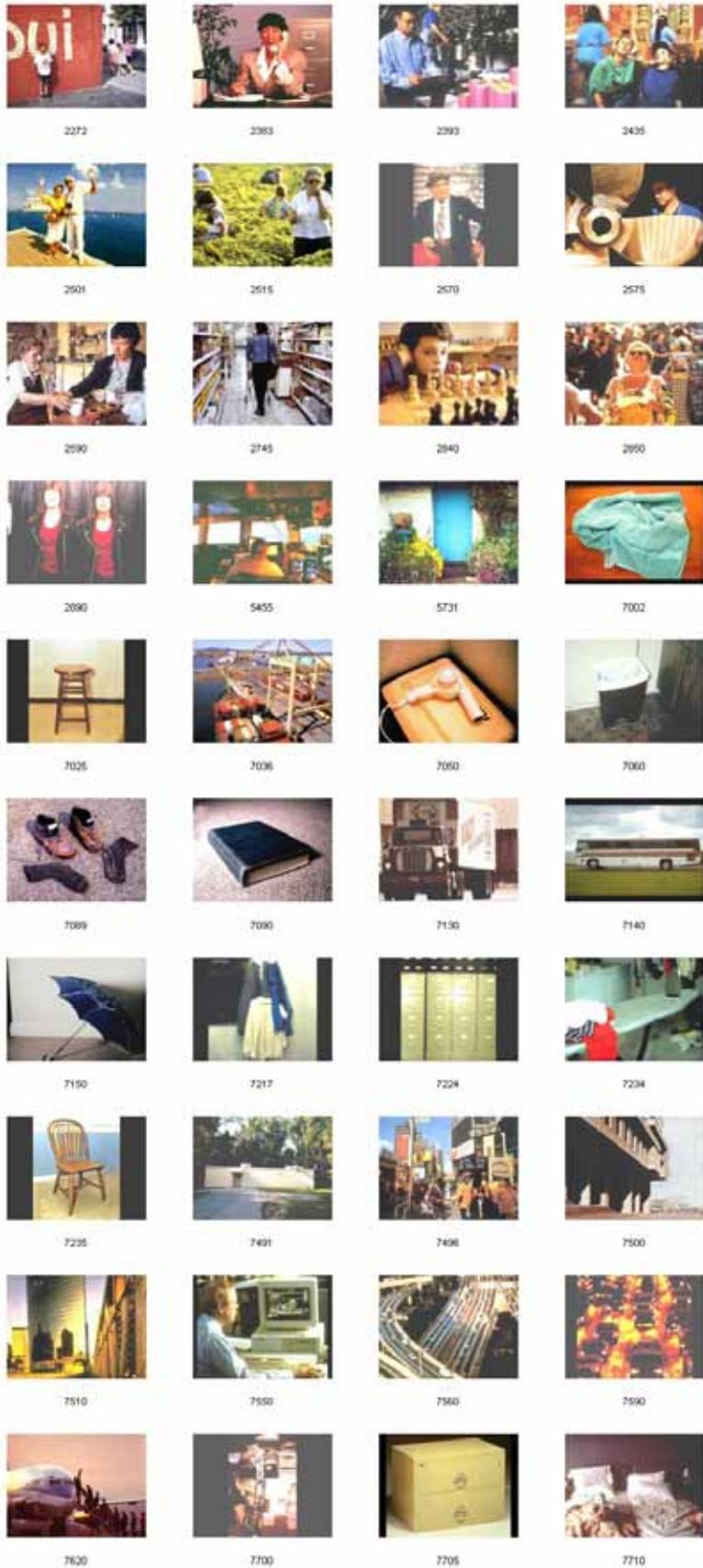


Abbildung A5: Bildmaterial Kategorie „IAPS-neutral“

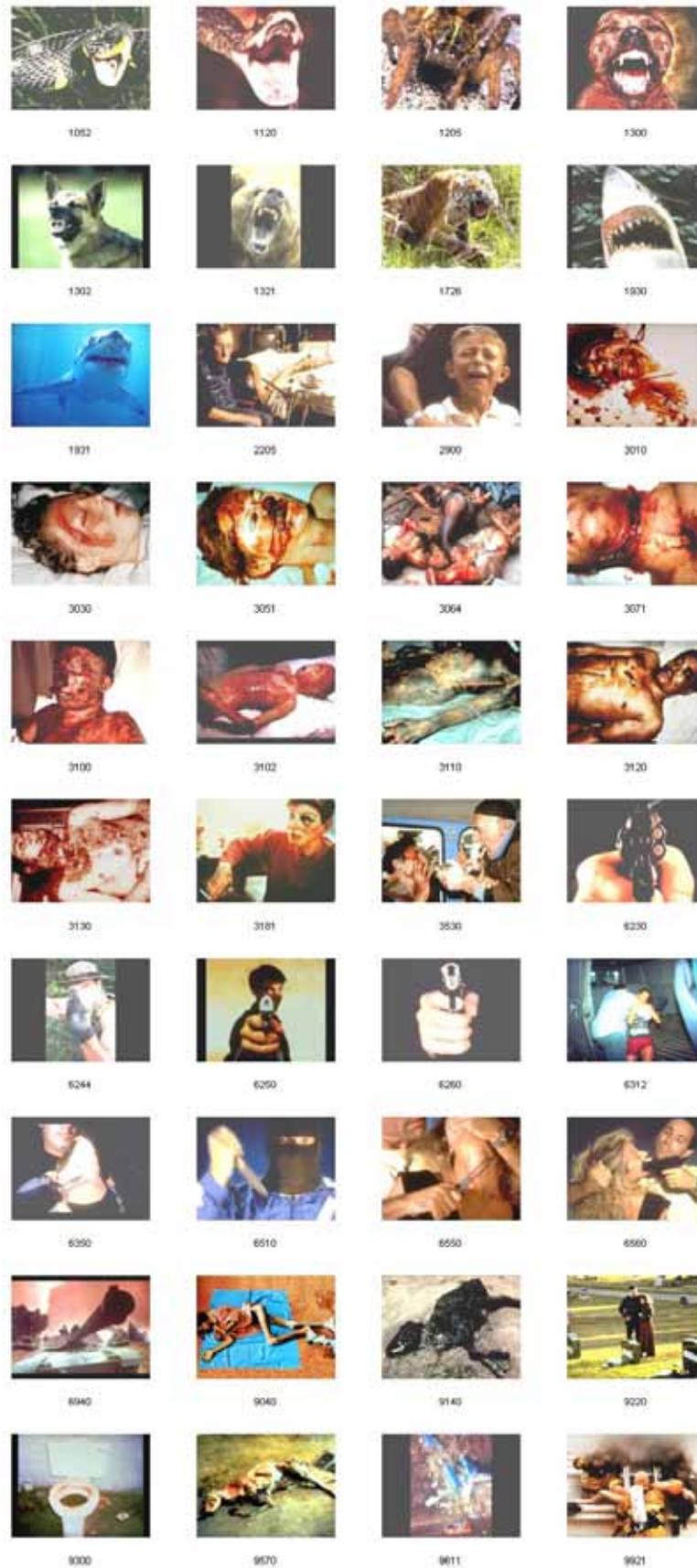


Abbildung A6: Bildmaterial Kategorie „IAPS-unangenehm“



DEPRIVATION SCREENING

Datum des Anrufs: _____ **Anrufer:** _____

Ich möchte Dir zunächst einige Fragen stellen, um zu sehen, ob du für die Untersuchung in Frage kommst. Alle Deine Angaben werden selbstverständlich streng vertraulich behandelt.

Name, Vorname	
Telefon	
Email-Adresse	
Alter	
Geschlecht	
Hast oder hattest Du ernste Probleme mit Deiner Gesundheit (welche) ?	
Nimmst Du derzeit Medikamente? (verschrieben oder unverschrieben) (welche und wofür?)	
Leidest Du unter einer Stoffwechselerkrankung? z. B: Diabetes Mellitus	
Leidest Du unter einer Schilddrüsenerkrankung?	
Leidest Du unter Epilepsie?	
Wie groß bist Du?(cm)	
Wieviel wiegst Du?(kg)	
$BMI = \frac{\text{Gewicht}(kg)}{(\text{Größe}(m))^2}$	
Führst Du gerade eine Diät durch?	
Hast Du schon einmal eine Diät durchgeführt? (welche, wie oft, wie lange)	
Ernährst Du Dich vegetarisch oder nach einer anderen besonderen Kostform?	
Hattest Du schon einmal Essanfälle oder Heißhungeranfälle während derer Du in kurzer Zeit sehr viel gegessen hast?	
Hattest oder hast Du eine Essstörung?	
Hast Du sonst irgendwelche Schwierigkeiten mit Deinem Essverhalten?	
Bist Du Raucher? (Wie stark? Zigaretten/Sonstiges)	

Erfüllt Kriterien: Ja Nein Termin für erstes Treffen: _____
 Vp.-Nr.: _____

Abbildung B1: Screening-Fragebogen für das Telefongespräch



ANGABEN ZUR PERSON

Name: _____

- Hast Du schon einmal bei einer EEG-Studie teilgenommen?

ja nein

Wenn ja, welche: _____

- Bist Du Brillenträger oder trägst Du Kontaktlinsen:

ja nein

Wenn ja: Dioptrien rechts: _____ Dioptrien links: _____

- Sind irgendwelche Erkrankungen diagnostiziert (insbes. neurologische)?

ja nein

Wenn ja, welche: _____

- Leidest Du unter irgendeiner Form von Ängsten (z. B. vor Tieren, Blut o. ä.)

ja nein

Wenn ja, welche: _____

* vom Versuchsleiter auszufüllen: VP Nr.: __ HS/SH: __

Abbildung B2: Datenblatt für Angaben zur Person

Universität Konstanz – Allgemeine Psychologie - Ernährungstagebuch



Experimenttermin: _____ Uhrzeit: _____ Uhr

Raum: _____

Termin muss unbedingt eingehalten werden !

Zustand: Hungrig

zu beachten:

Am Vortag des Termins, also ab _____

- normal essen
- mittags etwas zu sich nehmen
- ab __ Uhr nichts mehr essen

dann 24h lang nichts essen:

- nur kalorienfreie Getränke (Wasser, Kaffee, Tee, ohne Milch, ohne Zucker)
- kein Alkohol
- Kaffee – wenn überhaupt – nur maßvoll und nicht mehr unmittelbar vor dem Termin
- ausreichend Schlaf in der Nacht vor dem Termin
- 48 Std. vor dem Termin keine psychoaktiven Substanzen einnehmen
- untenstehendes Esstagebuch führen

Wir sind zu erreichen unter:

Büro: 07531-884386 oder 88-5117

e-mail:eeg-studie@gmx.de

Uhrzeit	Art und Menge der Nahrungsmittel / Getränke
Datum:	
Datum:	

* vom Versuchsleiter auszufüllen: VPnr.: __ T1/T2: __ HS/SH: __

Abbildung B3: Instruktion und Esstagebuch für den Messtermin “hungrig”

Universität Konstanz – Allgemeine Psychologie - Ernährungstagebuch



Experimenttermin: _____ Uhrzeit: _____ Uhr
 Raum: _____

Termin muss unbedingt eingehalten werden !

Zustand: Satt

zu beachten:

- am Tag des Experiments normal essen
- mittags etwas zu sich nehmen
- ausreichend Schlaf in der Nacht zuvor
- am Vortag kein Alkoholkonsum
- kein Alkohol am Messtag
- 48 Std. vor dem Termin keine psychoaktiven Substanzen einnehmen
- ab dem Tag vor der Messung untenstehendes Esstagebuch führen

Wir sind zu erreichen unter:
 Büro: 07531-88-4386 oder 88-5117
 e-mail:eeg-studie@gmx.de

Uhrzeit	Art und Menge der Nahrungsmittel / Getränke
Datum:	
Datum:	

** vom Versuchsleiter auszufüllen: VP Nr.: __ T1/T2: __ HS/SH: __*

Abbildung B4: Instruktion und Esstagebuch für den Messtermin “satt”



HUNGER UND APPETIT

Wie hungrig bist Du im Moment?

-4
sehr
hungrig

-3

-2

-1

0

1

2

3

4
sehr
satt

Hast Du im Moment auf etwas Essbares Appetit?

nein

ja, auf

1
klein

2

3

4

5

6

7

8

9

10
gross

* vom Versuchsleiter auszufüllen: VP Nr.: __ T1/T2: __ H/S: __ PRÄ

Abbildung B5: Rating-Skala zur Angabe von Hunger und Appetit.

Diese Skala wurde an beiden Terminen sowohl vor (prä) als auch nach (post) der EEG-Messung vorgelegt.



INSTRUKTION

Während der folgenden Untersuchung bist Du alleine im Messraum, wobei ich Dich über eine Kamera sehen kann. Falls es Probleme gibt, solltest Du Dich durch Winken bemerkbar machen.

Auf dem Monitor werden Dir verschiedene Bilder dargeboten. Die Messung besteht aus zwei Teilen und wird insgesamt etwa eine halbe Stunde dauern. Nach dem ersten Teil – nach etwa fünfzehn Minuten - machen wir eine kurze Pause.

Damit die Messung nicht verfälscht wird, bitte ich Dich, folgende Dinge zu beachten:

- Du sollst die Bilder aufmerksam betrachten
- möglichst entspannt sitzen und Dich nicht bewegen
- den Blick möglichst immer auf die Bildschirmmitte gerichtet lassen
- möglichst wenig blinzeln
- nicht auf die Zähne beißen

Falls Du noch Fragen hast, dann rufe jetzt bitte den Versuchsleiter.

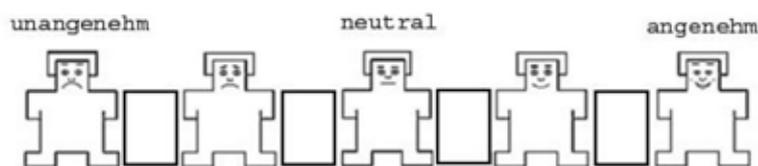
Abbildung B6: Schriftliche Instruktion für den Bildbetrachtungsteil



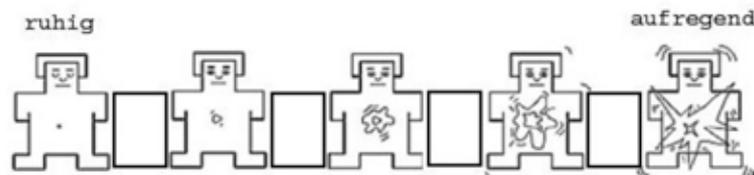
INSTRUKTION

In dieser Phase des Experiments geht es um Deine persönliche Einschätzung der gezeigten Bilder. Hierzu werden die zwei Dimensionen „Valenz“ und „Erregung“ verwendet. Das Self-Assessment-Manikin (SAM) stellt diese Dimensionen graphisch dar.

Die erste Dimension zur Beschreibung der Bilder ist die Dimension „Valenz“:



Die zweite Dimension zur Beschreibung der Bilder stellt die Dimension „Erregung“ dar.



Durch einen Mausklick startest Du das Rating. Es wird dann für kurze Zeit das zu bewertende Bild zu sehen sein. Danach erscheint die erste Reihe der SAM-Männchen. Mit der Maus kannst Du einen grünen Punkt auf das Männchen (oder auch auf den Zwischenraum) bewegen, welches Deinem subjektiven Empfinden beim Betrachten des Bildes entspricht. Durch einen Klick mit der linken Maustaste wählst Du das Männchen aus (der Punkt wird dann rot). Wenn Du dann noch einmal die linke Maustaste drückst, ist der Wert gespeichert und es folgt die nächste Männchenreihe. Wenn Du aber die rechte Maustaste drückst, kannst Du Deine Entscheidung noch einmal korrigieren.

Abbildung B7: Schriftliche Instruktion für das SAM-Rating



INSTRUKTION

Im folgenden Teil werden Dir wieder Bilder von Essen und von Blumen gezeigt. Einen Teil der Bilder hast Du im vorangegangenen Durchgang schon gesehen – es sind aber auch neue Bilder dabei.

Du sollst nach Erscheinen jedes Bildes durch Mausklick angeben, ob das Bild im vorangegangenen Durchgang schon einmal gezeigt wurde oder nicht. Dabei bedeutet „linke Maustaste“ „ja, das Bild war dabei“ und „rechte Maustaste“ „nein, das Bild war nicht dabei“.

Nachdem Du die Maustaste gedrückt hast, kommt eine kurze Pause und danach gleich das nächste Bild. Zwischen den Bildern sollst Du immer wieder auf das Fixationskreuz in der Mitte des Bildschirms achten.

Ich schliesse jetzt die Türe wieder und starte das Experiment.

Abbildung B8: Schriftliche Instruktion für den Teil „Recognition“

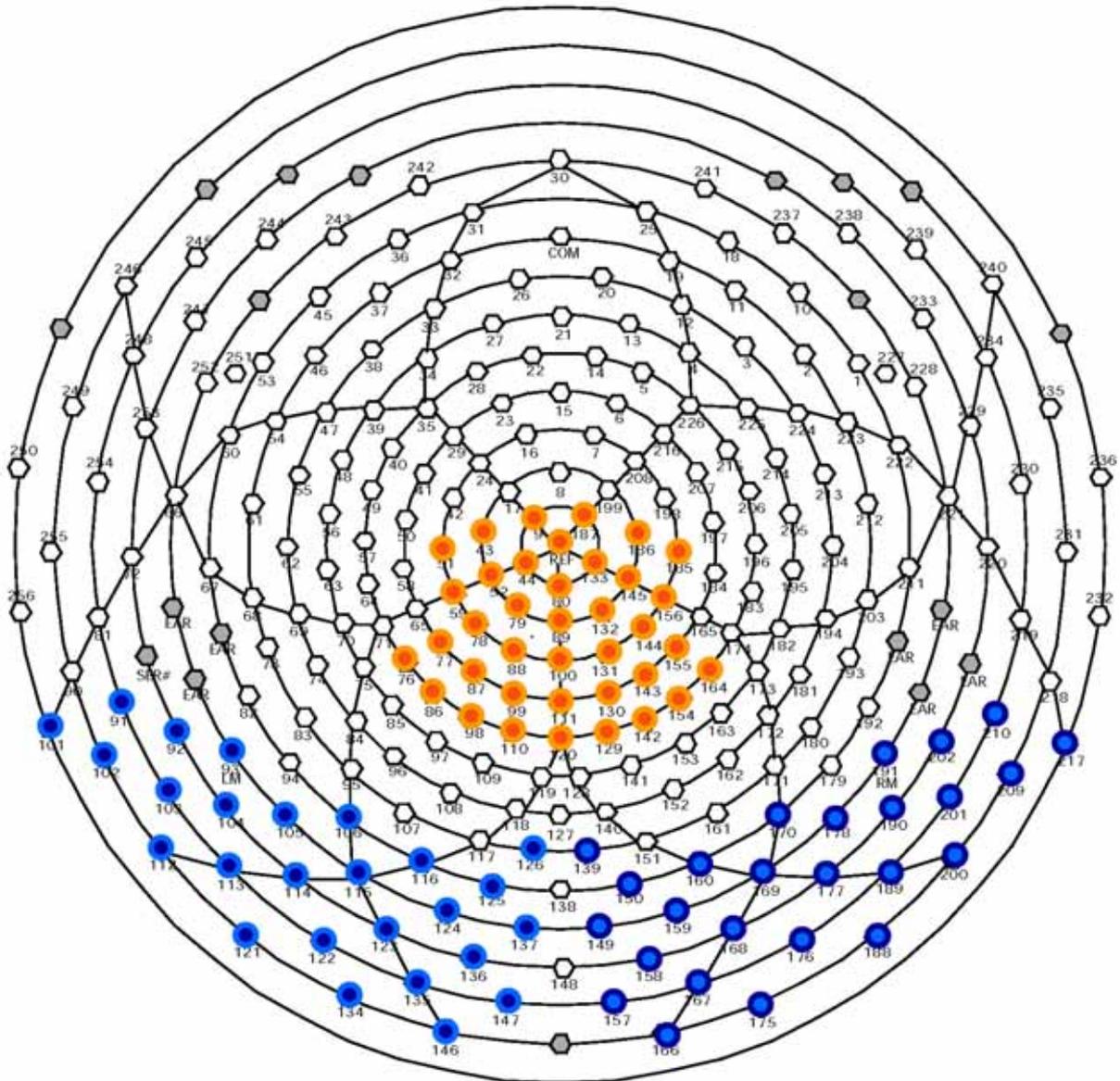


Abbildung C1: Sensorengruppen für die Analyse des Teils „Essen und Blumen“

Blau (PNDFF): Zwei Sensorengruppen für die Analyse im Zeitbereich 300 – 350 ms über posterioren Arealen.

<i>links</i>	<i>rechts</i>
91, 92, 93, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 112, 113, 114, 115, 116, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 134, 135, 136, 137, 146, 147	139, 149, 150, 157, 158, 159, 160, 166, 167, 168, 169, 170, 175, 176, 177, 178, 188, 189, 190, 191, 200, 201, 202, 209, 210, 217

Orange (CPDF): Eine Sensorengruppe für die Untersuchung der späten positiven Potentiale im Zeitbereich 400 – 600 ms über zentro-parietalen Arealen

<i>zentral</i>
9, 43, 44, 51, 52, 59, 76, 77, 78, 79, 80, 86, 87, 88, 89, 98, 99, 100, 110, 111, 120, 129, 130, 131, 132, 133, 142, 143, 144, 145, 154, 155, 156, 164, 185, 186, 187, 257

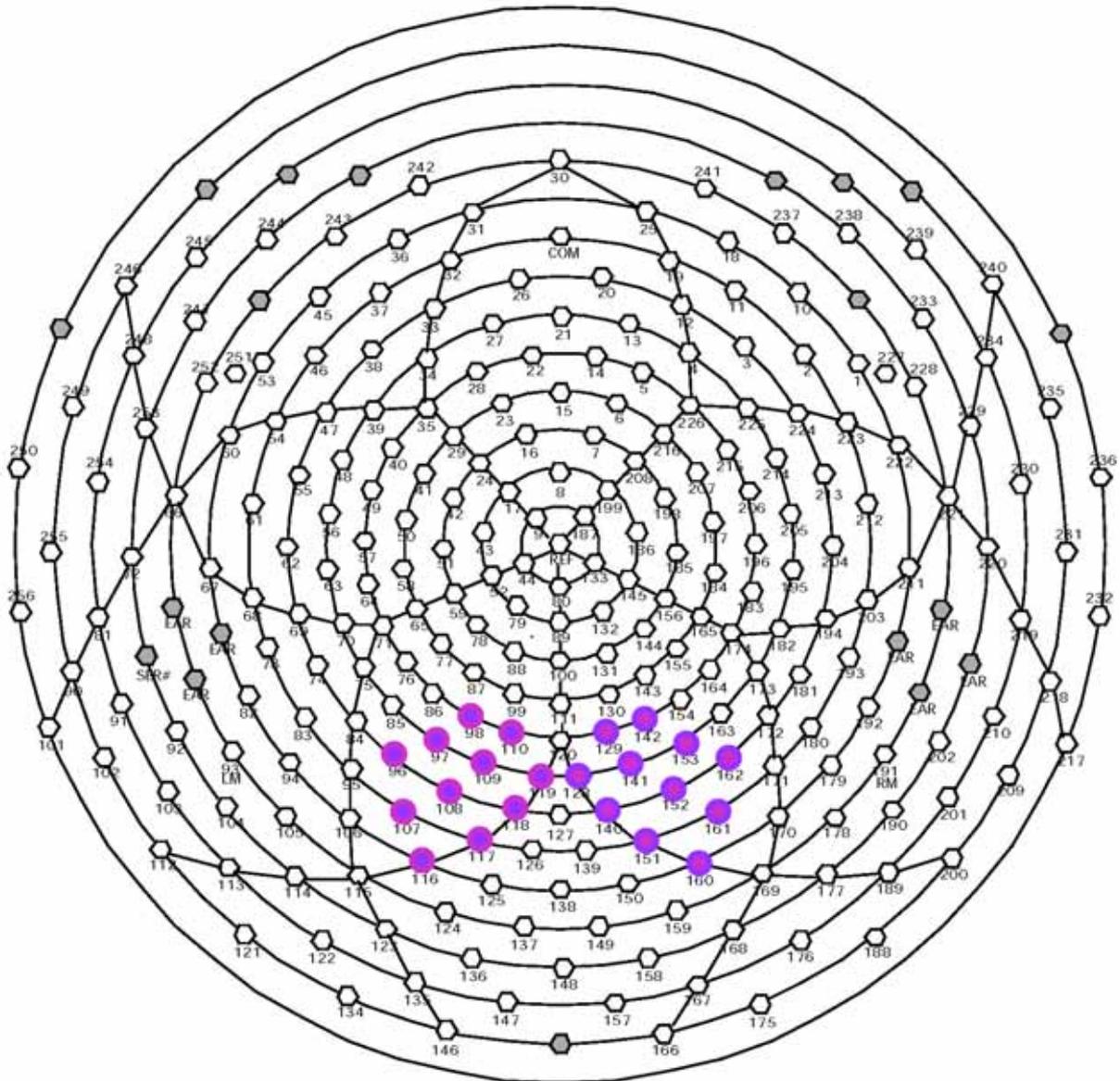


Abbildung C2: Sensorengruppen für die Analyse des explorativen Teils „Essen und Blumen“.

Lila (OPDF): Zwei Sensorengruppen für den Zeitbereich 400 – 600 ms über parieto-okzipitalen Arealen.

links

rechts

98, 97, 96, 107, 116, 117, 108, 118, 109, 119, 110

128, 129, 140, 141, 142, 151, 152, 153, 160, 161, 162

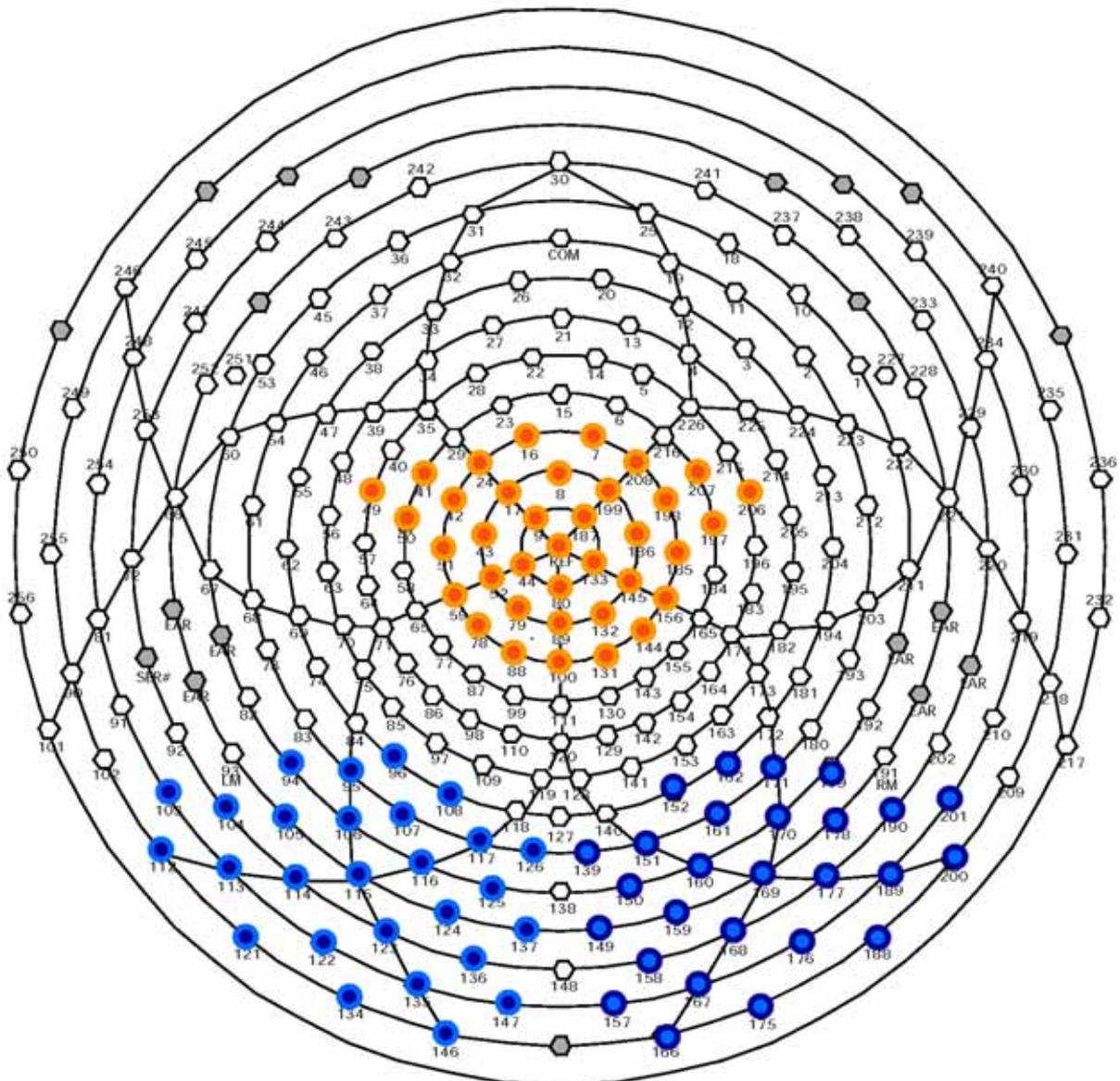


Abbildung C3: Sensorengruppen für die Analyse des Teils „Emotionale Bilder“.

Blau (PNDIAPS): Zwei Sensorengruppen für den Zeitbereich 200 – 300 ms über posterioren Arealen.

links

rechts

94, 95, 96, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 134, 135, 136, 137, 146, 147	139, 149, 150, 151, 152, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 175, 176, 177, 178, 179, 188, 189, 190, 200, 201
--	---

Orange (CMDIAPS): Eine Sensorengruppe für die Untersuchung der späten positiven Potentiale im Zeitbereich 400 – 600 ms

zentral

7, 8, 9, 16, 17, 24, 41, 42, 43, 44, 49, 50, 51, 52, 59, 78, 79, 80, 88, 89, 100, 131, 132, 133, 144, 145, 156, 185, 186, 187, 197, 198, 199, 206, 207, 208, 257

