Kortikale Verarbeitung von Essensbildern in Abhängigkeit von Nahrungsdeprivation

Inauguraldissertation zur Erlangung
des akademischen Grades eines Doktors der
Philosophie der Philosophischen Fakultät
der Ernst Moritz Arndt-Universität Greifswald

Vorgelegt von
Jessica Stockburger

Dekan:	Prof. Dr. Matthias Schneider
1. Gutachter & Betreuer:	Prof. Dr. Harald Schupp
2. Gutachter:	Prof. Dr. Alfons Hamm
Tag der Disputation:	28.08.2006

★Für meine Familie★

Mein herzlichster Dank geht an:

.. meinen Betreuer Harald Schupp für die Inspirationen, die langjährige Unterstützung & die Rückendeckung ..

.. meinen Zweitgutachter Alfons Hamm für den Weg ins Labor & das Vertrauen ..

.. die tollsten Kollegen von Welt der Abteilung Physiologische und Klinische Psychologie / Psychotherapie der Uni Greifswald, vor allem an Almut Weike für ihre vielfältigen Hilfen, Anregungen & ihre Genialität ..

.. die nicht minder grandiosen Kollegen der Allgemeinen Psychologie der Uni Konstanz, vor allem an Ines, Sabine, Margarita und Nadine für das Weibliche an der Abteilungsarbeit ..

.. die besten Diplomanden, die es gibt, nämlich Thomas Schaer und Ralf Schmälzle für die grandiose Zusammenarbeit & die geteilten Leidenschaften am Forschen ..

.. meine Lieblingskollegen Tobi für die mannigfachen Hilfen & überhaupt, Flo für die tollen Anregungen zum Text & die schönen Pausen, Peter für die Meilenkiesel & den „Weg", Andrea für Musik & Mehr und Jarek & Mathes für die Grüsse aus der alten Heimat ..

.. die tapferen Teilnehmer der Untersuchungen für ihr Hungern im Dienste der Wissenschaft ..

.. meine Lieblingsfamilie und meine Lieblingsfreunde, vor allem an meine Mom für die S&S-Regel und meinen Pap für die unerschütterliche Zuversicht, an Mischa für seine Treue & das Halten von Eichhörnchen, an Katha & Steffi für die gute alte Zeit, an Regina für EisKaffeePlausch, Simon und die Idalinge für die schönen Treffen und an Christina für die Läufe & das Hinterhaus ..

.. meinen Lieblingsnachbarn Ashvagosha für das As der Kelche, die Prinzessin der Stäbe & den Duft nach Essen ..

.. meinen Lieblingsmenschen Ulf für die fulminanten Hilfestellungen beim Erstellen der Schrift sowie alles Trennende & Gemeinsame im Gestern, Heute und Morgen ..

.. zwei meiner Lieblingsdichter (Ringelnatz & Rilke) für ihre wunderbaren Worte:

Eine Giraffe (keine Ziege)
(Eben aus dem Ei gekrochen)
Pustete sich eine Fliege
Rückwarts aus dem Wirbelknochen ..

Wer spricht von Siegen?
Überstehn ist alles.

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG ... 1

2 THEORETISCHER HINTERGRUND ... 3

2.1 ESSEN UND DER EINFLUSS EXTERNALER UND INTERNALER FAKTOREN ... 3
2.1.1 Anreizwert äußerer Reize ... 5
2.1.2 Hunger und Sattheit ... 7
2.1.3 Zusammenfassung ... 10
2.2 AUFMERKSAMKEITSLENKUNG UND ELEKTROKORTIKALE AKTIVITÄT ... 11
2.2.1 Exkurs zur Erfassung ereigniskorrelierter Potentiale ... 13
2.2.2 Kortikale Signatur von Aufmerksamkeitsprozessen ... 15
2.2.3 Motivationale Bedeutsamkeit und „Attention Capture" ... 18
2.2.4 Zusammenfassung ... 25
2.3 EINFLUSS VON NAHRUNGSDEPRIVATION AUF VERHALTEN UND WAHRNEHMUNG ... 27
2.3.1 Behaviorale Parameter ... 28
2.3.2 Wahrnehmungsschwellen und Erkennensleistung ... 32
2.3.3 Peripherphysiologische Maße ... 34
2.3.4 Ereigniskorrelierte Potentiale ... 38
2.3.5 Weitere bildgebende Verfahren ... 40
2.3.6 Zusammenfassung ... 43

3 STUDIE 1 ... 45

3.1 ABLEITUNG DER FRAGESTELLUNG ... 45
3.2 METHODISCHES VORGEHEN ... 49
3.2.1 Stichprobe ... 49
3.2.2 Stimulusmaterial ... 50
3.2.3 Durchführung ... 51
3.2.4 EEG-Methodik ... 56
3.2.5 Auswertungsmethodik ... 58
3.3 ERGEBNISSE ... 62
3.3.1 Subjektive Einschätzung von Hunger und Appetit ... 62
3.3.2 Subjektive Einschätzung der Bilder ... 63
3.3.3 Ereigniskorrelierte Potentiale ... 65
3.4 DISKUSSION ... 79
3.4.1 Subjektive Bewertungen ... 80
3.4.2 Ereigniskorrelierte Potentiale ... 82
3.4.3 Zusammenfassung ... 94

4 STUDIE 2 ... 96

4.1 ABLEITUNG DER FRAGESTELLUNG ... 96
4.2 METHODISCHES VORGEHEN ... 100
4.2.1 Stichprobe ... 100
4.2.2 Stimulusmaterial ... 100
4.2.3 Durchführung ... 102
4.2.4 Auswertungsmethodik ... 107
4.3 ERGEBNISSE ... 114
4.3.1 Fragebogendaten ... 114
4.3.2 Subjektive Einschätzung von Hunger und Appetit ... 114
4.3.3 Ketonwerte im Blutstropfen ... 116

4.3.4 Subjektive Einschätzung der Bilder ... 116
4.3.5 Ereigniskorrelierte Potentiale bei der Bildbetrachtung ... 120
4.3.6 Wiedererkennen von Essen- und Blumenbildern ... 135
4.4 DISKUSSION ... 139
4.4.1 Subjektive Bewertungen und Ketonmessung ... 140
4.4.2 Ereigniskorrelierte Potentiale ... 143
4.4.3 Ausblick ... 155
5 ZUSAMMENFASSUNG ... 162
6 LITERATURVERZEICHNIS ... 164

1 Einleitung

In der Motivationsforschung steht die Frage nach dem „warum“ bezogen auf verschiedenste menschliche Verhaltensweisen im Mittelpunkt. Bezogen auf das Essverhalten umfassen mögliche Erklärungen dabei ein komplexes Zusammenspiel internaler und externaler Einflussfaktoren. Zu Beginn der Arbeit werden Ansätze vorgestellt, die Faktoren wie Nahrungsentzug (als internalem Faktor) und Anreizwert (als externalem Faktor) integrieren.

Zentral für die vorliegende Untersuchung ist die Frage, ob die Wirkung von Nahrungsdeprivation auf die Bedeutung von Essensreizen neben der subjektiven und behavioralen Ebene auch die perzeptuelle Verarbeitung von visuellen Reizen beeinflusst. Im Speziellen soll die Hypothese geprüft werden, dass für Essensbilder bei dem Vergleich von sattem und hungrigem Zustand selektive Verarbeitungsprozesse beobachtbar sind. Ausgehend von Unterscheidungen aus der Aufmerksamkeitsforschung zu expliziter und impliziter Ressourcenallokation wird die Erfassung ereigniskorrelierter Potentiale als Methode zur Untersuchung der elektrokortikalen Aktivität vorgestellt. Diese bietet, besonders zur Überprüfung impliziter Aufmerksamkeitsprozesse, verschiedene Vorteile, vor allem für die Betrachtung früher Verarbeitungsprozesse des visuellen Systems.

Zur Einbettung der Fragestellung in ein theoretisches Rahmenkonzept wird im Anschluss das Modell der „motivierten Aufmerksamkeit“ vorgestellt, dessen zentrale Annahme eine evolutionär sinnvolle automatische Aufmerksamkeitslenkung motivational relevanter Reize darstellt. Ein entsprechender Verarbeitungsvorteil für Essensreize im hungrigen Zustand, deren motivationale Bedeutsamkeit durch den Nahrungsentzug verändert ist, wird als adaptiver Mechanismus des

Wahrnehmungssystems postuliert und in der vorliegenden Studie über die Erfassung kortikaler Parameter geprüft.

Die Annahme, dass Essensreize in Abhängigkeit ihres Bedeutungsgehaltes selektiv verarbeitet werden, wurde bereits in einer Reihe von Untersuchungen mit unterschiedlichen Versuchsanordnungen und Populationen (wie beispielsweise Essgestörten, für die Essensreize ebenfalls besondere Relevanz besitzen) geprüft. Deshalb werden, sortiert nach Betrachtungsebenen (behaviorale, peripherphysiologische oder kortikale Parameter), wesentliche Ergebnisse zum Einfluss der Bedeutsamkeit von Essensreizen vorgestellt. Dabei ist die Befundlage insgesamt sehr heterogen. Häufig wurden Verarbeitungsvorteile für Nahrungs- gegenüber neutralen Reizen gefunden, was auf die besondere evolutionäre Relevanz dieser Stimulusklasse verweist. Allerdings kann die vielfach geäußerte Annahme einer Modulation in Abhängigkeit der aktuellen Bedürfnislage, also ein zusätzlicher systematischer Einfluss von Nahrungsdeprivation, nicht uneingeschränkt bestätigt werden.

Im Anschluss an diese theoretischen Vorüberlegungen wird der gewählte Ansatz zur Untersuchung einer impliziten Aufmerksamkeitslenkung essensbezogener Reize in Abhängigkeit von Hunger und Sattheit vorgestellt. In enger Anlehnung an das vielfach bewährte Vorgehen zur Untersuchung physiologischer Indikatoren impliziter Aufmerksamkeitssteuerung wurde das passive Bildbetrachtungsparadigma gewählt. In zwei Studien wurden Essensbilder und Kontrollbilder in rascher Folge dargeboten und die kortikale Aktivität bei der Betrachtung nach 0 und nach 24 Stunden Nahrungsdeprivation verglichen. Der Darstellung der Ergebnisse folgt jeweils eine Diskussion der Befunde und abschließend ein Fazit zum Beitrag der vorliegenden Arbeit zur Frage nach der Bedeutung der Motivationslage eines Organismus auf die Verarbeitung zustandsrelevanter Stimuli.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Essen und der Einfluss externaler und internaler Faktoren

Das menschliche Essverhalten ist ausgesprochen komplex und wird von einer Vielzahl externaler und internaler Faktoren beeinflusst (Saper, Chou & Elmquist, 2002; Schwartz, Woods, Porte, Seeley & Baskin, 2000). Externale Faktoren umfassen unter anderem aktuelle Situationsparameter wie Tageszeit, Ort und anwesende Personen (Redd & de Castro, 1992). Auch Eigenschaften des Essens wie Schmackhaftigkeit und Vertrautheit beeinflussen das Verhalten und zählen zu den externalen Einflussgrößen. Internale Faktoren sind unter anderem der aktuelle Spiegel von Insulin, Leptin und Glukose (und anderer Moleküle; Schwartz et al., 2000). Die Wechselwirkung externaler und internaler Faktoren wird beispielsweise daran erkennbar, dass weniger appetitive Nahrungsreize nach Deprivation an Attraktivität „gewinnen“ und auch begehrte Mahlzeiten nach Sättigung „verlieren“ (Small, Zatorre, Dagher, Evans & Jones-Gotman, 2001). Die Wertigkeit von Stimuli, die mit Nahrungsaufnahme assoziiert sind, ist demnach abhängig vom aktuellen Zustand.

Die vorliegende Arbeit geht der Frage nach, ob sich die zustandsabhängige Bedeutsamkeit von Nahrungsreizen auf perzeptueller Ebene nachverfolgen lässt. Dazu wird die kortikale Verarbeitung visueller Nahrungsreize in sattem und hungrigem Zustand verglichen. Visuelle Essensreize sind deshalb von besonderer Bedeutung, da die Assoziationen zwischen diesen Hinweisreizen und der Nahrung eine frühe visuelle Selektion potentieller Nährstoffquellen ermöglichen und Überlebensvorteile bieten können.

In der Motivationspsychologie beschreiben die klassischen Formen von „Antriebstheorien“ (z.B.: Hull, 1943; Miller, 1959) vornehmlich internale Faktoren, wie beispielsweise Hunger als physiologischen „Trieb“. Allerdings geraten diese Ansätze in Schwierigkeiten, wenn es gilt, die Wechselwirkung unterschiedlicher Faktoren und die breite Wirkung externaler Hinweisreize zu erklären (de Castro &

Plunkett, 2002; Saper et al., 2002). Die „Anreiztheorien“ (Bindra, 1978; Bolles, 1980; Toates, 1981) hingegen, die Eigenschaften der äußeren Reize in die Modelle mit einbeziehen ermöglichen die Beschreibung des Zusammenspiels internaler und externaler Einflussfaktoren: „while drives *push* us from within, incentives *pull* us from without.” (LeDoux, 2002, Seite 240).

Wie Abbildung 1A schematisch dargestellt, wirken äußere sowie innere Faktoren über die Steuerung des motivationalen Zustandes auf das motivierte Verhalten (Barbano & Cador, 2005). Dieses ist besonders durch Energetisierung und Zielgerichtetheit charakterisiert. Eine wichtige Unterscheidung bei motiviertem Verhalten ist die Differenzierung einer *konsummatorischen* Phase (bezogen auf Essverhalten: z.B. zerkleinern, kauen, schlucken etc.) und einer *appetitiven oder antizipatorischen* Phase (z.B.: Exploration, Suche nach Essbarem und Annäherungsbewegungen). Konsummatorische Verhaltensanteile werden vornehmlich bei direktem Kontakt mit der Nahrung ausgelöst. Appetitive Verhaltensweisen können bei Darbietung entsprechender Hinweisreize (wie beispielsweise visueller Nahrungsreize) beobachtet werden.

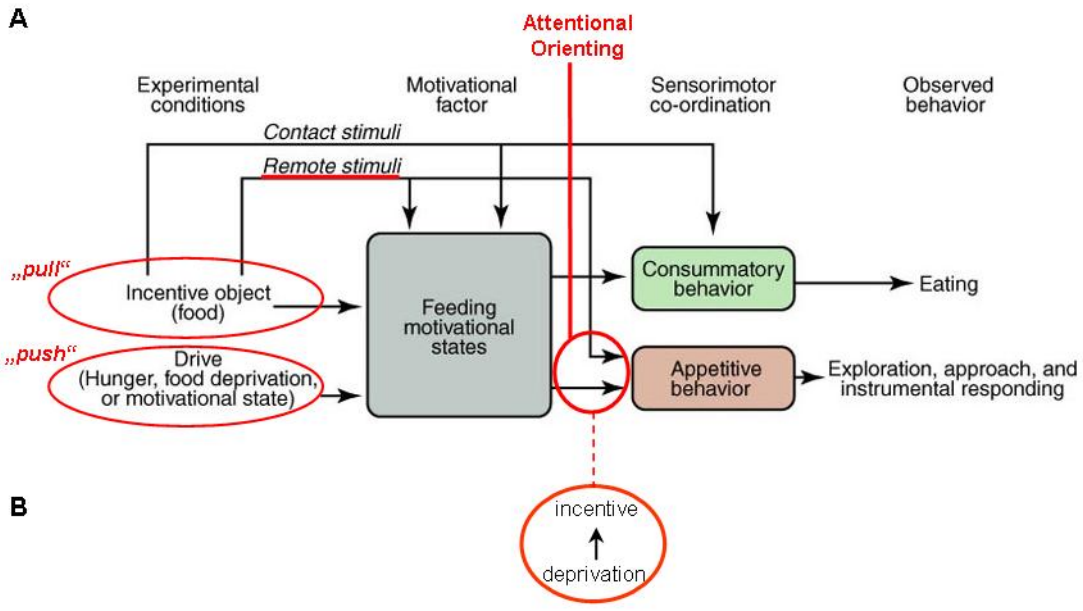


Abbildung 1: A) Schematische Darstellung zu Anreiztheorien der Motivation (modifiziert aus Robbins & Everitt, 2003; Seite 1110). Rote Markierungen wurden ergänzt. B) Nahrungsdeprivation beeinflusst den Anreizwert.

Zur Steuerung der jeweiligen Verhaltensweisen erfolgt auf perzeptueller Ebene eine Verarbeitung der relevanten Stimuli, die im Zusammenhang mit der sensomotorischen Koordination steht. Die vorliegende Arbeit untersucht, ob bei Darbietung appetitiver Essensbilder (mit hohem „pull"-Faktor) die Nahrungsdeprivation als internaler Faktor einen Einfluss auf die Verarbeitungsprozesse der Nahrungsreize hat. Dabei wird davon ausgegangen, dass zur Vorbereitung zielgerichteter appetitiver Verhaltensweisen eine entsprechend zielgerichtete Aufmerksamkeitslenkung („Attentional Orienting"; siehe Abbildung 1A) zugunsten der relevanten Reize von Vorteil ist. Eine selektive Verarbeitung der für den aktuellen Zustand des Organismus bedeutsamen Reize kann der optimierten Nährstoffversorgung dienen und entsprechend können automatische Aufmerksamkeitslenkungen zugunsten bedürfnisrelevanter Reize evolutionär bedeutsam sein. Wie in Abbildung 1B skizziert, wird ein Einfluss von Nahrungsdeprivation auf den Anreizwert von Essensreizen angenommen. Eine Veränderung der Bedeutsamkeit der externalen Stimuli soll auf perzeptueller Ebene über die Erfassung kortikaler Maße untersucht werden.

Im folgenden ersten Abschnitt wird ein kurzer Abriss zum Anreizwert von Essensreizen und dem Einfluss von Hunger und Sattheit geliefert, bevor die Messung der kortikalen Parameter im Kontext der Aufmerksamkeitsforschung weiter ausgeführt wird.

2.1.1 Anreizwert äußerer Reize

Wie Abbildung 1 darstellte, spielen *externale Stimuli* eine wichtige Rolle bei dem Essverhalten und es wird angenommen, dass deren Wertigkeit zustandsabhängig variiert (Abbildung 1B). Die Konzeption zum Anreiz besagt, dass Stimuli als *Anreize* („incentives") verstanden werden können, wenn sie motiviertes, also zielgerichtetes, Verhalten steuern. Anreize lösen demnach entweder direktes Hin- oder Abwenden aus (wie Nahrung, Wasser oder Schmerzreize). Ein *positiver* Anreiz ist ein Stimulus, der zu Annäherungsverhalten führt (Everitt & Robbins,

2005). Anreize können diesen appetitiven Charakter auch durch Assoziation erlangen, wie beispielsweise die Ansicht von Essen als Hinweisreiz auf Nahrung erlernt wird. Externale Nahrungsreize können demzufolge einen bestimmten *Anreizwert* durch Assoziation mit dem primären Verstärker Nahrung erwerben, der im Gehirn repräsentiert wird. Neben olfaktorischem und gustatorischem ist der visuelle Kanal dabei vor allem als Informationsträger über distale Essensreize in der appetitiven Phase von besonderer Relevanz für die Exploration und Identifikation potentieller Nahrungsquellen. Dass visuelle Nahrungsreize im allgemeinen positiven Anreizcharakter haben, zeigen verschiedene physiologische Parameter beispielsweise über die Potenzierung appetitiver Reflexe bei dem Anblick von Essen (Speichelfluss: Wooley & Wooley, 1981) und der Reduktion aversiver Reflexe (Lidschluss: Drobes, Miller, Hillman, Bradley, Cuthbert et al., 2001).

Bei der Frage nach physiologischen Variablen zur Steuerung des Anreizwertes von Nahrungsreizen wird häufig das *dopaminerge System* als wesentlich benannt (Wickelgren, 1997). Dieses System spielt generell eine wichtige Rolle bei der Vermittlung der positiven Eigenschaften primärer Verstärker – von Reizklassen wie Essen also, die „von Natur aus" einen hohen Anreizwert haben (Chausmer & Ettenberg, 1997; Nowend, M., Carlson & Salamone, 2001). Dementsprechend gilt Dopamin (DA) als einer der Neurotransmitter, die über die Steuerung der belohnenden Eigenschaften des Essens an der Regulation essensbezogener Verhaltensweisen beteiligt sind (Martel & Fantino, 1996; Nader, Bechara & van der Kooy, 1997; Volkow, Wang, Fowler, Logan, Jayne et al., 2002). Volkow und Kollegen (2002) vermuten, dass DA die Hervorhebung des Anreizes („incentive salience") konditionierter Reize (wie beispielsweise Anblick und Geruch eines Essens) erhöht. Es wird also angenommen, dass DA besonders für die antizipatorische Phase von Annäherungsverhalten (siehe Abbildung 1) und weniger für die konsummatorische Phase[1] wichtig ist (LeDoux, 2002).

[1] Für diese Phase nimmt man eine Beteiligung verschiedener Opioide an, die die Schmackhaftigkeit der Speisen steuern (Hoebel, 1997).

Wie in Abbildung 1B dargestellt, wird angenommen, dass der Anreizwert von Hunger und Sättigung mitbeeinflusst wird. Dass der Anreizwert von Nahrungsreizen dynamisch in Abhängigkeit des Essverhaltens variiert, zeigen beispielsweise kurzfristige Änderungen im Paradigma zur *Sensorisch-Spezifischen Sättigung* und Untersuchungen zur Abhängigkeit der Aktivität einzelner Neurone von Hunger und Sattheit, die im folgenden Abschnitt kurz vorgestellt werden.

2.1.2 Hunger und Sattheit

Bei der Versuchsanordnung zur *Sensorisch-Spezifischen Sättigung* werden die Teilnehmer schrittweise durch Gabe einer bestimmten Nahrung gesättigt. Typischerweise nehmen in solchen Anordnungen die Anzeichen appetitiver Motivation (wie hedonische Einschätzungen oder Speichelfluss) gegenüber dieser speziellen Nahrung ab, bleiben aber für andere Nahrungsmittel stabil (für eine ausführliche Beschreibung siehe: Rolls, B. J., 1990). Beim Menschen haben bildgebende Verfahren zeigen können, dass die Aktivität des *Orbitofrontalkortex* (OFC) diese Änderungen in der Wertigkeit der Essensreize widerspiegelt und entsprechend als wichtige Repräsentationsstruktur für den Anreizwert gesehen wird (siehe: Kringelbach, 2004; Darbietung von Gerüchen: O'Doherty, Rolls, Francis, Bowtell, McGlone et al., 2000; de Araujo, Rolls, Velazco, Margot & Cayeux, 2005; Darbietung von flüssiger Nahrung: Kringelbach, O'Doherty, Rolls & Andrews, 2003).

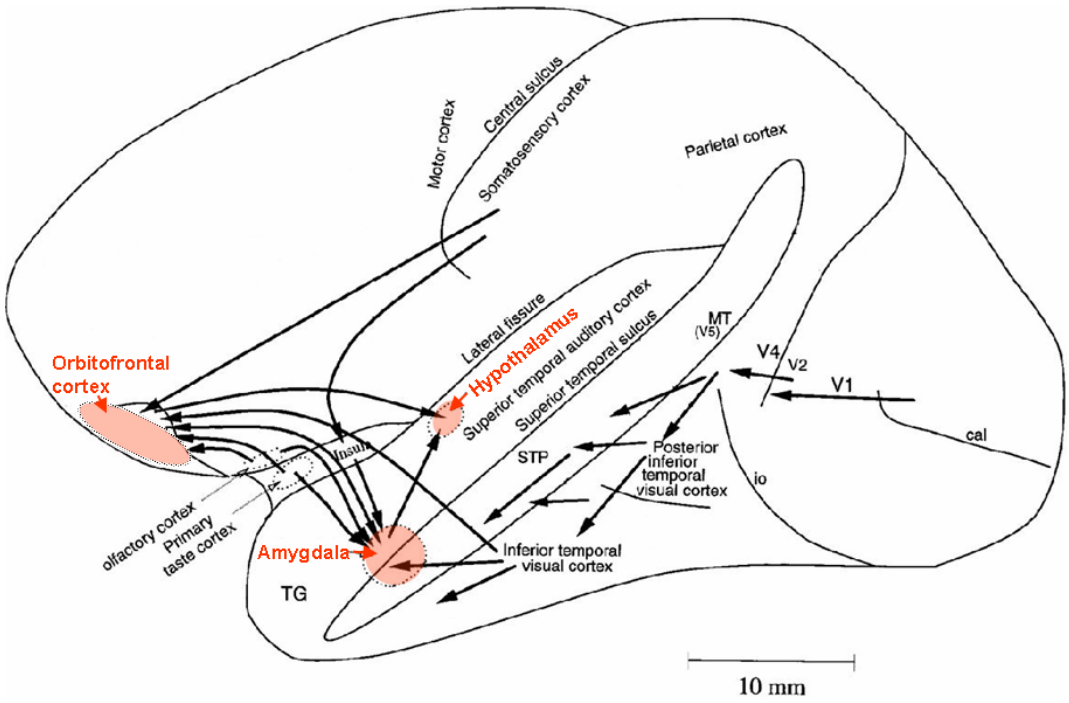


Abbildung 2: Schematische Darstellung einiger Verbindungen zwischen verschiedenen Hirnarealen, die an der Verarbeitung von Verstärkerreizen beteiligt sind (vereinfacht nach Rolls, E. T., 2005, S. 64). Eingezeichnet sind die Verbindungen der primären Sinneskortizes zu OFC und Amygdala. Cal, calcarine sulcus; io, inferior occipital sulcus; MT, visual motion processing area; STP, superior temporal plane; TG, temporalpole.

Der OFC wird als zentrale Struktur für die Repräsentation primärer Verstärker, wie beispielsweise des Anreizwertes von Geschmack, Geruch und Berührung, beschrieben (Francis, S., Rolls, Bowtell, McGlone, O'Doherty et al., 1999, Rolls, E. T., Critchley, Browning, Hernadi & Lenard, 1999, O'Doherty, 2004). Er enthält sekundäre olfaktorische und gustatorische Kortizes und weiteren somatosensorischen Input. Auf Ebene des OFC wird darüber hinaus die Verarbeitung von Geschmacksreizen durch Hunger moduliert, was als Hinweis auf die Enkodierung des Anreizwertes auf dieser sekundären Verarbeitungsstufe verstanden wird (Rolls, E. T., Sienkiewicz & Yaxley, 1989). Dahingegen ist die Neuronenaktivität primärer Verarbeitungsareale nicht verändert nach Nahrungsdeprivation (Yaxley, Rolls, Sienkiewicz & Scott, 1985; Yaxley, Rolls & Sienkiewicz, 1988), was von Rolls als Sicherstellung elementarer Lernfunktionen verstanden wird:

„One value of such organization is that objects can be recognized and learned about even when an object is not rewarding. The system is ideally suited, for example, to learning about where food is located in the environment even when hunger is not present." (Rolls, E. T., 2005; Seite 253)

Im Kontext der vorliegenden Studie zur Verarbeitung von Essensbildern ist von besonderem Interesse, dass im OFC Neurone gefunden wurden, deren Aktivitätsmuster sich bei Darbietung *visueller* Essensreize unter Hunger ändert (Thorpe, Rolls & Maddison, 1983; Critchley & Rolls, 1996).

Neben dem OFC sind vor allem der *Hypothalamus* und die *Amygdala* wichtige Strukturen in einem Netzwerk, das essensbezogenes Verhalten und die Verarbeitung der damit assoziierten Reize steuert (Ono, Tamura, Nishijo, Nakamura & Tabuchi, 1989; Petrovich, Holland & Gallagher, 2005).

Verschiedene Bereiche des *Hypothalamus* wurden in den 40er und 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts als wesentliche Kernstrukturen für Hunger (Lateraler Hypothalamus: LH) und Sättigung (ventromedialer Hypothalamus: VMH) beschrieben (Anand & Brobeck, 1951; Hetherington, A. W. & Ranson, 1940; Stellar, 1954). Auch wenn diese einfache Aufteilung durch weitere Läsionsstudien vielfach widerlegt wurde, spielt doch der Hypothalamus eine wichtige Rolle bei der Regulation des Essverhaltens (Rolls, E. T., 1994; Rolls, E. T., 2005). So konnte in Untersuchungen mit neuen Methoden gezeigt werden, dass eine Stimulation des LH Nahrungsaufnahme auslöst (Stanley, Ha, Spears & Dee, 1993). Über Einzelzellableitungen bei Primaten wurde weiterhin gezeigt, dass Neurone im Hypothalamus auf die Ansicht von Essen reagieren (Ono et al., 1989) und dass diese Aktivierungen in Abhängigkeit des Anreizwertes variieren (SSS-Paradigma: Rolls, E. T., Murzi, Yaxley, Thorpe & Simpson, 1986).

Eine Struktur mit zahlreichen Verbindungen zum Hypothalamus ist die *Amygdala*, deren Bedeutung bei der Verarbeitung essensbezogener Stimuli vielfach beschrieben wurde (z.B.: Ono et al., 1989; Arana, Parkinson, Hinton, Holland, Owen et al., 2003; Hinton, Parkinson, Holland, Arana, C. Roberts et al., 2004). Die

Amygdala erhält zahlreichen sensorischen Input, sowohl über kortikale als auch über subkortikale Verbindungen und hat vielfältige Efferenzen zu verschiedenen Hirnbereichen. Sie kann demnach die Integration von Informationen über externale Stimuli und internalen Zustand leisten (Amaral, Price, A. & Carmichael, 1992). Diese Struktur wird in dem Zusammenhang häufig als zentral für den Erwerb des Bedeutungsgehaltes sekundärer Verstärker genannt (Cardinal, Parkinson, Hall & Everitt, 2002). Im Vergleich zu den oben genannten Befunden zu Neuronen des OFC zeigten Einzelzellableitungen für bestimmte Neuronenpopulationen der Amygdala ebenfalls Aktivität bei Darbietung *visueller* Essensreize (Ono & Nishijo, 1992), aber diese war nicht in gleicher Weise durch Änderungen im Anreizwert beeinflusst wie bei OFC und Hypothalamus (Sanghera, Rolls & Roper-Hall, 1979).

2.1.3 Zusammenfassung

In den vorangegangenen Abschnitten wurde das Konzept vom Anreizwert von Nahrungsreizen erläutert und beschrieben, dass dieser in Abhängigkeit von Hunger und Sattheit variiert. Es wird angenommen, dass ein Zusammenspiel externaler (Anreiz) und internaler Faktoren (Deprivation) über ein Netzwerk verschiedener Hirnstrukturen wie OFC, Amygdala und Hypothalamus vermittelt wird.

Ausgehend von den genannten Aspekten steht für die vorliegende Arbeit die Überlegung im Mittelpunkt, dass der Einfluss von Deprivation auf den Anreizwert visueller Nahrungsreize auch auf perzeptueller Ebene zu beobachten ist. Zentral ist dabei die Frage, ob bereits auf frühen Verarbeitungsstufen Aufmerksamkeitseffekte zustandsrelevanter Reize nachverfolgt werden können. Da zur Untersuchung von Aufmerksamkeitseffekten auf perzeptueller Ebene die Erfassung elektrokortikaler Aktivität aufgrund der hohen zeitlichen Auflösung besonders geeignet ist, wird diese Methode im Kontext klassischer Befunde und eines theoretischen Rahmenkonzeptes zur motivationalen Bedeutsamkeit von Reizen im Folgenden näher erläutert.

2.2 Aufmerksamkeitslenkung und elektrokortikale Aktivität

Ein wesentlicher Aspekt bei der Enkodierung sensorischer Informationen ist die Beschränktheit verfügbarer Verarbeitungsressourcen und die daraus resultierende Notwendigkeit, bestimmte Reize aus der Vielzahl an einströmender Information auszuwählen (Desimone & Duncan, 1995; Kastner & Ungerleider, 2000; Hopfinger, Luck & Hillyard, 2004). Aufmerksamkeitsprozesse werden als ein solcher Auswahlmechanismus relevanter Reize verstanden. Generell wird dabei zwischen den zwei Wegen von *expliziter* und *impliziter* Aufmerksamkeitslenkung unterschieden (Öhman, Hamm & Hudgdahl, 2000; Yantis, 2000; Corbetta & Shulman, 2002; Serences & Yantis, 2006). So können Einzelreize oder Reizklassen aufgrund externaler Verstärkung Relevanz gewinnen, beispielsweise durch explizite Instruktion spezifische Merkmale zu beachten. Diese Merkmale können sich auf die Lokalisation im Raum beziehen (z.B. Instruktion: „Achten Sie auf die Reize auf der linken Seite“) oder auf reizinhärente Merkmale (z.B. Instruktion: „Achten Sie auf rote Quadrate“) sowie weitere Kombinationsmöglichkeiten. Auch Selbstinstruktionen wie „Suche die Haustürschlüssel“ zählen zu den beschriebenen Formen der Aufmerksamkeitssteuerung, die man als „zielgerichtet“ oder „top-down“-getrieben bezeichnet, da die auszuwählenden Merkmale explizit benannt werden. Weiterhin können Reize auch implizit - also ohne weitere Verstärkung – beispielsweise dadurch Relevanz erlangen, dass sie sich durch ihre Farbigkeit oder andere Merkmale stark von den umgebenden Reizen abheben oder schnell ins Blickfeld eintreten. In diesen Fällen löst die reizinhärente Salienz die Orientierung der Aufmerksamkeit zugunsten der jeweiligen Merkmalsträger aus. Solche Formen der Aufmerksamkeitslenkung bezeichnet man als „stimulus-“ oder „bottom-up“-getrieben[2] (siehe: Hopfinger & Mangun, 1998). Saliente Reize scheinen die Aufmerksamkeit automatisch auf sich zu ziehen, weshalb man auch von „Attention Capture“ spricht. Zu dieser zweiten Form der impliziten Aufmerksamkeitslen-

[2] Weitere Benennungen für die zwei Arten der Aufmerksamkeitslenkung sind „willentlich“ vs. „unwillkürlich“ und „reflektiv“ vs. „reflexiv“

kung zählen auch Bedingungen, bei denen die Reize für den Betrachter aufgrund der Vorerfahrung besondere Relevanz besitzen, wie zum Beispiel der eigene Name oder Bilder bekannter Personen. In allen beschriebenen Fällen ist es die *Wertigkeit* oder die *Bedeutsamkeit* der Reize, die, entweder explizit oder implizit, die Aufmerksamkeitsallokation bestimmt. Beide Wege der Aufmerksamkeitslenkung sind für eine angemessene Handlungsvorbereitung wesentlich (siehe Übersichtsarbeit: Kanwisher & Wojciulik, 2000) und von hohem adaptiven Wert für das Überleben eines Organismus (Yantis, 2000).

In Abschnitt 2.1.1 wurde erläutert, dass der Anreizwert visueller Nahrungsreize in Abhängigkeit von Hunger und Sattheit variiert. Der Anreizwert kann in Analogie zur Wertigkeit oder Bedeutsamkeit dieser Reize verstanden und eine implizite Aufmerksamkeitslenkung in Abhängigkeit von Hunger und Sattheit angenommen werden (Derryberry & Tucker, 1994). Die Bedeutsamkeit von Essensreizen ändert sich je nach aktuellem Zustand und kann das ausschlaggebende Kriterium zur Auswahl dieser Stimuli sein:

"[…] systems are tuned to extract the motivational significance of incoming information, showing the greatest responsitivity to stimuli that are stressful, conspicuous, or related to current need states." (Derryberry & Tucker, 1991; Seite 311-312, Hervorhebung ergänzt)

Da die ausreichende Aufnahme an Nährstoffen eine überlebenswichtige Aufgabe von Lebewesen darstellt, kann eine Aufmerksamkeitslenkung zugunsten essensbezogener Hinweisreize im deprivierten Zustand als wichtiger Bestandteil zielbezogenen adaptiven Verhaltens verstanden werden.

Zur Untersuchung von impliziter Aufmerksamkeitslenkung in Abhängigkeit der *motivationalen Bedeutsamkeit* von Essensreizen ist die Verwendung kortikaler Maße der Reizverarbeitung unter anderem deshalb besonders geeignet, da diese Methode - im Unterschied zu Reaktionszeitmessungen - die Vergleiche verschiedener Bedingungen unabhängig von offen gezeigtem Verhalten erlaubt (Luck, Woodman & Vogel, 2000). Die Messung der elektrokortikalen Aktivität über die

Erfassung ereigniskorrelierter Potentiale (ERPs – „event related potentials“) ermöglicht weiterhin den Blick auf frühe Stadien der Perzeption sowie die Differenzierung verschiedener Subprozesse (Luck et al., 2000; Schupp, Flaisch & Stockburger, im Druck). Dabei liefert vor allem die hohe zeitliche Auflösung der ERP-Methode Einblicke in die Dynamik der untersuchten Prozesse.

Bevor wesentliche für die vorliegende Arbeit relevante ERP-Befunde aus dem Bereich der Aufmerksamkeitsforschung vorgestellt werden, liefert der nächste Abschnitt in einem Exkurs einen knappen Überblick zu den Grundlagen der Erfassung ereigniskorrelierter Potentiale.

2.2.1 Exkurs zur Erfassung ereigniskorrelierter Potentiale

Bringt man ein Elektrodenpaar an der Kopfoberfläche an und leitet die Signale mit Hilfe eines Verstärkers ab, so erhält man quantifizierbare Spannungsänderungen als Differenz zwischen den Sensoren. Dieses Enzephalogramm (EEG) zeigt Werte, die hauptsächlich im Bereich zwischen -100 und +100 Mikrovolt (μV) liegen (siehe: Rugg, M. D. & Coles, 1995). Zur Extraktion ereigniskorrelierter Potentiale werden nach wiederholter Darbietung distinkter Reize (Bilder, Töne etc.) Segmente aus dem Roh-EEG isoliert, die jeweils auf einzelne Durchgänge bezogen sind (siehe Abbildung 3a). Diese Segmente können nach Reizkategorien sortiert und überlagert werden. Über diese Mittelung generiert man die ERPs, die sehr viel geringere Amplituden haben als das Roh-EEG (zwischen 1 und 30 μV). Die zur Überlagerung verwendete Signalmittelungstechnik basiert darauf, dass die Anteile der spontanen Hirnaktivität unsystematisch variieren und sich über mehrfache Mittelung minimieren, während die Bestandteile, die im Zusammenhang mit der Enkodierung eines Reizes stehen, als Signal extrahiert und weiter beschrieben werden können (siehe: Glaser & Ruchkin, 1976; Hillyard & Picton, 1987). Um ein ausreichendes Signal-zu-Rausch-Verhältnis gewährleisten zu können, erfordert die Mittelungstechnik dabei eine hohe Anzahl an Durchgängen.

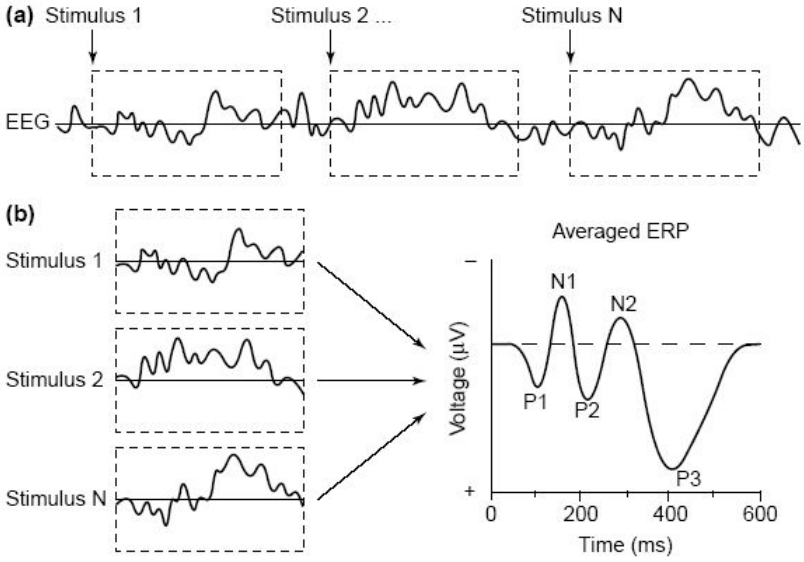


Abbildung 3: Extraktion ereigniskorrelierter Potentiale (ERPs) aus dem Roh-EEG. a) Einzelne Abschnitte des EEGs sind zeitlich an den Reizdarbietungsbeginn gekoppelt. b) Die Abschnitte werden gemittelt und Komponenten identifiziert (aus Luck et al., 2000).

Die extrahierten Potentialverteilungen werden anhand verschiedener Charakteristika beschrieben und verglichen. Wie Abbildung 3b illustriert, werden häufig positive und negative Spannungsgipfel als Komponenten anhand typischer Latenzen und Polaritätsverteilungen benannt. Bei der Verarbeitung visueller Informationen sind frühe Deflektionen in den ERPs beispielsweise eine negative Komponente mit typischem Hochpunkt um 100 ms nach Bilddarbietungsbeginn, die nach einer gängigen Notation, die Reihenfolge „großer" Komponenten und Polarität einbezieht, als N1 bezeichnet wird. Analog dazu sind häufig beschriebene Komponenten die P2 und P3. Bei der Darbietung von visuellen Reizen können nun beispielsweise die Amplituden der untersuchten Komponenten berechnet und in Abhängigkeit der Experimentalbedingungen verglichen werden.

Zur Generierung der ERPs liegen verschiedene Ansätze vor, wobei viele grundsätzliche Zusammenhänge zwischen der Hirnaktivität und den an der Oberfläche gemessenen Spannungsverteilungen noch immer ungeklärt sind (Picton, 1992; Polich & Kok, 1995; Luck, 2005). Grundsätzliche Einigkeit besteht über die Annahmen, dass die ERPs durch die aufsummierte Aktivität in Neuronenpopula-

tionen entstehen, die bei geeigneter Anordnung ein Feldpotential erzeugen, dass an den Sensoren an der Schädeloberfläche abgegriffen werden kann (siehe: Nunez & Katznelson, 1981; Rugg, M. D. & Coles, 1995).

2.2.2 Kortikale Signatur von Aufmerksamkeitsprozessen

Unter Verwendung von Versuchsanordnungen zur räumlichen Aufmerksamkeit sind vielfach Belege für Einflüsse expliziter Aufmerksamkeitssteuerung auf frühe kortikale Parameter erbracht worden. So zeigen sich selektive Effekte in charakteristischen ERP-Mustern wie erhöhten *posterioren P1- und N1-Komponenten* (Zeitbereiche von 80-130ms und 150-200ms) bei Darbietung von Reizen in den ausgewählten Sehregionen (siehe Übersichtsarbeiten: Näätänen, 1992; Mangun & Hillyard, 1995; Hillyard & Anllo-Vento, 1998; Luck & Hillyard, 2000). Diese erleichterte Verarbeitung wurde auf verstärkte neuronale Aktivität in striären und extrastriären Kortexarealen zurückgeführt (Martinez, Anllo-Vento, Sereno, Frank, Buxton et al., 1999).

Bei visuellen Suchaufgaben findet man Aufmerksamkeitseffekte der expliziten Merkmalssuche bei einer *Komponente der N2-Familie* (~200-300 ms). Diese Unterschiede werden als Anzeichen einer Aufmerksamkeitsallokation verstanden und in bezug gesetzt zu Einzelzellableitungen in tierexperimentellen Anordnungen, die auf die Beteiligung sekundärer visueller Kortexareale verweisen (Chelazzi, Duncan, Miller & Desimone, 1998; Chelazzi, Miller, Duncan & Desimone, 2001). Als mögliche Generatorstrukturen für diese frühe negative Differenz werden okzipito-temporale Kortexbereiche und Anteile des posterioren Parietalkortex genannt (Hopf, Luck, Girelli, Hagner, Mangun et al., 2000). In vergleichbarer Weise zeigen Anordnungen, bei denen durch Instruktion spezielle Reizeigenschaften (wie bspw. Farbe bei der Instruktion „Zählen Sie nur rote Quadrate“) an Bedeutung gewinnen, Aufmerksamkeitseffekte in einer frühen posterioren Negativierung, die häufig als „Selektionsnegativierung“ bezeichnet wird (Näätänen, 1992; Mangun & Hillyard, 1995; Michie, Karayanidis, Smith, Barrett, Large et al.,

1999; Anllo-Vento, Luck & Hillyard, 1998; Hillyard & Anllo-Vento, 1998). Weitere Eigenschaften wie Form oder räumliche Orientierung können ebenfalls Reizeigenschaften sein, deren Hervorhebung durch entsprechende Aufgabeninstruktion eine verstärkte Negativierung im Zeitfenster von 150 bis 350 ms an okzipitotemporalen Sensoren auslöst (Näätänen, 1992; Smid, Jakob & Heinze, 1999; Potts & Tucker, 2001). Auch bei semantischen Kategorisierungsaufgaben, wie beispielsweise der Abfrage „Ist auf dem Bild ein Tier zu sehen oder nicht?“, beobachtet man eine Negativierung über posterioren Bereichen (Thorpe, Fize & Marlot, 1996; Rousselet, Fabre-Thorpe & Thorpe, 2002; Delorme, Rousselet, Mace & Fabre-Thorpe, 2004). Neuere Arbeiten verweisen dabei über zusätzliche Berechnungen möglicher Generatorstrukturen auf die Beteiligung temporo-okzipitaler Kortexregionen an den frühen differentiellen Effekten in den ERPs (Codispoti, Ferrari, Junghöfer & Schupp, im Druck).

Stabile Aufmerksamkeitseffekte wurden weiterhin in einem späteren Zeitfenster für die *P3-Komponente* gefunden. Diese wurde bereits 1965 als positives Potential mit einer typischen Latenz von 300 bis 400 ms und einer breiten Oberflächenverteilung, ausgelöst durch aufgabenrelevante Reize in unterschiedlichen Modalitäten, beschrieben (Sutton, Braren, Zubin & John, 1965). Ergebnisse einer klassischen Studie von Squires und Kollegen (1975) zeigen, dass verschiedene Komponenten der P3-Familie stärker ausfallen, wenn ein Ton beachtet werden soll, die Aufmerksamkeit also explizit durch Instruktion auf eine bestimmte Reizklasse gerichtet wird (siehe Übersichtsarbeit: Picton, 1992). Weiterhin findet man solche verstärkten P3-Amplituden durch gerichtete Aufmerksamkeit bei aufgabenrelevanten Reizen, beispielsweise bei Zielreizen in Zählaufgaben (Johnson, 1988; Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2003a). Zu beachten ist, dass bereits früh darauf hingewiesen wurde, dass die P3 keine einheitliche Komponente ist (Johnson, 1986) und eher die Aktivität eines weit streuenden Systems reflektiert (Lutzenberger, 1987; Birbaumer, Elbert, Canavan & Rockstroh, 1990). Die Topographie der P3-Komponente kann je nach Experimentalbedingung variieren

(Johnson, 1993). Auch die Latenzen von P3-Komponenten können sehr unterschiedlich sein (~von 300 bis 900 ms). Es gibt Befunde, die dafür sprechen, dass die Latenz je nach Schwierigkeit der Reizkategorisierung größer ausfällt und man diese Variabilität als Maß für die Reizbeurteilungszeit verstehen kann (Donchin & Coles, 1988).

Während die oben beschriebenen Befunde sämtlich Formen *expliziter* Aufmerksamkeitssteuerung zugeordnet werden können, sind für die vorliegende Arbeit bei der Untersuchung der Frage nach einer Aufmerksamkeitslenkung essensbezogener Hinweisreize im hungrigen Zustand vor allem Effekte *impliziter* Aufmerksamkeitsprozesse relevant. Im Folgenden steht demnach die Frage im Mittelpunkt, inwiefern bis dato stabile Modulationen von ERP-Komponenten in Abhängigkeit der *motivationalen Bedeutsamkeit* der Stimuli bei impliziten Aufmerksamkeitsanordnungen erbracht werden konnten.

Ein Rahmenkonzept, das *motivationale Bedeutsamkeit* als wesentliches Kriterium für eine implizite Aufmerksamkeitslenkung beschreibt, ist das *Modell zur „motivierten Aufmerksamkeit"* nach Peter Lang und Kollegen (1997). Ein Vorteil der Einbettung in ein solches theoretisches Modell ist, dass es prüfbare Vorhersagen bezogen auf Relevanzunterschiede visueller Stimuli erlaubt. Das genannte Modell versteht Befunde zur selektiven Verarbeitung bedeutsamer Stimuli als Hinweise auf Aufmerksamkeitslenkung zugunsten überlebenswichtiger Reizklassen. Das Konzept der *„motivierten Aufmerksamkeit"* wird wie folgt umschrieben:

„In natural environments, selective responding to one type of stimulus rather than another is dictated by the organism´s pre-existing drive state – hunger, sexual needs, threat of harm. Similarly, attention is more likely to be sustained by stimuli that have motivational significance, compared to routine, affectively neutral events. Furthermore, motivated attention in humans, as in animals, reflects an evolutionary inheritance." (Lang et al., 1997, Seite 97, Unterstreichung ergänzt).

Im Kontext dieses theoretischen Modells wurde vor allem die Verarbeitung emotional bedeutsamer Reize untersucht. Emotionale und motivationale Prozesse

werden in enger Verknüpfung verstanden, da sie durch die Aktivierung basaler Systeme gesteuert werden. Im folgenden Abschnitt werden zu Beginn wesentliche Aspekte des Modells vorgestellt. Im Anschluss daran wird die kortikale Signatur einer impliziten Aufmerksamkeitslenkung motivational relevanter Bildreize beschrieben, die im Kontext dieses Rahmenmodells untersucht wurde.

2.2.3 Motivationale Bedeutsamkeit und „Attention Capture“

Das Modell zur *„motivierten Aufmerksamkeit“* von Lang und Kollegen (Lang et al., 1997) postuliert die Existenz zweier Motivationssysteme - eines *appetitiven* und eines *aversiven* Systems (siehe auch: Schneirla, 1959; Lang, 1995; Cacioppo, Berntson & Gardner, 1999; Dickinson & Balleine, 2002). Diese beiden basalen Motivationssysteme steuern Annäherungs- und Abwehr- bzw. Fluchtverhalten bei der Wahrnehmung bedeutsamer Reize. Bei den Prozessen, die durch die Präsentation relevanter Reize ausgelöst werden, ist die *handlungsvorbereitende* oder *präparatorische Funktion* ein wesentliches Merkmal (Frijda, 1986; Frijda, 1999; Lang et al., 1997; Öhman, Hamm et al., 2000). In diesem Kontext werden Emotionen als *adaptive Eigenschaften des Organismus* verstanden, die dem Ziel dienen, sowohl Annäherungs- als auch Vermeidungsverhalten je nach *motivationaler Bedeutsamkeit* der Umgebungsreize in angemessener Weise vorzubereiten. Durch den unterschiedlichen Aktivierungsgrad der basalen Motivationssysteme werden zum einen die Richtung (Basisdimension *Valenz*) und zum anderen das Ausmaß (Basisdimension *Erregung*) der emotionalen Reaktionen bestimmt. Zur adaptiven Vorbereitung von Annäherung und Vermeidung ist dabei eine ausreichend präzise und kontinuierliche Analyse der Umwelt auf perzeptueller Ebene vonnöten (Lang et al., 1997; Öhman, Flykt & Lundqvist, 2000). Eine Modulation in Abhängigkeit der *motivationalen Bedeutsamkeit* sollte sich also zum einen in Reaktionsmaßen auf behavioraler und physiologischer Ebene zeigen und zum anderen auf frühen Stufen der Informationsverarbeitung ihren Niederschlag finden, die mit Perzeptionsprozessen assoziiert sind.

Auf der *Verhaltensebene* konnten Effekte der *motivationalen Bedeutsamkeit* beispielsweise über Reaktionszeitunterschiede nachgewiesen werden. Dabei verweisen Latenzunterschiede auf eine selektive Aufmerksamkeitslenkung zugunsten bedeutsamer Stimuli – hier angenehme oder unangenehme Wörter oder Bilder (modifiziertes Stroop-Paradigma: Farbbenennung emotionaler Wörter, Mogg & Bradley, 1999; Dot-Probe-Paradigma: Tastendruck auf räumlich konsistent oder inkonsistent dargebotene Hinweisreize, Mathews & MacLeod, 1994; visuelle Suchaufgabe: Entdeckungszeiten von Zielreizen in Distraktormatrizen, Öhman, Flykt & Esteves, 2001).

Zur Untersuchung der Reaktionen auf motivational bedeutsame Reize hat sich die Verwendung des so genannten *Bildbetrachtungsparadigmas* bewährt. Dabei werden den Versuchsteilnehmern standardisierte Bildserien dargeboten, die viele Einzelexemplare natürlicher Szenen zu angenehmen, neutralen und unangenehmen Bildinhalten (siehe Abbildung 4) enthalten (IAPS – „International Affective Picture System“; (Lang, Bradley & Cuthbert, 2005; Bradley & Lang, 2000). Diese Bilderserien wurden auf den zwei Basisdimensionen von Valenz und Erregung von einer großen Zahl an Personen über ein graphisches Verfahren (SAM – „Self-Assessment-Manikin“; Bradley & Lang, 1994) eingeschätzt. Wie Abbildung 4 zeigt, spiegeln diese subjektiven Bewertungen in ihrer Verteilung die Ausprägung von appetitivem System (Hinwendung) und aversivem System (Abwendung) wider.

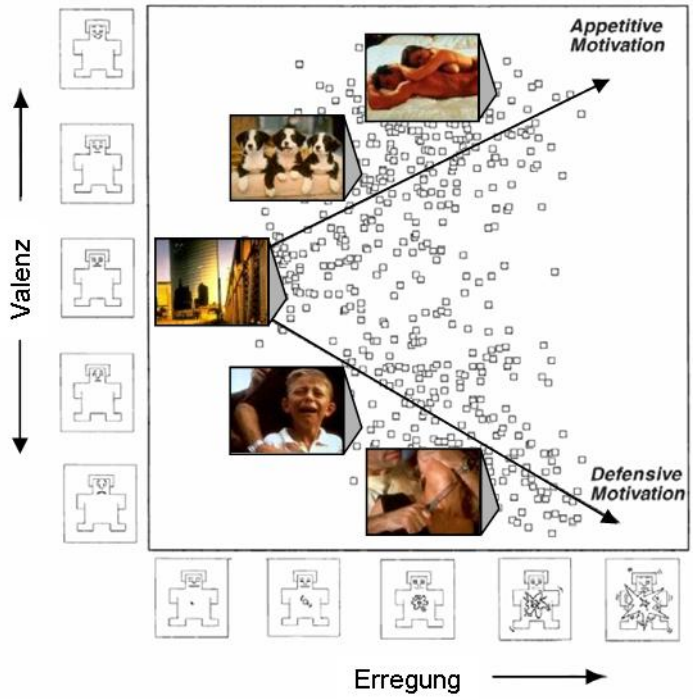


Abbildung 4: Affektiver Raum der Einschätzungen von IAPS-Bildern. Die einzelnen Punkte geben mittlere Einschätzungen einzelner Bilder auf den Achsen Valenz und Erregung wieder (siehe Einzelbeispiele angenehmer, neutraler und unangenehmer Kategorien). An den Achsen ist zusätzlich der SAM abgetragen, der für die Abfrage verwendet wurde (modifiziert aus: Bradley & Lang, 2000).

Bei Darbietung solcher Bilderserien wurden stabile Modulationen *peripher-physiologischer Parameter* in Abhängigkeit der motivationalen Bedeutsamkeit gezeigt. So lösen beispielsweise Darstellungen von bedrohlichen ebenso wie von erotischen Szenen, die im Sinne der Theorie besondere evolutionäre Signifikanz besitzen, veränderte Lidschlussamplituden, Herzratenveränderungen und stärkere Hautdurchfeuchtung aus als vergleichsweise neutrale Bilder (Lang et al., 1997; Bradley & Lang, 2000; Hamm, Schupp & Weike, 2003; auch bei verkürzter Bilddarbietung: Codispoti, Bradley & Lang, 2001). Wesentlich ist dabei, dass die differentielle Verarbeitung der bedeutsamen emotionalen Reize ohne weitere externale Verstärkung geschieht, die Probanden also lediglich aufgefordert werden, die Bilder zu betrachten (passive Aufgabenbedingung). Es wird demnach angenommen, dass diejenigen Reizklassen mit hoher *motivationaler Bedeutsamkeit*, die beispielsweise Geschlechtspartner oder Bedrohung signalisieren, die beschriebenen

differentiellen Reaktionsmuster automatisch auslösen und als potente „Aufmerksamkeitsmagneten“ verstanden werden können (Bradley, Codispoti, Cuthbert & Lang, 2001).

Im Kontext des Rahmenkonzeptes zur „motivierten Aufmerksamkeit“ wurden auf *perzeptueller Ebene* stabile Modulationen gezeigt, die als Hinweise einer impliziten Aufmerksamkeitslenkung relevanter Reize verstanden werden. Bereits in einem relativ frühen Zeitfenster ab 150 ms sind Unterschiede der ERPs in Abhängigkeit der *motivationalen Bedeutsamkeit* der Bilder zu finden. Angenehme sowie unangenehme lösen im Vergleich zu neutralen Bildern eine *relative Negativierung über posterioren Bereichen* aus (EPN – „early posterior negativity“). Wie Abbildung 5a exemplarisch veranschaulicht, ist die Differenz zwischen emotional bedeutsamen und neutralen Bildern besonders deutlich zwischen 200 und 300 ms (Junghöfer, Bradley, Elbert & Lang, 2001; Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2003b; Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2004; Schupp, Öhman, Junghöfer, Weike, Stockburger et al., 2004). Die topographische Ansicht in Abbildung 5b zeigt zum einen, dass die EPN vor allem über temporo-okzipitalen Arealen ausgeprägt ist und zum anderen die charakteristische Polaritätsumkehr, also die positive Differenz an frontalen Sensorbereichen.

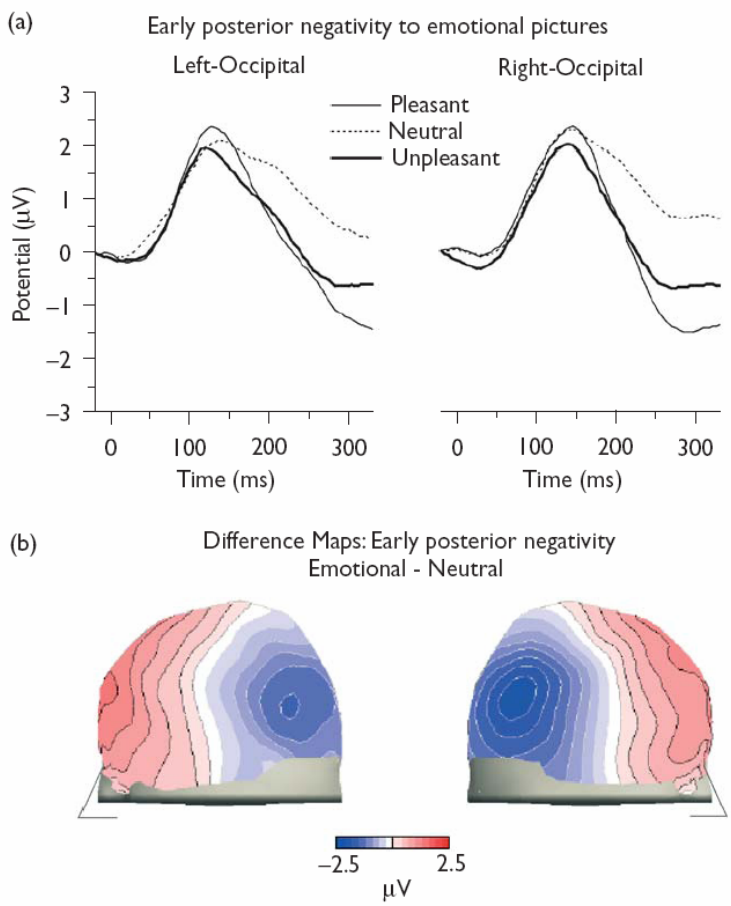


Abbildung 5: Darstellung der EPN. a) Potentialverläufe ausgewählter Sensoren für angenehme, neutrale und unangenehme Bilder. b) Topographische Darstellung der Differenz von emotionalen und neutralen Bildern im Zeitbereich von ~230 bis 300 ms (aus: Schupp et al., 2003b).

Weiterführende Studien konnten zeigen, dass diese ERP-Differenzen nicht auf Unterschiede in der Farbigkeit der dargebotenen natürlichen Szenen oder anderer physikalischer Merkmale wie Helligkeit oder Raumfrequenzen zurückführbar sind (Junghöfer et al., 2001). Berechnungen zu potentiellen zugrunde liegenden Generatorstrukturen verweisen vor allem auf die Bedeutung visueller Kortexareale mit besonderem Schwerpunkt an okzipito-temporo-parietalen Bereichen (Junghöfer et al., 2001; Schupp et al., im Druck). Befunde aus fMRI-Studien ergaben ebenfalls verstärkte Aktivierung extrastriärer Kortexareale bei Betrachtung emotionaler Bilder und liefern somit weitere Unterstützung für die Annahme einer verstärkten Verarbeitung *motivational bedeutsamer* Reize im visuellen Kortex

(Junghöfer, Schupp, Stark & Vaitl, 2005; Junghöfer, Sabatinelli, Bradley, Schupp, Elbert et al., 2006).

Die EPN-Komponente wird im Hinblick auf die hohe Vergleichbarkeit (bezogen auf die zeitliche Dynamik und die topographische Verteilung) zu den in Abschnitt 2.2.2 beschriebenen Unterschieden in der N2-Komponentenfamilie bei expliziter Aufmerksamkeitslenkung als Analogon einer implizit gesteuerten erleichterten Verarbeitung bedeutsamer Reize verstanden. Der automatische Charakter dieser Komponente zeigt sich unter anderem an der Stabilität des Effektes bei gleichzeitiger Ausübung einer kognitiven Zählaufgabe, die das Diskriminieren eingestreuter Schachbrettmuster erfordert (Schupp et al., 2003a). Zum anderen ist diese Komponente auch nach vielfacher Wiederholung der Einzelreize noch unverändert deutlich feststellbar (Schupp, Stockburger, Codispoti, Junghöfer, Weike et al., 2006).

Im Kontext des Modells der „motivierten Aufmerksamkeit“ wurden weiterhin *späte positive Potentialveränderungen* (LPP – „late positive potentials“) im P3-Bereich beschrieben, die systematisch mit dem Bedeutungsgehalt der dargebotenen Bilder variieren. Wie Abbildung 6 zeigt, lösen sowohl angenehme wie auch unangenehme Reize verstärkte LPP-Amplituden aus, deren Fokus meist über zentro-parietalen Bereichen liegt (Palomba, Angrilli & Mini, 1997; Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer & Lang, 2000; Schupp, Cuthbert, Bradley, Cacioppo, Ito et al., 2000; Keil, Bradley, Hauk, Rockstroh, Elbert et al., 2002; Schupp, Cuthbert, Bradley, Hillman, Hamm et al., 2004). Damit wurden frühe Befunde von Johnston und Kollegen (1986) wiederholt bestätigt, die gezeigt hatten, dass sowohl positive wie negative Stimuli größere P3-Amplituden auslösen als neutrale.

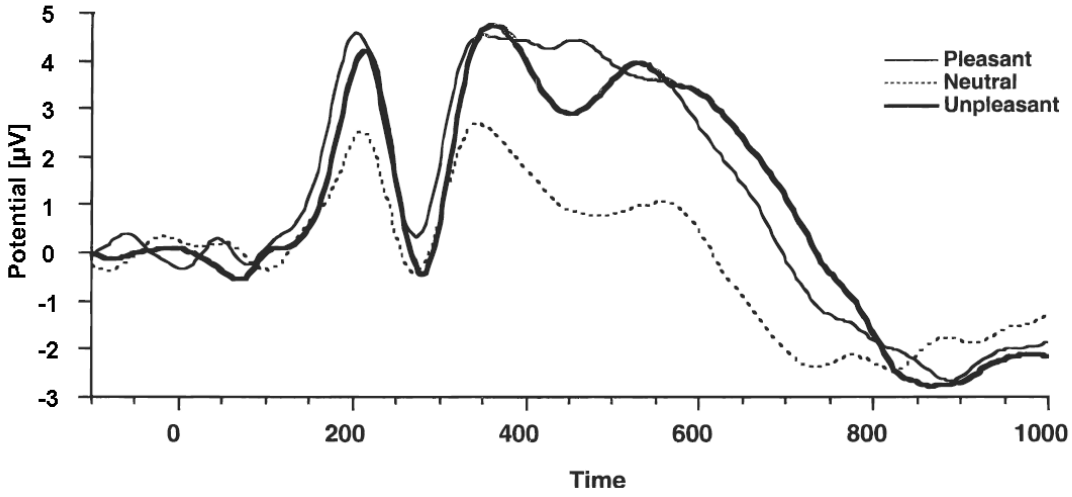


Abbildung 6: Späte Positive Potentiale (LPPs) bei dem Vergleich von Angenehmen und Unangenehmen gegenüber Neutralen, die an parietaler Sensorposition am deutlichsten ausgeprägt sind (modifiziert aus: Schupp et al., 2000).

Die Positivierung ist jeweils am stärksten ausgeprägt für hoch erregende angenehme wie unangenehme Bilder, was die Bedeutung der Erregungsdimension für die emotionale Modulation der ERP-Komponenten untermauert (Schupp, Cuthbert et al., 2004). Typischerweise setzen diese späten positiven Komponenten um 200-400 ms nach Bilddarbietungsbeginn ein und können je nach Darbietungsdauer über einen Zeitraum von mehreren Sekunden anhalten (Cuthbert et al., 2000). Interessanterweise reicht allerdings bereits eine kurze Darbietungszeit von 120 ms zur Auslösung eines charakteristischen LPP-Musters aus (Schupp, Junghöfer et al., 2004).

Die emotionale Modulation dieser positiven Komponenten wird, ebenfalls in Analogie zu den Effekten einer expliziten Aufmerksamkeitsteuerung auf die P3-Komponente (siehe Abschnitt 2.2.2), als Hinweis auf eine implizite Ressourcenallokation zugunsten der bedeutsamen Reizklassen verstanden (Schupp et al., 2003b). Die erhöhten LPP-Amplituden für relevante Bilder werden als Hinweis auf verstärkte konzeptuelle Verarbeitung und Repräsentation im Arbeitsgedächtnis (Donchin & Coles, 1988) verstanden. Die späten positiven Potentialveränderungen werden mit „höheren“ Stufen im Informationsverarbeitungsprozess asso-

ziiert, die in bezug zu bewusster Reizverarbeitung gesetzt werden (Luck et al., 2000). Weiterhin zeichnen sich für diese Prozesse in stärkerem Maße als bei der früheren Enkodierungsstufe Interferenzen durch zusätzliche Ressourcenanforderungen weiterer Aufgaben ab (siehe Schupp et al., im Druck).

2.2.4 Zusammenfassung

Die vorangegangenen Abschnitte lieferten eine Einführung zu verschiedenen Formen der Aufmerksamkeitslenkung, die über die Erfassung ereigniskorrelierter Potentiale untersucht werden können. Dabei zeigen sich Effekte expliziter Aufmerksamkeitssteuerung in veränderten frühen (P1, N1, N2) und späten ERP-Komponenten (P3). Für die vorliegende Arbeit steht vor allem die Frage nach impliziter Aufmerksamkeitssteuerung in Abhängigkeit der *motivationalen Bedeutsamkeit* von Essensbildern, die mit der Bedürfnislage des Organismus variiert, im Mittelpunkt.

Zur Einbettung der Untersuchung wurde deshalb ein theoretisches Rahmenmodell vorgestellt, für das die *motivationale Bedeutsamkeit* von Reizen zentral ist. Das Modell zur „motivierten Aufmerksamkeit“ erklärt die differentielle Verarbeitung motivational relevanter Reize mit der unterschiedlich starken Aktivierung zweier basaler Motivationssysteme, die Annäherung und Vermeidung steuern. Behaviorale und physiologische Parameter verweisen bei Darbietung unterschiedlich erregender emotionaler Bilder auf eine selektive Verarbeitung evolutionär bedeutsamer Reize.

Die kortikale Signatur zeigt konsistente Modulationen in Abhängigkeit der *motivationalen Bedeutsamkeit* visueller Reize in einer frühen Negativierung über posterioren Bereichen und späten positiven Potentialen über zentroparietalen Bereichen. Diese Modulationen der ERP-Amplituden werden in Analogie zu vergleichbaren Effekten expliziter Aufmerksamkeitslenkung als impliziter „Attention Capture“ der inhärent bedeutsamen Reize verstanden. Es wird differenziert zwischen Prozessen auf der frühen Stufe (EPN), die mit einer raschen Kategorisierung

in „wichtig“ und „nicht wichtig“ assoziiert werden und weitgehend unabhängig von der Neuheit der Reize und konkurrierender Aufgaben beobachtet werden können. Davon unterschieden werden Prozesse, die sich in dem späteren Zeitfenster abzeichnen (LPP) und mit konzeptueller und elaborierter Verarbeitung in Verbindung gebracht und in stärkerem Maße als ressourcenabhängig beschrieben werden.

Diese Befunde liefern zahlreiche Evidenzen für eine Modulation der kortikalen Aktivität in Abhängigkeit der *motivationalen Bedeutsamkeit* der Bilder (Vergleich erregender emotionaler mit neutralen Stimuli). Die *motivationale Bedeutsamkeit* von Essensbildern wird analog zu deren Anreizwert verstanden und variiert abhängig vom aktuellen Bedürfniszustand des Organismus. Die eingangs formulierte Frage nach einer impliziten Aufmerksamkeitslenkung zugunsten der Essensreize im hungrigen Zustand lässt sich demgemäß innerhalb des beschriebenen theoretischen Rahmenkonzeptes untersuchen. Das Modell und die bisherigen ERP-Befunde erlauben Vorhersagen zu einem Einfluss des motivationalen Zustandes auf perzeptueller Ebene bei Betrachtung von Essensbildern, deren *motivationale Bedeutsamkeit* zustandsabhängig variiert.

Mithilfe einer Reihe unterschiedlicher Versuchsanordnungen und Stimulusarten wurden bisher Befunde zum generellen Einfluss der Bedeutsamkeit von Nahrungsreizen erbracht, von denen der folgende Abschnitt eine relevante Auswahl sortiert nach der hauptsächlich erfassten Betrachtungsebene vorstellt. Insgesamt ist die Befundlage zu Deprivationseffekten sehr uneinheitlich und die oben geäußerte Annahme des Einflusses vom motivationalen Zustand auf die Verarbeitung von Nahrungsreizen lässt sich nicht konsistent über die verschiedenen Paradigmata nachverfolgen. Das verstärkt zum einen die Notwendigkeit der Einbettung einer solchen Untersuchung in ein fundiertes theoretisches Rahmenkonzept. Zum anderen verweisen die heterogenen Befunde darauf, dass die Erfassung kortikaler Parameter eine wesentliche Erweiterung bei der Untersuchung der

Frage nach dem Einfluss des motivationalen Zustandes auf die Verarbeitung von Essensreizen darstellt.

2.3 Einfluss von Nahrungsdeprivation auf Verhalten und Wahrnehmung

Nahrungsreize haben als positive Anreize (siehe Abschnitt 2.1.1) appetitiven Charakter, lösen also generell Annäherungsverhalten aus. In frühen tierexperimentellen Studien zeigte sich, dass darüber hinaus Tiere nach Nahrungsdeprivation verstärkt für Essen arbeiten (Herrnstein & Loveland, 1974) und erhöhten Speichelfluss zeigen (Staats & Hammond, 1972). Diese Befunde bestätigen, dass der Anreizwert (bzw. die *motivationale Bedeutsamkeit*) von Essensreizen durch Nahrungsentzug steigt (wie in Abbildung 1B skizziert). Beim Menschen zeigt der Zuwachs positiver Einschätzungen von Essensreizen bei der Befragung deprivierter Probanden ebenfalls, dass die Wertigkeit dieser Stimuli von Hunger und Sattheit mitbestimmt wird (Lavy, E. H. & van den Hout, M. A., 1993; Drobes et al., 2001). Außerdem werden Nahrungsreize im hungrigen Zustand im Vergleich zu anderen Verstärkern als attraktiver eingestuft (Bulik & Brinded, 1994; Bulik, Brinded & Lawson, 1995; Lappalainen & Epstein, 1990). Auch implizite Maße für die Bewertung und für automatische Hinwendungsbewegungen zeigen den positiven Anreizcharakter von Essensreizen im hungrigen Zustand an, wie Seibt und Kollegen mithilfe verschiedener Versuchsanordnungen (wie dem IAT – „Impliziten Assoziations-Test“ und Joystick-Bewegungen) nachweisen konnten (Seibt, Häfner & Deutsch, eingereicht).

Raynor und Epstein (2003) verglichen in ihrer Untersuchung den Einfluss von Deprivation auf die Anzahl erarbeiteter Punkte in einem Computerspiel und anschließend aufgenommener Nahrungsmenge. Die Versuchsteilnehmer „arbeiteten“ generell mehr für Essen als für alternative Aktivitäten. Nahrungsdeprivierte steigerten darüber hinaus das Punktesammeln für Essenseinheiten noch einmal. Die Autoren nehmen eine Beteiligung dopaminerger Systeme bei Änderungen im

Verstärkerwert von Essen an, so wie es in Abschnitt 2.1.1 umrissen wurde (siehe auch: Carr, Kim & Cabeza de Vaca, 2001). Weiterhin vertreten die Autoren die Ansicht, der erhöhte Anreizwert der Essensreize im hungrigen Zustand stehe möglicherweise in direktem Zusammenhang mit verstärkter Aufmerksamkeit zum reduzierten Objekt (Raynor & Epstein, 2003). Denkbar ist, dass erhöhte Aufmerksamkeit für nahrungsbezogene Aspekte infolge des Nahrungsentzuges die relevanten Reizklassen salienter werden lässt. Entsprechend wird ein Verarbeitungsvorteil zustandsrelevanter Stimuli angenommen, der sich auf verschiedenen Reaktionsebenen niederschlagen sollte. Der folgende Abschnitt stellt Arbeiten vor, die der Frage nach systematischen Änderungen in der Verarbeitung von Essensreizen in Abhängigkeit von der *motivationalen Bedeutsamkeit* der Stimuli nachgegangen sind.

2.3.1 Behaviorale Parameter

Zur Untersuchung möglicher Aufmerksamkeitsverschiebungen bei Darbietung von nahrungsbezogenen Reizen verwendeten verschiedene Arbeitsgruppen das *modifizierte Stroop-Paradigma* (Perpina, Hemsley, Treasure & de Silva, 1993; Overduin, J., Jansen & Louwerse, 1995; Green, Elliman & Rogers, 1997; Brody, Keller, Degen, Cox & Schächinger, 2004). In dieser Anordnung soll die Farbe von Wörtern unterschiedlicher Valenz benannt werden. Differenzen in den Reaktionslatenzen bei der Farbnennung zwischen stärker bedeutungshaltigen und neutralen Wörtern werden als Interferenz von Farbe und Wortgehalt verstanden. Diese Interferenzen werden im Sinne einer automatischen Allokation von Aufmerksamkeitsressourcen zum Wortgehalt interpretiert. Channon & Hayward (1990) fanden Stroop-Interferenzen bei Darbietung nahrungsbezogener Wörter nach 24-stündiger Deprivation. Allerdings ist anzumerken, dass die Darbietung der Reize geblockt über Karten erfolgte und die Vergleichskategorie der nicht-nahrungsbezogenen Wörter inhaltlich sehr viel heterogener war. Beides hat möglicherweise einen Einfluss auf die Reaktionszeiten (Lavy, E. & van den Hout, M.,

1993). Ein zusätzlicher Wiedererkennenstest ergab keine Gedächtnisvorteile für Nahrungswörter in der hungrigen Versuchsgruppe. Eine Nachfolgestudie erbrachte mittels computergestütztem Stroop-Test ebenfalls Interferenzen für Essenswörter bei hungrigen Probanden (Lavy, E. & van den Hout, M., 1993). Die Autoren wählten zwei inhaltlich vergleichbar abgegrenzte Vergleichskategorien, wobei interessanterweise die relevante Interaktion von Wortart und Zustand *nur* im Vergleich der Essens- zu Urlaubswörtern aber nicht im Vergleich zu Handwerkerwörtern signifikant war (diese zeigten einen vergleichbaren Anstieg der Reaktionszeiten im hungrigen Zustand). Bemerkenswert an den Befunden dieser Studie ist, dass für Essenswörter generell höhere Interferenzen beobachtet wurden, was für eine höhere Bedeutsamkeit dieser Inhaltskategorie spricht. Weiterhin waren die Deprivationseffekte vergleichsweise gering, was die Autoren auf eine Kombination der randomisierten Reizdarbietung und der relativ kurzen Deprivationsdauer von 24 Stunden zurückführen. Auch in dieser Studie wurden keine Gedächtnisvorteile für die Essenswörter in Abhängigkeit des Zustandes gefunden. Bei Personen mit problematischem Essverhalten wurden Stroop-Interferenzen in klinischen Essstörungsgruppen (Ben-Tovim, Walker, Fok & Yap, 1989; Cooper, Anastasiades & Fairburn, 1992), subklinischen Essstörungsgruppen (Formea & Burns, 1996) und bei Restriktiven Essern[3] (Francis, J. A., Stewart & Hounsell, 1997; Green & Rogers, 1993) gefunden. Die genannten Arbeiten werden zwar häufig zitiert, allerdings sind die Befunde zur automatischen Aufmerksamkeitsverschiebung im Stroop-Paradigma keineswegs einheitlich. So fanden Stewart und Samoluk (1997) einen Latenzunterschied zwischen als „Hoch", „Mittel" und „Niedrig" eingestuften Restriktiven Essern, aber keinen Einfluss der Deprivation (wobei der Nahrungsentzug in dieser Untersuchung nur 6 Stunden betrug). In ihrer Metaanalyse verweisen Dobson und Dozois (2004) darauf, dass zahlreiche Studien bei dem Vergleich subklinischer und klinischer Essstörungsgruppen mit gesunden

[3] Restriktive Esser werden v.a. durch ein hohes Maß an kognitiver Kontrolle ihres Essverhaltens charakterisiert, das mit verschiedenartigen Einschränkungen einhergeht (siehe: Herman & Polivy, 1980; Pudel & Westenhoefer, 1991).

Kontrollpersonen eine Interferenz für nahrungs- und gewichtsbezogene Wörter fanden[4]. Die Autoren betonen aber, dass die Befundlage bezogen auf den Einfluss des motivationalen Zustandes (verändert durch mehrstündige Nahrungsdeprivation) - im Vergleich zu den Gruppenvergleichen normaler und gestörter Esser - sehr heterogen sei. Eine veränderte Verarbeitung von Essensreizen im hungrigen Zustand kann also nicht uneingeschränkt bestätigt werden.

Interessant sind in diesem Zusammenhang die Befunde von Brody und Kollegen (2004), die einen Ernährungsmangelzustand künstlich über die Gabe von Insulin erzeugten. Im Within-Vergleich zeigten die Probanden im hypoglykemischen Zustand sowohl für Essens- wie Kontrollwörter höhere Reaktionszeiten als im Normalzustand bei der Farbbenennung im Stroop-Paradigma, diese Latenzverschiebungen waren aber für die Essenswörter noch stärker ausgeprägt[5].

Es wurden wiederholt Einschränkungen der oben beschriebenen Interpretation von Latenzunterschieden im Stroop-Paradigma als Folge einer Aufmerksamkeitsverschiebung genannt. So könnten Interferenzeffekte in dieser Anordnung auch auf Reaktionsinhibition oder Wettbewerb zwischen den unterschiedlichen Reaktionstendenzen zurückzuführen sein (siehe: Mogg, Bradley, Hyare & Lee, 1998; Faunce, 2002). In der Folge wurden Aufmerksamkeitsprozesse bei nahrungsbezogenen visuellen Reizen deshalb mehrfach mithilfe des *Dot-Probe-Paradigmas* untersucht (Rieger, Schotte, Touyz, Beumont, Griffiths et al., 1998; Mogg et al., 1998; Placanica, Faunce & Soames Job, 2002). In dieser Versuchsanordnung zur räumlichen Aufmerksamkeit werden zwei Wörter gleichzeitig an unterschiedlichen Positionen eines Bildschirmes präsentiert. Die Aufgabe der Probanden besteht darin, im anschließenden Durchgang möglichst schnell das Erscheinen eines Punktes an einer der beiden Positionen per Knopfdruck anzugeben. Kürzere Reaktionszeiten werden als Folge einer automatischen Auf-

[4] allerdings nicht in jeder Stichprobe – siehe: Black, Wilson, Labouvie & Heffernan, 1997

[5] Hierbei ist einschränkend anzumerken, dass lediglich die Interaktion von Wortart und Zustand und keine Folgevergleiche berichtet werden.

merksamkeitslenkung hin zu dem jeweils positionsgleichen vorangegangenen Wort interpretiert (MacLeod, Mathews & Tata, 1986). Das Dot-Probe-Paradigma wird als direkterer Test von Aufmerksamkeitsverschiebungen verstanden (Faunce, 2002), der darüber hinaus den Vorteil bietet, zwischen verstärkter Zu- oder Abwendung (Placanica et al., 2002; Johansson, L., Ghaderi & Andersson, 2004) differenzieren zu können.

Mogg und Kollegen (1998) teilten die Probanden nach 16- bis 22-stündiger Nahrungsdeprivation anhand der subjektiven Angaben über einen Mediansplit in mehr und weniger hungrige Probanden. Die Hungrigeren reagierten schneller nach der Präsentation von Essenswörtern im Vergleich zu Kontrollwörtern – interessanterweise aber nur bei überschwelliger Präsentationsdauer der Stimuli. Bezogen auf klinische Probandengruppen wurden unter Verwendung dieses Paradigmas Aufmerksamkeitsverschiebungen bei Essgestörten bei Darbietung von körper- und gewichtsbezogenen Wörtern gefunden (Rieger et al., 1998), sowie bei Essenswörtern (Placanica et al., 2002). In der Untersuchung von Placanica und Kollegen (2002) zeigten sowohl Essgestörte wie Kontrollpersonen Aufmerksamkeitsverschiebungen zugunsten von Essenswörtern nach kurzzeitiger Deprivation, allerdings nur für Wörter, die Hochkalorisches bezeichneten.

In einer weiteren Untersuchung zum Einfluss von Nahrungsdeprivation auf die räumliche Aufmerksamkeit zeigten Leland und Pineda (2006) mit Hilfe des *modifizierten Posner-Cuing-Paradigmas*[6] einen generellen Effekt für Essenswörter im Vergleich zu neutralen Wörtern. In den Verhaltensleistungen zeigten die Reaktionszeiten einen deutlicheren Validitätseffekt für Nahrungsreize, der hauptsächlich auf die längeren Reaktionszeiten in invaliden Durchgängen auf den Zielreiz bei Darbietung von Nahrungsreize zurückzuführen war (höhere ´Kosten´). Die Erleichterung (höherer ´Nutzen´) bei validen Hinweisreizen war ebenfalls etwas

[6] Hierbei wird ein Wort und eine Zeichenfolge in oberer und unterer Bildschirmhälfte dargeboten, wobei das Wort in 75% der Durchgänge als valider Hinweis auf den Zielreiz – hier ein farbiger Kasten um das Wort – dient. Die Probanden müssen per Klick auf das Erscheinen des Targets reagieren.

höher für Essenswörter, wobei die Autoren diesen geringen Vorteil mit einem Deckeneffekt erklären. Es gab allerdings in dieser Anordnung keine Modulation in Abhängigkeit von Hunger und Sattheit. Dieses Befundmuster verweist zwar auf einen Verarbeitungsvorteil von Essensreizen gegenüber anderen Reizklassen, zeigt aber, dass ein weiterer Zugewinn durch den Nahrungsentzug für räumliche Aufmerksamkeitsparadigmen nicht konsistent nachweisbar ist.

Eine kürzlich erstellte Untersuchung, die der Frage nach einer motivationalen Modulation früher Aufmerksamkeitseffekte unter Verwendung des *Attentional-Blink-Paradigmas*[7] nachgegangen ist, fand ebenfalls keine Verarbeitungsvorteile von Essenswörtern (hier: Verben wie „kauen", „verspeisen" etc.) gegenüber Handwerkerverben (wie „hämmern", „schrauben" etc.) nach 24-stündiger Deprivation (Petrovsky, 2006). Dabei könnte zum einen die Verwendung von Verben statt Nomen (mit direktem Bezug zu Nahrungsmitteln wie „Apfel" oder „Kuchen") ein Grund dafür sein, dass keine Differenzen zwischen sattem und hungrigem Zustand beobachtbar waren. Zum anderen könnte die gewählte Vergleichskategorie von Handwerkerverben eventuell aufgrund des vergleichbar konkreten Handlungsbezuges den Nachweis spezifischer Unterschiede erschweren – ebenso wie es für die Befunde der Studie von Lavy und van den Hout (1993) zutreffen könnte (siehe oben).

2.3.2 Wahrnehmungsschwellen und Erkennensleistung

Aus den 1950er Jahren gibt es eine vielfach zitierte Studie zu Wahrnehmungsschwellen von Wispé und Drambarean (1953), die mittels tachistoskopischer Darbietung von Wörtern demonstrierten, dass zustandsrelevante Reize unter Deprivation schneller erkannt werden als neutrale Vergleichsreize. Diese Befunde konnten später zwar durch die Arbeit von Schultz-Gambard (1988) bestä-

[7] Hierbei wird im RSVP-Design eine rasche Abfolge vieler Reize gezeigt, von denen zwei gekennzeichnet werden, die in einer anschließenden Abfrage wiedergegeben werden sollen. Dabei bestimmt zum einen der zeitliche Abstand zwischen den Zielreizen innerhalb der Serie (Shapiro, 1997) aber auch der Bedeutungsgehalt der Einzelreize die Leistung (Anderson & Phelps, 2001; Keil & Ihssen, 2004).

tigt werden, die ebenfalls nahrungsbezogene Wörter verwendete und nach 24-stündiger Nahrungsdeprivation für die *Erkennensleistung* einen spezifischen Verarbeitungsvorteil für essensbezogenes Stimulusmaterial im hungrigen Zustand zeigte. In weiteren Studien zur Erkennensleistung wurden zwar Vorteile für Essenswörter gegenüber Vergleichswörtern (Tiere und negative Inhalte) bezogen auf die Erkennensleistung gefunden (Ferguson, 1983), sowie eine generelle Verbesserung nach Deprivation (Erwin & Ferguson, 1979), aber keine Interaktion von Kategorie und Zustand: „no[] selective food-sensitization process for the hungry subjects was in evidence" (Ferguson, 1983; Seite 264). Eine neuere Untersuchung konnte weder einen Verarbeitungsvorteil für Essensreize noch einen generellen Einfluss von Nahrungsdeprivation auf die Erkennungsleistung nachweisen (Plihal, Haenschel, Hachl, Born & Pietrowsky, 2001).

Schultz-Gambard (1988) berichtet neben den Worterkennungsleistungen weiterhin, dass in der hungrigen Experimentalgruppe die Wahrnehmungsschwellen für Geschmacksreize niedriger waren als in der satten Kontrollgruppe (statistisch signifikant nach etwa 16 Stunden Nahrungsentzug). Eine aktuelle Untersuchung von Zverev (2004) zeigte ebenfalls eine signifikante Absenkung von Erkennungsschwellen unter Nahrungsdeprivation, interessanterweise jedoch nur für süße und salzige Geschmackslösungen, nicht hingegen für bittere, welche als Anzeiger potentiell toxischer Substanzen besondere Relevanz besitzen.

In einer kürzlich erschienenen Arbeit von Pasquet und Kollegen (2006) konnten die letztgenannten Befunde von Zverev (2004) jedoch nicht bestätigt werden. Die Autoren fanden in ihrer Untersuchung keine Modulation von Geschmacksschwellen in Abhängigkeit von Hunger und können so die Hypothese gesteigerter Sensitivität für nahrungsbezogene Reize im deprivierten Zustand nicht stützen. Sie beziehen sich dabei unter anderen ebenfalls auf eine frühe Arbeit (aus den 1950er Jahren), die weder stärkere Präferenzen für Süßes, noch eine signifikante Senkung der Geschmacksschwellen unter Nahrungsdeprivation fand (Pangborn, 1959).

2.3.3 Peripherphysiologische Maße

Neben den genannten Verhaltensmaßen, bei denen Reaktionszeiten und Erkennungsleistungen im Hinblick auf Deprivationseffekte untersucht werden, bieten physiologische Parameter weiterführende Möglichkeiten, Aufmerksamkeitslenkung im hungrigen Zustand auf perzeptueller Ebene zu evaluieren. So diente unter anderem die Erfassung der Schreckreaktion über die Lidschlussamplitude im *Präpuls-Inhibitions-Paradigma* (PPI) der Untersuchung der Frage, ob visuelle Nahrungsreize im hungrigen Zustand anders verarbeitet werden als im satten Zustand (Lüthy, Blumenthal, Langewitz, Kiss, Keller et al., 2003). Bei dieser Versuchsanordnung wird kurz vor der Applikation des akustischen Schreckreizes ein zusätzlicher Reiz moderater Intensität (Präpuls) dargeboten. Eine Reaktionsverminderung (Inhibition) wird als Indikator für den Schutz der Verarbeitung des ersten Reizes vor Interferenzen mit dem nachfolgenden Schreckreiz angesehen. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Präpulsinhibition unter anderem von der Bedeutsamkeit des Präpulsreizes moduliert wird (Filion, Dawson & Schell, 1998). Lüthy und Kollegen (2003) nutzten Essensbilder und emotionale Bilder (aus dem IAPS) als Präpulse und verglichen die Schreckreaktionen nach 0- und 24-stündiger Nahrungsdeprivation im Abstand einer Woche. Die Erregungseinstufungen zeigten einen deutlichen Anstieg für die Essensbilder im hungrigen Zustand. Die Präpulsinhibition zeigte einen generellen Kategorieneffekt, das heißt, Essensbilder lösten auch im satten Zustand eine stärkere Inhibition aus als neutrale Vergleichsbilder (ebenso wie die erregenderen emotionalen Bilder). Interessanterweise zeigte sich aber auch in dieser Versuchsanordnung keine Modulation durch Nahrungsdeprivation, die Inhibition zeigte also keine signifikante Änderung im hungrigen Zustand.

Drobes und Kollegen (2001) verwendeten das *passive Bildbetrachtungsparadigma* und erhoben peripherphysiologische Reaktionsmaße, subjektive Einschätzungen und Betrachtungszeiten von Essensbildern und emotionalen Bildern (aus dem IAPS) nach 0-, 6- und 24-stündiger Nahrungsdeprivation (Zwischengrup-

penvergleich). Sie konnten zum einen zeigen, dass bei Auslösung der Lidschlussreaktion[8] durch Applizierung eines akustischen Schreckreizes bei Darbietung appetitiver Nahrungsbilder die Reaktionsamplitude im satten Zustand niedriger ausfällt als bei neutraler Vordergrundstimulation. Dieses Ergebnismuster bestätigt die Hypothese, dass Essensbilder generell positive Valenz besitzen (siehe Abschnitt 2.1.1. zum positiven Anreizwert von Nahrungsreizen). Zum anderen zeigten die Befunde, dass die Lidschlussamplitude unter Nahrungsdeprivation spezifisch verändert war.

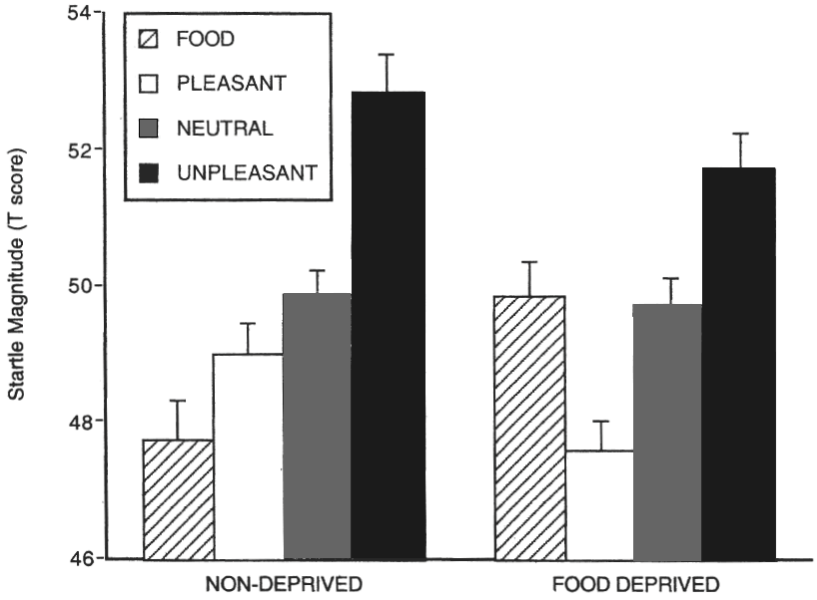


Abbildung 7: Mittlere Schreckreflexamplituden bei Darbietung von Essensbildern sowie emotionalen Bildern (IAPS) in sattem und hungrigem Zustand (aus Drobes et al., 2001).

Wie Abbildung 7 illustriert, war die Schreckreflexamplitude bei den hungrigen Probanden gegenüber den satten bei Betrachtung von Essensbildern potenziert, was auf einen aversiven Motivationszustand hinweist. Interessanterweise verweisen gleichzeitig die subjektiven Einschätzungen darauf, dass die Essensbilder im hungrigen Zustand tendenziell positiver und deutlich erregender bewertet werden. Die mimischen Reaktionsmuster zeigten ebenfalls an, dass die Essensbil-

[8] Die Lidschlussreaktion als protektiver Reflex wird als Hinweis auf die Richtung und Intensität aktivierter motivationaler Subsysteme verstanden.

der unter Nahrungsentzug an positiver Valenz gewinnen. Die Verlängerung der Betrachtungszeiten von Essensbildern bei den hungrigen Probanden verweist auf einen höheren Erregungsgehalt der zustandsrelevanten Stimuli. Die Autoren interpretieren dieses Reaktionsmuster als einen Zustand motivationaler Ambivalenz. Die Essensbilder seien zwar appetitive Reize, lösten allerdings unter Nahrungsdeprivation durch die Belohnungsverhinderung einen Frustrationszustand aus, der entsprechend Niederschlag in dem verstärkten Defensivreflex fände:

„it is proposed that appetitive food cues presented to organisms in a high drive state – when actual consumption is not possible – promote a state of frustrative nonreward" (Drobes et al., 2001 Seite 155).

Bezogen auf die Kontrollbilder (angenehme, neutrale und unangenehme IAPS-Bilder) zeigte die Untersuchung von Drobes und Kollegen, dass die Reaktionen auf emotionale und neutrale Bilder erwartungsgemäß in Abhängigkeit von Valenz und Erregungsgehalt variierten aber keine systematischen Modulationen dieser Reizklassen unter Nahrungsdeprivation zu beobachten waren.

Die oben beschriebenen Befunde konnten durch die Arbeit von Mauler und Kollegen (Mauler, Hamm, Weike & Tuschen-Caffier, im Druck) bestätigt werden. Diese Studie untersuchte die Reaktionsmuster auf Nahrungsreize bei bulimischen Patientinnen und gesunden Kontrollpersonen unter dem Einfluss von Nahrungsdeprivation. Dazu wurden neben subjektiven Angaben (Interesse und Verzehrswunsch sowie Valenz und Erregung zu den gezeigten Bildern) physiologische Reaktionen (Lidschlussamplitude, Hautleitfähigkeit, Herzrate) und Verhaltensmaße (Bildbetrachtungszeit, Nahrungsaufnahme) erhoben. Dabei startete eine Hälfte der Probanden die Messungen im hungrigen und die andere im satten Zustand. Als zusätzliche Kontrollbedingung diente die Darbietung emotionaler und neutraler Bilder (ebenfalls aus dem IAPS). Die Deprivationsdauer betrug 24

Stunden und die Einhaltung der Bedingungen wurde über Messung des Beta-Hydroxy-Buttersäurespiegels[9] aus einer Blutprobe überprüft.

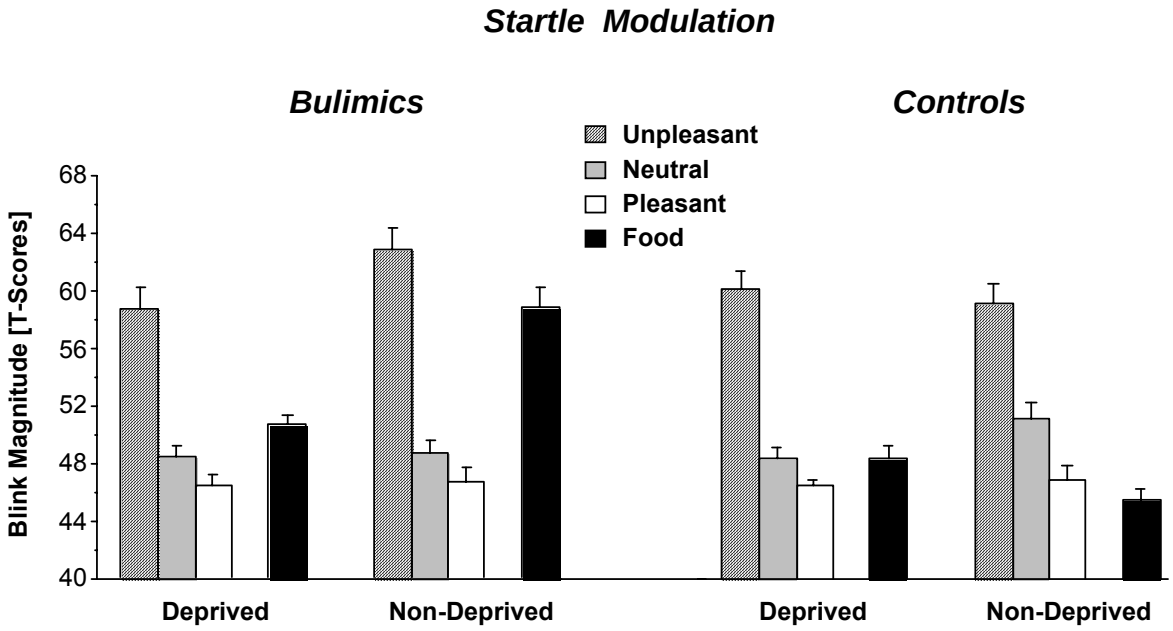


Abbildung 8: Mittlere Schreckreflexmagnituden für Schreckreize während der Darbietung unangenehmer, neutraler und angenehmer Bilder, sowie von Essensbildern für Nahrungsdeprivierte und Nichtdeprivierte Bulimikerinnen (links) und Kontrollpersonen (rechts) (aus: Mauler et al., im Druck).

Wie Abbildung 8 (rechte Hälfte) illustriert, zeigten die Kontrollpersonen ebenfalls die beschriebene Schreckreflexpotenzierung bei Darbietung von Essensbildern im hungrigen Zustand. Die Reaktionen auf die emotionalen Bilder änderten sich nicht in Abhängigkeit des Deprivationszustandes. Die Bulimikerinnen (Abbildung 8, linke Hälfte) zeigten im Vergleich zu den Kontrollpersonen eine deutliche Potenzierung ihrer Schreckreaktion während der Darbietung von Essensbildern, die bei Nahrungsdeprivation jedoch verringert war. Interessanterweise wurde diese verringerte Schreckreflexpotenzierung nach erfolgter Nahrungsaufnahme[10] wiederum verstärkt. Diese Befunde deuten daraufhin, dass Nahrungs-

[9] Der Spiegel der Beta-Hydroxy-Buttersäure (ein Fettsäuren-Metabolit) ist im Blut zu messen und steigt nach Nahrungsrestriktion um ein Vielfaches an. Er kann demnach als biologischer Marker für die Einhaltung der Deprivationsbedingung genutzt werden.

[10] Die Probandinnen erhielten im Verlauf der Untersuchung die Möglichkeit, von einem Frühstücksbuffet zu essen.

reize bei Personen mit Essstörungen einen aversiven Zustand[11] erzeugen, der durch Deprivation moduliert wird.

Diese Studien belegen, dass die Bedeutsamkeit externaler Essensreize sowohl in Abhängigkeit des Erfahrungshintergrundes (Essstörung vs. Kontrolle) als auch in Abhängigkeit des motivationalen Zustandes (Hunger vs. Sattheit) variiert und sich über subjektive Einschätzungen und physiologische Parameter erfassen lässt. Damit liefern diese Arbeiten einen weiteren Beleg für die Variabilität des Anreizwertes von Essensreizen und den Einfluss von Nahrungsdeprivation. Diese Arbeiten unterstreichen die Notwendigkeit, derartige Prozesse mittels physiologischer Reaktionsmaße zu untersuchen, da z.B. anhand der subjektiven Bewertungen von Essensreizen vornehmlich der (nach Deprivation erhöhte) Anreizwert dieser Bilder abgebildet wird.

Dabei ist anzumerken, dass nicht alle peripherphysiologischen Parameter spezifisch für Essensreize in Abhängigkeit von Hunger und Sattheit variierten. So scheint die Hautleitfähigkeit generell nach Nahrungsdeprivation abzunehmen (Overduin, J. & Jansen, 1996; Drobes et al., 2001; aber: Mauler et al., im Druck). Weiterhin fanden Overduin und Kollegen (1996) weder verstärkten Speichelfluss bei Darbietung von Essen im Vergleich zu Seifen, noch eine Zunahme nach 24-stündiger Deprivation.

2.3.4 Ereigniskorrelierte Potentiale

Die Studien, die bis dato mittels ERP-Methodologie den Einfluss von kurz- und mittelfristiger Nahrungsdeprivation auf die Reizverarbeitung untersuchten, zeigten divergierende Befunde. So beschreiben Geisler & Polich (1992) einen Anstieg der P3-Amplitude auf akustische Zielreize im Oddball-Paradigma nach einer Nahrungsaufnahme. Der Befund von generell verstärkten P3-Amplituden bei satten im Vergleich zu hungrigen Teilnehmern konnte allerdings in anderen Versuchsanordnungen nicht bestätigt werden (Pietrowsky, Specht, Fehm & Born,

[11] Essensreize wären demzufolge für Essgestörte *negative* Anreize und lösen Abwendung aus.

1994; Hoffman & Polich, 1998; Baldeweg, Ullsperger, Pietrowsky, Fehm & Born, 1993; Hachl, Hempel & Pietrowsky, 2003). Während Geisler & Polich (1992) den Einfluss der Nahrungsaufnahme auf neutrale akustische Reize untersuchten, verwendeten andere Arbeiten essensbezogene Wörter als visuelle Stimuli. Diese sollten entweder entsprechend des subjektiv empfundenen Zustandes zugeschrieben (Baldeweg et al., 1993) oder bei ansteigenden Darbietungszeiten erkannt werden (Plihal et al., 2001; Hachl et al., 2003).

Plihal und Kollegen (2003) verwendeten eine tachistoskopische Anordnung im Worterkennungsparadigma und zeigten den Teilnehmern (16 satte und 16 hungrige im Between-Design) Essenswörter sowie Vergleichswörter mit sexuellem und neutralem Gehalt mit aufsteigender Darbietungsdauer. Die ERPs der verschiedenen Wortklassen wurden dabei jeweils in den Durchgängen vor der korrekten Identifizierung des Wortinhaltes verglichen. Dabei zeigten sich erhöhte P2-Amplituden bei dem Vergleich der nahrungsdeprivierten (14 Stunden ND) mit der satten Kontrollgruppe. Allerdings war der Effekt für die Wörter mit sexuellem Inhalt noch stärker ausgeprägt als bei den Essenswörtern. Die späten Potentiale variierten zwar in Abhängigkeit der Erkennungsleistung aber nicht in Abhängigkeit des Hungers. Analog zu den in Abschnitt 2.3.1 beschriebenen Befunden gab es in dieser Untersuchung bei den Verhaltensleistungen keine Belege für eine erleichterte Verarbeitung der Essensreize im hungrigen Zustand.

In einer weiteren ERP-Studie dieser Arbeitsgruppe wurden wiederum Essens- und neutrale Vergleichswörter verwendet und restriktive und nicht-restriktive Esser verglichen. Jeweils die Hälfte der Gruppen bekam vor der Worterkennungsaufgabe einen Preload zur Sättigung nach 12-stündigem Fasten. Die ERPs differenzierten nicht zwischen den Wortkategorien. Bezogen auf die Kontrollgruppe der nicht-restriktiven Esser war allerdings die P2-Amplitude nach Sättigung generell stärker ausgeprägt (Hachl et al., 2003). Darüber hinaus gab es lediglich Gruppenunterschiede in den ERPs aber keine weiteren systematischen Effekte der Nahrungsdeprivation.

In der Arbeit von Leland und Pineda (2006), die das Posner-Cuing-Paradigma verwendeten um Effekte der räumlichen Aufmerksamkeit unter Nahrungsdeprivation zu testen (siehe Abschnitt 2.3.1), zeigten sich lediglich stabile Kategorienunterschiede zwischen den Essens- und neutralen Kontrollwörtern. Die Autoren beschreiben eine stärker ausgeprägte P3-artige Positivierung in einem späten Zeitfenster um 420 ms, wenn Essenswörter als Hinweisreize dienten. Diese Positivierung war jedoch nicht durch die 15-stündige Fastenbedingung moduliert.

Während die oben beschriebenen Untersuchungen Essenswörter benutzten um Effekte in Abhängigkeit des motivationalen Zustandes zu untersuchen, verwendeten Carretié und Kollegen *Essensbilder*, die entweder zwei Kuchen oder zwei Wasserhähne darstellten, von denen einer als gedrehtes Farbnegativ erschien (Carretié, Mercado & Tapia, 2000). Die Aufgabe der Probanden bestand darin, anzugeben ob die beiden Objekte identisch waren. Im Anschluss an das Experiment gaben die Probanden ihren subjektiv empfunden Appetit über ein graphisches Verfahren an. Aufgrund dieser Angaben wurden aus der Hälfte der Teilnehmer extreme Vergleichsgruppen gebildet. Deren ERPs zeigten in Korrelationsberechnungen einen positiven Zusammenhang zwischen den Appetitangaben und Negativierungen über posterioren Bereichen in einem Zeitfenster von 575-625 ms für die Essensbilder[12].

2.3.5 Weitere bildgebende Verfahren

Unter Verwendung einer *Wiedererkennensaufgabe* mit Bildern konnten Morris und Dolan (2001) einen Verarbeitungsvorteil für die zustandsrelevante Reizklasse zeigen. Die Salienz von Essensbildern wurde über eine 16-stündige Nahrungsdeprivation und systematische Sättigungsperioden variiert. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, jeweils 10 Essensbilder und 10 Bilder von neutralen Objekten, die nicht mit Essen assoziiert waren, zu memorieren (siehe Abbildung 9A).

[12] Die Referenzelektrode wurde in dieser Studie an der Nasenspitze platziert, was zum einen die direkte Vergleichbarkeit der Befunde mit denen anderer Anordnungen erschwert und zum anderen auf der nicht haltbaren Idee eines „inaktiven“ Referenzortes basiert.

Anschließend wurden Blutflussänderungen mittels Positronen-Emissions-Tomographie („PET“) während der Darbietung der alten und einer gleichen Anzahl neuer Bilder beider Kategorien gemessen. Die Aufgabenleistung wurde über den prozentualen Anteil an korrekt als „alt“ oder „neu“ identifizierten Bilder quantifiziert. Alle 10 Probanden zeigten einen Wiedererkennensvorteil für Essensbilder, solange sie hungrig waren (Abbildung 9B). Der Verarbeitungsvorteil war darüber hinaus systematisch in Abhängigkeit der Sättigungsperioden reduziert.

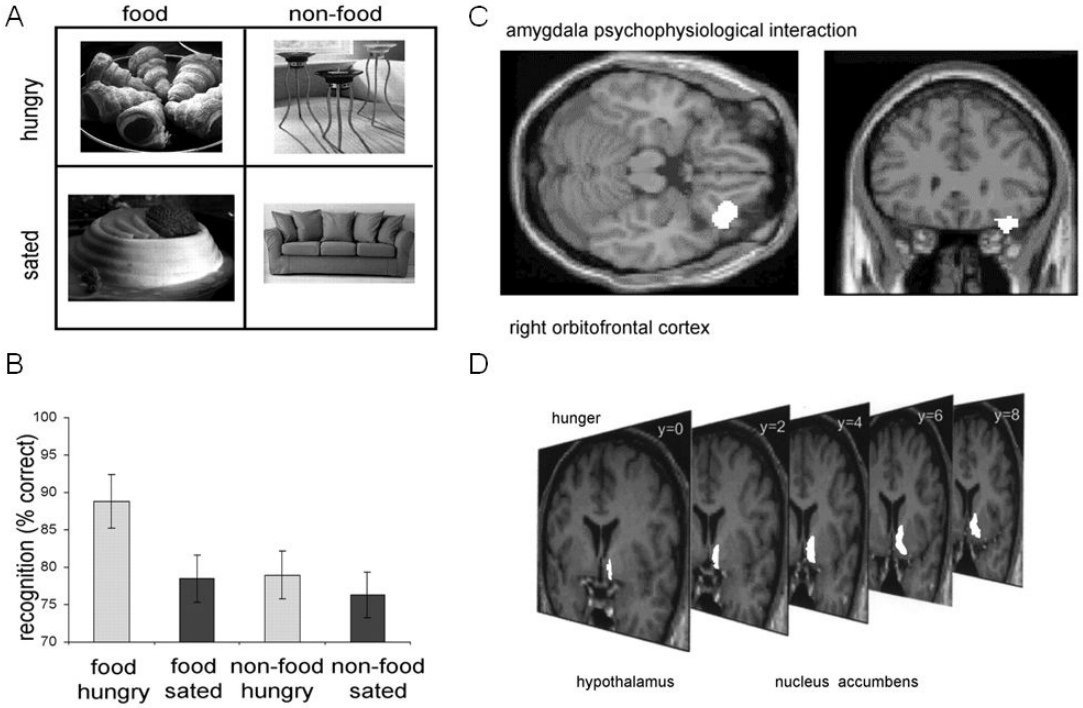


Abbildung 9: A Darstellung der Vergleichskategorien; B Wiedererkennensleistung aus Alt- vs. Neu-Vergleich; C Verknüpfung von Amygdala und OFC; D Mit Hunger assoziierte Strukturen.

Kovarianzanalysen der Performanz und Blutflussänderungen in spezifischen Hirnregionen zeigten an, dass Aktivitätsänderungen in der linken Amygdala mit dem Verarbeitungsvorteil für Essensbilder im Zusammenhang standen. Von dieser Struktur ausgehend zeigte eine Regressionsanalyse die funktionelle Verknüpfung von linker Amygdala und rechtem Orbitofrontalkortex an (Abbildung 9C). Damit stärken diese Befunde die Bedeutung eines Netzwerkes kortikaler (OFC) und subkortikaler (Amygdala) Strukturen bei der Verarbeitung von Essensreizen, wie es in Abschnitt 2.1.2 beschrieben wurde. Diese Untersuchung bestätigte wei-

terhin die Beteiligung verschiedener Strukturen bei dem generellen Vergleich von sattem und hungrigem Zustand (Abbildung 9D), wie beispielsweise des Hypothalamus und der Inselregion (Tataranni, Gautier, Chen, Uecker, Bandy et al., 1999; Liu, Gao, Liu & Fox, 2000; Cardinal et al., 2002; Del Parigi, Gautier, Chen, Salbe, Ravussin et al., 2002). Bemerkenswerterweise gab es in der Studie von Morris & Dolan (2001) keine Struktur, für die insgesamt (also unabhängig von der Verhaltensleistung) eine signifikante Abnahme oder Zunahme des Blutflusses bei dem Vergleich von Essensreizen in hungrigem und sattem Zustand zu verzeichnen war. Die Autoren verweisen dabei auf die große interindividuelle Variabilität in den Reaktionsmustern[13].

Eine Studie von LaBar und Kollegen (LaBar, Gitelman, Parrish, Kim, Nobre et al., 2001), untersuchte mittels funktioneller Kernspintomographie (fMRI) Aktivitätsänderungen bei Darbietung von Essens- und Werkzeugbildern in Abhängigkeit von Hunger und Sattheit. Diese Studie erbrachte weitere Belege für den Zusammenhang von Amygdalaaktivität und der Repräsentation des Anreizwertes von Nahrungsreizen (Holland & Gallagher, 1999) und der generellen Beteiligung der Amygdala bei der Verarbeitung relevanter Reize (Arana et al., 2003; Zald, 2003). Verstärkte BOLD-Reaktionen[14] auf Essensbilder in Abhängigkeit des Deprivationszustandes (mindestens 8 Stunden ND mit anschließender Sättigung) fanden sich vor allem in der linken Amygdala, sowie im Gyrus parahippocampalis und im Fusiformis. Allerdings ist hier anzumerken, dass die letztgenannten Differenzen zwar spezifische Änderungen für die zustandsrelevanten Reize anzeigten, aber jeweils (außer für den Fusiformis) nur von 2 der 9 Probanden gezeigt wurden. Entgegen der Erwartungen wurden keine Unterschiede im OFC gefunden, was die Autoren vor allem auf die Aufgabenstellung (die unabhängig vom Bildgehalt war) und die verwendete Messmethode (bei der die Sequenz für die Erfas-

[13] Allerdings weckt die Beschreibung der verwendeten Stichprobe Vorbehalte gegenüber der Befundlage (z.B. fehlen einige Angaben der einzigen weiblichen Versuchsteilnehmerin, die darüber hinaus um einiges älter ist als die restlichen 9 Teilnehmer).

[14] BOLD- „blood-oxygenation-level-dependent"-Signal

sung dieser frontalen Struktur nicht optimiert war) zurückführen. Unabhängig von Hunger und Sättigung ergab diese Untersuchung kategoriespezifische Aktivierungen für die Essensbilder in den Inselregionen und extrastriären Kortexarealen.

2.3.6 Zusammenfassung

Sowohl Abfragen subjektiver Einschätzungen als auch implizite Maße der Bewertungen sprechen dafür, dass Essensreize im hungrigen Zustand an positiver Valenz gewinnen. Dies zeigte sich unter anderem daran, dass Tiere und Menschen nach Deprivation verstärkt für Essen „arbeiten". Die Annahme einer priorisierten Verarbeitung von Essensreize im deprivierten Zustand konnte jedoch nicht durchweg bestätigt werden. In verschiedenen Anordnungen zur räumlichen Aufmerksamkeit wurden zustandsabhängige Effekte für Nahrungsreize gefunden. Derartige Unterschiede waren jedoch nicht konsistent über unterschiedliche Paradigmen und Versuchsgruppen zu beobachten. Bei der Untersuchung physiologischer Parameter zeigten sich sowohl Aufmerksamkeitseffekte für Essensreize unabhängig von Nahrungsdeprivation (PPI) als auch spezifische Modulationen (Lidschlussreflex). Die Studien, die Aktivitätsunterschiede von Hirnarealen über PET und fMRI bei Betrachtung von Essensbildern unter Deprivation untersuchten, bestätigten die Beteiligung von Strukturen wie Amygdala und OFC, die im Zusammenhang mit der Verarbeitung von Nahrungsreizen bedeutsam sind. Die bislang vorliegenden ERP-Befunde zur Verarbeitung von Essensreizen sind ausgesprochen heterogen. In einigen Anordnungen zeigte sich eine P2-Komponente, in anderen eine P3-artige Komponente sensitiv für Änderungen bei Nahrungsreizen in Abhängigkeit von Hunger und Sättigung. Dabei wiesen die Befunde nicht immer in dieselbe Richtung und die Unterschiedlichkeit von Reizmaterial, Aufgabenstellung und verwendeter Messmethodik erschwert eine einheitliche Befundbeschreibung.

Insgesamt gibt es demzufolge Evidenzen für einen Anstieg im Bedeutungsgehalt von Essensreizen nach Nahrungsdeprivation, aber bis dato konnten Aufmerksamkeitseffekte für diese zustandsrelevanten Stimuli nicht reliabel nachgewiesen werden. Da kortikale Parameter in besonderem Maße geeignet sind Aufmerksamkeitsprozesse in ihrer zeitlichen Dynamik zu erfassen, dienten sie in der vorliegenden Arbeit der Untersuchung des Einflusses von Deprivation auf die Verarbeitung von Essensbildern.

3 Studie 1

3.1 Ableitung der Fragestellung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, die kortikale Verarbeitung visueller Nahrungsreize in Abhängigkeit des motivationalen Zustandes zu untersuchen. Wie Abschnitt 2.1 darlegte, steigt der Anreizwert derartiger Reize unter Deprivation an. Es wird angenommen, dass ein solcher Zuwachs an *motivationaler Bedeutsamkeit* mit Änderungen in der Verarbeitung einhergeht. Von besonderer Relevanz ist dabei die Frage, ob sich auf frühen Stufen perzeptiver Prozesse zustandsabhängige Modulationen nachverfolgen lassen, die in Bezug zu Aufmerksamkeitseffekten gesetzt werden können. Eine verstärkte Aufmerksamkeitsallokation für Essensreize unter Hunger könnte der optimierten Suche nach Nahrungsquellen und einer angemessenen Handlungsvorbereitung im Kontext der Nahrungsaufnahme dienen. Im Rahmen der Theorie von Lang und Kollegen (1997) zur „motivierten Aufmerksamkeit“ wurden Korrelate einer impliziten Aufmerksamkeitslenkung in Abhängigkeit des Bedeutungsgehaltes visueller Reize beschrieben. So findet man in den ereigniskorrelierten Potentialen eine posteriore Negativierung in einem Zeitfenster von 200 bis 300 ms über okzipito-temporalen Bereichen bei dem Vergleich von emotionalen gegenüber neutralen Bildern (siehe Abschnitt 2.2.3; Schupp et al., im Druck). Diese Befunde beschreiben Unterschiede zwischen verschiedenen Bildkategorien, deren *motivationale Bedeutsamkeit* in Abhängigkeit der dargestellten Inhalte variiert. Die Relevanz von Essensreizen variiert in Abhängigkeit des motivationalen Zustandes und kann durch das Essverhalten manipuliert werden. Wenn relevante Reize vermehrt Aufmerksamkeit auf sich ziehen (wie es für die emotionalen Bilder postuliert wird), dann können vergleichbare Effekte für Essensbilder nach Nahrungsdeprivation angenommen werden.

Zur Untersuchung von impliziten Aufmerksamkeitseffekten ist die Erfassung von ereigniskorrelierten Potentialen in besonderem Maße geeignet, da sie

Informationen zur zeitlichen Dynamik der perzeptuellen Verarbeitung visueller Reize liefert. Während in vielen der in Abschnitt 2.3 beschriebenen Untersuchungen Essenswörter als visuelle Stimuli verwendet wurden, sollen in der vorliegenden Arbeit Essensbilder dargeboten werden (wie bei Drobes et al., 2001; Lüthy et al., 2003; Mauler et al., im Druck). Bei emotionalen Reizen sind Unterschiede in den Effekten in Abhängigkeit der Präsentationsart bekannt (siehe z.B.: Keil, im Druck) und möglicherweise sind einige der problematischen Befunde der bisherigen Studien zur Wirkung von Deprivation auf die Verarbeitung von Nahrungsreizen auf die Wahl der Stimulusart zurückzuführen. Bilder sind nachweislich in der Lage, ein hohes physiologisches Erregungsniveau bei dem Betrachter auszulösen (Lang, 1994). In der vorliegenden Studie sollen ausschließlich natürliche Darstellungen appetitlicher Gerichte verwendet werden, die eine unmittelbare Nahrungsaufnahme signalisieren und einen positiven Anreizwert haben. Dieses Vorgehen dient der Konstanthaltung des externalen Faktors und ermöglicht die Untersuchung der zusätzlichen Wirkung des internalen Faktors (siehe Abbildung 1). Parallel zum Vorgehen der Studien, die für peripherphysiologische Parameter spezifische Deprivationseffekte bei der Betrachtung von Essensbildern nachweisen konnten (Drobes et al., 2001; Mauler et al., im Druck), sollen in der vorliegenden Studie emotionale Bilder aus dem IAPS (siehe Abschnitt 2.2.3) als Kontrollbedingungen dargeboten werden (Lüthy et al., 2003). Eine solche Auswahl erweitert die Prüfung der Spezifität möglicher Deprivationseffekte (gegenüber der Wahl einer neutralen Vergleichskategorie), da generelle Wirkungen auf alle appetitiven Reizklassen möglich sind (wie bei Plihal et al., 2001) sowie Erregungseffekte, die sich auf alle bedeutungshaltigen Kategorien beziehen (also auch negative Reize).

Um mögliche Interferenzen mit Effekten expliziter Aufmerksamkeitssteuerung (siehe Abschnitt 2.2.2) ausklammern zu können, sollen die Bildreize ohne weitere Aufgabestellung im passiven Betrachtungsparadigma (siehe Abschnitt 2.2.3) dargeboten werden. Die Essen- und emotionalen Kontrollbilder sollen dabei in rascher Abfolge (*RSVP-Paradigma:* „rapid serial visual presentation“) gezeigt

werden – hier mit einer Einzeldurchgangsdauer von 333 ms und kontinuierlicher Darbietung (wie bei: Junghöfer et al., 2001; Schupp et al., 2003a; Schupp et al., 2006; Schupp, Stockburger, Codispoti, Junghöfer, Weike et al., eingereicht). Das RSVP-Paradigma wurde in der kognitiven Psychologie hauptsächlich von Potter (1999) zur Untersuchung von Gedächtnisprozessen beschrieben und von Junghöfer (2001) in den Bereich der affektiven Neurowissenschaften übertragen. Diese Anordnung stellt aufgrund der hohen Reizdarbietungsrate und der kontinuierlichen Folge von Einzelreizen besondere Anforderungen an das perzeptuelle System (Luck et al., 2000). Die Möglichkeit, in kurzer Zeit eine hohe Zahl an Bildern darbieten zu können, ermöglicht die Erfassung einer großen Anzahl an Einzeldurchgängen für das Mittelungsverfahren zur Extraktion der ERPs (siehe Abschnitt 2.2.1) und trägt dadurch zur Verbesserung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses bei.

In zahlreichen älteren Arbeiten zur Wirkung von Nahrungsdeprivation wurden Zwischengruppenvergleiche gewählt. Dabei kann die hohe interindividuelle Variabilität besonders bei physiologischen Parametern als zusätzlicher Faktor den Vergleich von satten und hungrigen Probanden verfälschen. Für die vorliegende Arbeit soll der Einfluss der Nahrungsdeprivation im Within-Design untersucht werden, wobei die Bedingungsreihung balanciert wird und ein Abstand von 7 Tagen zwischen den Vergleichsmessungen liegen soll (wie bei: Placanica et al., 2002; Lüthy et al., 2003). Die Deprivationsdauer soll 24 Stunden betragen, sowie es in einer Reihe anderer Untersuchungen bereits realisiert wurde (Channon & Hayward, 1990; Lavy, E. H. & van den Hout, M. A., 1993; Overduin, J. & Jansen, 1996; Lüthy et al., 2003; Drobes et al., 2001).

Entsprechend der oben aufgeführten Aspekte und der in Abschnitt 2.3 beschriebenen Untersuchungen werden für Studie 1 folgende Hypothesen abgeleitet:

(1) Aus den berichteten Befunden ergeben sich klare Vorhersagen zu *subjektiven Berichten* bezogen auf Hunger und Sattheit. Es wird erwartet, dass die Ver-

suchspersonen sich nach 24-stündiger Nahrungsdeprivation deutlich hungriger und mit größerem Appetit einstufen als im satten Zustand.

(2) Zu den *Einschätzungen der Essensbilder* anhand der Dimensionen von Valenz und Erregung wird Bezug nehmend auf die Befunde aus Abschnitt 2.1.1 und 2.2.3 vorhergesagt, dass Essensbilder im hungrigen Zustand entsprechend des erhöhten positiven Anreizcharakters als angenehmer und auch als erregender bewertet werden als im satten Zustand. Für die *Einschätzungen emotionaler Bilder* wird eine Modulation in Abhängigkeit des Bildgehaltes (siehe Abschnitt 2.2.3) erwartet, die unabhängig ist von der Nahrungsdeprivation. Es wird demnach vorhergesagt, dass sowohl im satten wie hungrigen Zustand angenehme sowie unangenehme Bilder deutlich positiver bzw. negativer und erregender eingeschätzt werden als Neutrale.

(3) Für die *ERPs der Essensbilder* wird eine zustandsabhängige Modulation erwartet in Analogie zu den Befunden einer *verstärkten frühen negativen Komponente* (EPN) zwischen 200 und 300 ms bei emotionalen gegenüber neutralen Bildern. Eine zentrale Annahme lautet demzufolge: B*ei der Betrachtung von Essensbildern zeigt der Vergleich von sattem und hungrigem Zustand eine verstärkte EPN nach Deprivation, die zu motivierten Aufmerksamkeitsprozessen in Bezug gesetzt werden kann.*

(4) Für die emotionalen Kategorien wird eine deutliche Modulation in Abhängigkeit des Bildgehaltes erwartet, also verstärkte EPN-Amplituden bei angenehmen wie unangenehmen gegenüber neutralen Bildern. Da die Relevanz dieser Bilder von der Variation des motivationalen Zustandes unberührt sein sollte und auf der Reaktionsebene die Parameter motorischer Reaktionen wie beispielsweise der Lidschlussreflex keine systematischen Deprivationseffekte bei Darbietung emotionaler Bilder anzeigten, wird angenommen, dass auf der perzeptiven Ebene ebenfalls keine Unterschiede in Abhängigkeit der Deprivation zu verzeichnen sind.

3.2 Methodisches Vorgehen

3.2.1 Stichprobe

In Studie 1 wurden 16 normalgewichtige Männer (Body-Maß-Index (BMI) von 19 bis 28; M = 23.1; SD = 2.2) im Alter von 19 bis 40 Jahren (M = 24.3; SD = 4.8) untersucht. Die Probanden wurden über Aushänge und Anzeigen im Internet im Umkreis der Universität Greifswald angeworben. Die Stichprobe setzte sich hauptsächlich aus Studenten und Mitarbeitern der Universität zusammen. Alle Teilnehmer waren Rechtshänder. Sie erhielten im Anschluss an die erfolgte zweite Messung eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 15 Euro.

Mithilfe einer Telefonbefragung wurden aus dem Kreis der Interessenten potentielle Teilnehmer vorausgewählt und zu einem weiterführenden Informationsgespräch eingeladen. Da diese Studie die Bildverarbeitung unter Nahrungsdeprivation untersucht, sollte gewährleistet werden, dass nur Gesunde ohne Besonderheiten im Essverhalten teilnehmen. Anhand eines standardisierten Interviews wurden im wesentlichen ernährungsbezogene und gesundheitliche Aspekte abgefragt (modifizierter Gesprächsleitfaden nach Mauler et al., im Druck; siehe Anhang B_1). Die wichtigsten Ausschlusskriterien waren Über- oder Untergewicht, aktuelles Durchführen einer Diät, besondere Kostformen wie zum Beispiel eine vegetarische Ernährung, sowie allgemeine Erkrankungen (v.a. Stoffwechselstörungen, Epilepsie).

Die Probanden füllten weiterhin im Verlauf der Untersuchung das „Inventar zum Essverhalten und Gewichtsproblemen“ (IEG; Diehl & Staufenbiehl, 1999) aus. Damit konnten zum einen die Angaben zu subklinischen Formen problematischen Essverhaltens wie starkes Einschränken der Nahrung oder wiederholte Essattacken über die standardisierte Form eines Fragebogens geprüft werden. Des Weiteren erlaubt der Fragebogen einen Überblick über die Stichprobe bezogen auf verschiedenste Bereiche des Essverhaltens. Von den Subskalen wurden drei (Essen und Gewicht als Problem, Zügelung des Essens, Belastung durch Übergewicht)

gesondert geprüft, um möglichst Personen mit überwiegend negativen Erfahrungen zum Essen oder der Motivation zur Teilnahme aufgrund der legitimierten 24-stündigen Deprivation von der Untersuchung ausschließen zu können. Ein Gesamtüberblick über die Angaben zum IEG findet sich in Anhang E.

3.2.2 Stimulusmaterial

Als visuelle Stimuli wurden in der vorliegenden Untersuchung Bilder appetitlich angerichteter Mahlzeiten und Nachtische verwendet, die größtenteils Kochbüchern entnommen waren. Aus den Subkategorien Fleischgerichte, Gemüsegerichte und Nachtische wurden insgesamt 32 Bilder ausgewählt.

Die Vergleichsbilder wurden dem International Affective Picture System entnommen, einer Bilderserie standardisierter Szenen unterschiedlichen emotionalen Gehaltes (IAPS: Lang et al., 2005; siehe Abschnitt 2.2.3). Daraus wurden angenehme, neutrale sowie unangenehme Bilder gewählt, die nicht mit Essen und Nahrungsaufnahme assoziiert waren. Innerhalb der Kategorien wurden die Inhalte gemischt um ein breites Spektrum an Erregungsniveaus abzudecken (siehe Anhang A_1).

Da im ersten Versuchsdurchgang zusätzlich peripherphysiologische Parameter erhoben wurden, die bei wiederholter Darbietung identischer Reize rasch habituieren, wurden zwei Bildersätze (A und B) erstellt, die jeweils pro Kategorie 16 Einzelbilder enthielten. Dabei wurden über Abgleich der Farbigkeit, sowie Art, Entfernung und Anzahl der Hauptobjekte jeweils ähnliche Bilder zur Parallelisierung der Bildersätze ausgewählt (siehe Abbildung 10). Die gesamte Bilderserie der Studie umfasste 2 Bildersätze x 4 Kategorien x 16 Einzelbilder, also insgesamt 128 Farbabbildungen.

Kategorie	Beispiele aus Bildsatz A	Beispiele aus Bildsatz B	Anzahl der Einzelbilder
ESSEN			**2 x 16**
Angenehm			**2 x 16**
Neutral			**2 x 16**
Unangen.			**2 x 16**

Abbildung 10: Beispielbilder der vier verwendeten Kategorien für die zwei parallelisierten Bildersätze.

Die Stimuli (im jpg-Format) wurden über einen 19-Zoll-Monitor dargeboten, der, mit einer Auflösung von 800 x 600 Pixeln und einer Bildwiederholfrequenz von 85 Hertz (Hz), über die kommerzielle Software Presentation (Version 0.76) auf einem handelsüblichen Computer (Maxdata PC mit AMD Athlon Prozessor und Matrox G450 Grafikkarte) angesteuert wurde.

Die Bildgröße betrug 640 x 480 Bildpunkte (Pixel), wobei bei einigen Bildern der IAPS-Serie ein schwarzer Rand die Fläche komplettierte. Die Bilder wurden in zentraler Position auf schwarzem Hintergrund präsentiert. Dabei maß die Entfernung zwischen Bild und Versuchsperson rund 1.5 Meter.

3.2.3 Durchführung

Die potentiellen Teilnehmer wurden nach Abschluss des Telefonscreenings zu einem Einführungsgespräch eingeladen, dass in der Regel einige Tage vor dem ersten Messtermin stattfand. Dieser zusätzliche Vorbereitungstermin sollte möglichen Reihenfolgeeffekten durch unterschiedliche Vertrautheit mit der Untersuchungssituation entgegenwirken. Die Probanden wurden bei einem Rundgang durch die Räumlichkeiten mit der Laborsituation und der Messmethodik vertraut

gemacht. Darüber hinaus wurde die Vorbereitung der zwei Untersuchungstage besprochen und auf die Notwendigkeit der Kooperation und Einhaltung der Anweisungen verwiesen. Die Probanden wurden in die Verwendung der Esstagebücher (siehe Anhang B_1) eingeführt und erhielten Anweisungen zu ihrem Essverhalten im Vorfeld der Messungen.

Sie wurden instruiert vor dem HUNGRIG-Termin 24 Stunden keine Nahrung zu sich nehmen. Lediglich ungesüßte Getränke waren erlaubt (siehe Instruktionen im Anhang C_1). Zum Vergleichstermin, an dem die Probanden SATT erschienen, sollten sie zuvor eine normale Mittagsmahlzeit zu sich genommen haben. Die Esstagebücher wurden vor beiden Messtagen ausgefüllt und dienten der Überprüfung der Versuchsbedingungen.

Die zwei Messtermine wurden im Abstand einer Woche zur gleichen Uhrzeit (jeweils nachmittags im Zeitraum von 14 bis 18 Uhr) durchgeführt. Das Konstanthalten des Tageszeitpunktes diente der Kontrolle möglicher zirkadianer Einflüsse bezogen auf Essgewohnheiten und die Erfassung der kortikalen Parameter (Polich & Kok, 1995).

An jedem der beiden Messtermine (T1 und T2) wurden die Teilnehmer gebeten eine Urinprobe abzugeben. Die Abnahme von Urin sollte den Probanden suggerieren, dass die Einhaltung der Essensregeln über ein objektives Messverfahren prüfbar sei (Bogus-Pipeline-Methode ebenfalls verwendet von: Baldeweg et al., 1993; Overduin, J. & Jansen, 1996; Drobes et al., 2001). Außerdem wurden die Teilnehmer im Anschluss an die Untersuchung in einem kurzen Abschlussinterview befragt, ob sie Schwierigkeiten mit der Einhaltung der vereinbarten Tagesgestaltung hatten. Ein Teilnehmer wurde aufgrund seiner Angaben von der Untersuchung ausgeschlossen.

Die Reihenfolgen der zwei Vergleichsbedingungen (SATT und HUNGRIG), und der dargebotenen Bildersätze (A und B) wurden über die 16 Probanden ausbalanciert (siehe Abbildung 11).

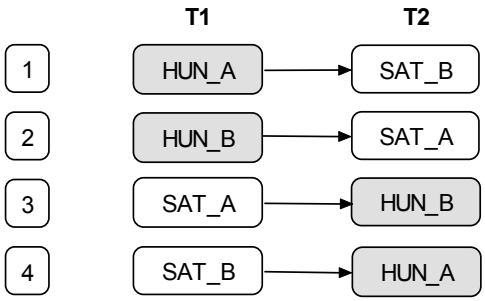


Abbildung 11: Darstellung der Reihenfolgen von Versuchsbedingung (hungrig/satt) und Bildersatz (A/B) über die zwei Messtermine (T1/ T2).

Aus den zwei Bildersätzen wurde durch 10-fache Wiederholung der 64 Einzelbilder jeweils eine randomisierte Reihung von 640 Durchgängen erzeugt, wobei bei der Generierung folgende Einschränkungen galten: es durften nicht mehr als drei Bilder einer Kategorie unmittelbar aufeinander folgen und die Übergangswahrscheinlichkeiten waren über die gesamte Folge ausgeglichen.

Ablauf

Nach Erscheinen im Labor und kurzem Vorgespräch füllten die Teilnehmer bei T1 die Einverständniserklärung aus (siehe Anhang B_1). Sie gaben den ausgefüllten Fragebogen zum Essverhalten sowie das Esstagebuch ab. Anschließend wurden sie gebeten, ihren subjektiv empfundenen Hunger auf einer 9-stufigen Skala, die von sehr hungrig (-4) bis sehr satt (+4) reichte, anzugeben. Zusätzlich sollten sie angeben, ob sie momentan auf etwas Essbares Appetit haben und wenn ja, diesen auf einer 10-stufigen Skala von klein (1) bis groß (10) einschätzen. Da Appetit in stärkerem Maße als Hunger objektspezifisch verstanden wird, sollten sie zusätzlich stichpunktartig angeben, auf was sie Appetit verspürten (siehe Anhang E).

Im Anschluss an die Abfrage von Hunger und Appetit wurde das Elektrodennetz zur Messung des EEGs angelegt. Die Probanden wurden in die schallisolierte und elektromagnetisch abgeschirmte Kabine geführt, in der sie auf einem bequemen Sitz Platz nahmen. Anschließend wurden die zur Erhebung der peripherphysiologischen Parameter benötigten Sensoren angebracht.

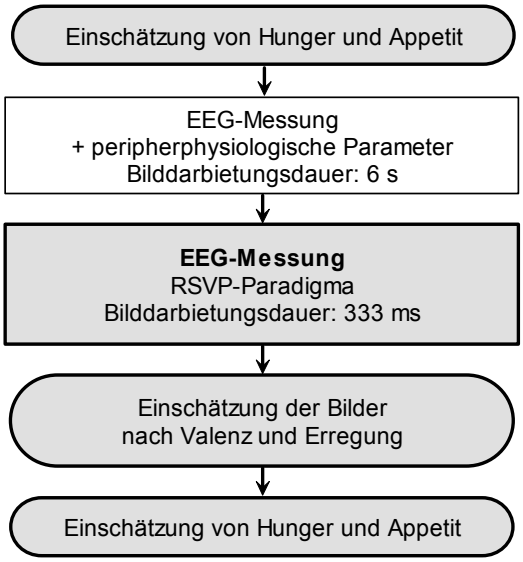


Abbildung 12: Schematische Darstellung zum Ablauf des Versuches. Dick umrandet die Abschnitte, die in vorliegender Arbeit berichtet werden.

Im ersten Versuchsabschnitt wurden das EEG und verschiedene peripherphysiologische Parameter erhoben (für eine ausführliche Beschreibung dieses Versuchsabschnittes siehe: Schaer, 2004). Nach Abschluss dieser Phase wurden die Sensoren für die peripherphysiologischen Messungen entfernt. Die Übergangswiderstände der EEG-Sensoren wurden geprüft und ggf. nachgebessert.

Im folgenden zweiten Versuchsabschnitt (siehe Abbildung 12) wurde der jeweilige Bildsatz (A oder B) ein weiteres Mal in rascher Darbietung gezeigt, wobei die Darbietungsdauer eines Einzeldurchgangs etwa 333 ms betrug. Wie Abbildung 13 veranschaulicht, folgten die Stimuli in kontinuierlicher Abfolge unmittelbar aufeinander, es gab demnach kein wahrnehmbares Inter-Stimulus-Intervall.

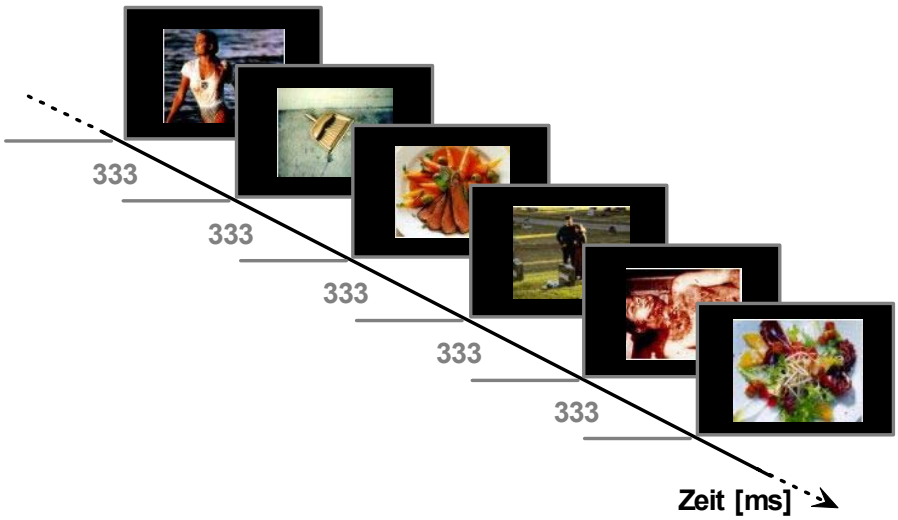


Abbildung 13: Schematische Darstellung des verwendeten Paradigmas der schnellen seriellen Präsentation (RSVP).

Die Probanden wurden instruiert, möglichst ruhig und entspannt zu sitzen, die Augen immer auf die Bildmitte gerichtet zu halten und die Bilder aufmerksam zu betrachten (siehe Anhang C_1). Zusätzlich wurde vor dem ersten Bilddarbietungsdurchgang ein kurzer Text mit den wesentlichen Hinweisen eingeblendet und eine Startzählung von 3 bis 0 diente als Einlaufsequenz, an die sich unmittelbar die Darbietung der 640 Bildreize anschloss.

Während der etwa 5-minütigen Messung wurde das EEG mittels des 129-Kanal-Systems (siehe Abschnitt 3.2.4) von EGI (Electric Geodesics Inc.; Tucker, 1993) kontinuierlich mit einer Abtastrate von 250 Hz und einer online-Filterung im Frequenzbereich von 0.1 Hz bis 100 Hz aufgezeichnet. Die Impedanzen wurden unter 30 kΩ (dem von EGI empfohlene Grenzwert) gehalten. Während der Aufzeichnung diente die Vertexelektrode als Referenz. Die gesamte Erfassung der EEG-Daten geschah unter Verwendung des Software-Paketes Netstation, das auf einem Macintosh-Computer lief und ebenfalls von EGI vertrieben wird.

Nach Beendigung dieses Messabschnittes wurde das Sensorennetz entfernt und die Instruktionen für die anschließende Abfrage der subjektiven Einschätzungen der verwendeten Bilder ausgehändigt (siehe Anhang B_1). In diesem Abschnitt wurde der komplette Bildsatz des Messtermins noch mal über den Monitor

dargeboten, wobei die Dauer eines Durchganges durch Knopfdruck der Versuchsperson gesteuert wurde. Unmittelbar nach jedem Bild wurde der SAM („Self Assessment Manikin“: Bradley & Lang, 1994; siehe Abschnitt 2.2.3) für die Abfrage der Valenz und anschließend der SAM zur Abfrage der Erregung eingeblendet. Die Probanden sollten jeweils mittels gekennzeichneter Tastaturpositionen einen Wert zwischen 1 und 9 angeben, der ihrer spontanen Einschätzung am ehesten entsprach (siehe Abbildung 14).

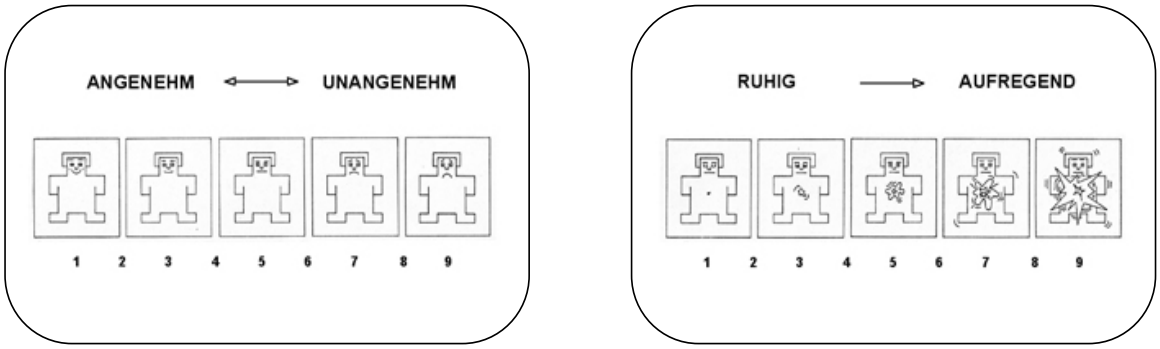


Abbildung 14: Abfragemasken für Valenz (links) und Erregung (rechts).

Abschließend füllten die Teilnehmer ein zweites Mal das Blatt zu subjektiv empfundenem Hunger und Appetit aus. Die erneute Abfrage sollte die Erfassung von Änderungen im Verlauf der zweistündigen Messtermine ermöglichen. Die Probanden erhielten weiterhin eine Banane als kleine zusätzliche Belohnung ihrer Mühen und wurden nochmals zur Gestaltung des zweiten Messtermins instruiert.

Jeweils sieben Tage später zum selben Tageszeitpunkt (also entweder um 14 oder 16 Uhr) durchliefen die Teilnehmer die Untersuchung ein zweites Mal in gleicher Weise mit komplementärer Bedingung (HUNGRIG oder SATT) und Bildsatz (A oder B). Ein Abschlussinterview und ausführliche Aufklärung über Gestaltung und Zielsetzungen der Studie sowie die Auszahlung der Aufwandsentschädigung beendeten den zweiten Messtermin.

3.2.4 EEG-Methodik

Der Erfassung ereigniskorrelierter Potentiale dienen *Hochdichtesysteme*, also EEG-Geräte, die durch eine sehr hohe Anzahl an Sensoren (>64 Stück) einen groß-

flächigen Bereich der Kopfoberfläche bedecken. Diese Systeme bieten verschiedene Vorteile bei der Untersuchung von ERPs. Zum einen verbessert die Signalerfassung eines größeren Bereiches und der geringe Abstand zwischen den Elektroden die räumliche Auflösung (Tucker, 1993; Foxe & Simpson, 2002). Ein weiterer Vorteil von Hochdichte-EEG-Systemen besteht in der Möglichkeit, die Signale der einzelnen Sensoren als Differenz zum Gesamtmittel aller Sensoren berechnen zu können („average reference", siehe: Rugg, M. D. & Coles, 1995; Junghöfer, Peyk, Flaisch & Schupp, im Druck). Diese Methode der „referenzfreien" Bestimmung der Potentialverteilungen resultiert in einer geringeren Verzerrung der Daten als die Ableitung gegen vermeintlich inaktive Sensorpositionen wie Nasenspitze oder Ohrläppchen (Picton, Lins & Scherg, 1995). Weiterhin erlaubt die hohe Signaldichte die Anwendung mathematischer Algorithmen zur Schätzung und Bestimmung potentieller tiefer liegender Generatorstrukturen des gemessenen Oberflächenpotentials (Junghöfer et al., im Druck). Diese Informationen sind insofern von besonderer Relevanz, als sie Vergleiche der ERP-Befunde mit Ergebnissen weiterer bildgebender Verfahren wie dem fMRI erlauben. Ein Verfahren zur Berechnung möglicher Generatorstrukturen ist die *Minimum-Norm-Methode* (MNE- „minimum-norm-estimation"). Diese hat den Vorteil, dass sie ohne genaue Spezifizierung der Quellen, bezogen auf Lokalisation und Anzahl, verwendet werden kann. Man geht man von der Annahme verteilter aktiver Quellen aus und schätzt die gemessene Aktivität durch die Stromdichteverteilung von einer Vielzahl von Dipolen. Dem Problem der großen Anzahl möglicher Lösungen bei einer großen Anzahl an Dipolen wirkt man durch die Einführung zusätzlicher Kriterien für die Norm-Minimierung entgegen[15]. Diese Methode soll ergänzend zur Darstellung der Oberflächenpotentiale angewandt werden um Hinweise auf potentiell bedeutsame Hirnregionen für die Generierung der erfassten Potentialverteilungen zu erlangen (wie bei: Schupp et al., 2006).

[15] In der vorliegenden Studie basierten die MNE-Berechnungen auf einem kugelförmigen Vier-Schalen-Kopfmodell mit 3 (radiale, azimuthale und polare Ausrichtung) x 197 gleichmäßig verteilten Dipolen.

3.2.5 Auswertungsmethodik

3.2.5.1 Analyse der EEG-Daten

Das kontinuierlich aufgezeichnete EEG-Signal wurde offline gefiltert (50 Hz Tiefpassfilter). Anschließend wurden die Bildsegmente von 83 Datenpunkten vor und 84 Datenpunkten nach jedem einzelnen Bilddarbietungsbeginn zur Weiterverarbeitung extrahiert. Zur Artefaktkorrektur wurde das SCADS-Softwarepaket von Junghöfer und Kollegen („Statistical Correction of Artifacts in Dense Array Studies"; Junghöfer, Elbert, Tucker & Rockstroh, 2000) verwendet. Dabei wurden zu Beginn einzelne Sensoren aus der Berechnung der mittleren Referenz (siehe Abschnitt 3.1) ausgeschlossen, damit diese möglichst wenig artefaktbelastet den weiteren Anpassungen als Mittel aller Sensoren dienen konnte. Nach der Umrechnung der Daten der einzelnen Durchgänge, nun als Differenz der Messpunkte der Sensoren in Bezug zum Gesamtmittel, wurden die ausgeschlossenen Kanäle aus gewichteten Signalen umliegender Sensoren interpoliert. Wenn nötig, wurden gesamte Durchgänge aus der weiteren Analyse ausgeschlossen. Im Mittel gingen 72 % der Durchgänge in die Berechnungen ein.

Im Anschluss wurden die Daten pro Person und Messtag für jede der vier Kategorien einzeln gemittelt und danach zu je einem Gruppenmittel pro Kategorie aggregiert (über das Softwarepaket EMEGS - „Electro Magnetic Encephalo Graphy Software"; Junghöfer & Peyk, 2004).

3.2.5.2 Auswahl der Zeitbereiche und Sensorgruppen

Die Auswahl der Zeitbereiche und Sensorgruppen, die der Berechnung der statistischen Kennwerte dienten, erfolgte nach ausführlicher visueller Inspektion der Potentialverteilungen. Zusätzlich diente die Berechnung einer ANOVA über sämtliche Datenpunkte jeden Kanals (ebenfalls mittels der EMEGS-Software) der Absicherung der topographischen und zeitlichen Schwerpunkte. Der Schwerpunkt lag auf dem Einfluss der Nahrungsdeprivation auf die Essensbilder. Für die Festlegung auszuwählender Bereiche galten dabei folgende Kriterien: Der Effekt

der Deprivation musste an mindestens drei benachbarten Sensoren über einen Zeitraum von mindestens 30 ms ablesbar sein.

Auf diese Weise wurden aus den ERPs drei Zeitbereiche (von 50 bis 80 ms; von 184 bis 212 ms; von 280 bis 320 ms) für die statistischen Berechnungen zum selektiven Einfluss von Nahrungsdeprivation ausgewählt. Für die Überprüfung der frühen Effekte um 60 ms wurden parietale Sensorgruppen gebildet. Für die Unterschiede um 200 ms und um 300 ms wurden parietale Sensorgruppen und für letzteren zusätzlich zwei temporo-okzipitale Sensorgruppen gebildet (siehe Anhang D1). Um Lateralitätsunterschiede erfassen zu können, wurden jeweils zueinander symmetrische Sensorpositionen zu bilateralen Gruppen zusammengefasst. Zu den parietalen Sensorgruppen um 200 ms wurden darüber hinaus frontale Sensorgruppen ergänzt, da die Potentialverläufe eine Polaritätsumkehr für diese Sensorbereiche anzeigten.

Für die Ermittlung der statistischen Kennwerte zur Replikation einer frühen posterioren Negativierung (EPN) von angenehmen und unangenehmen gegenüber neutralen Bildern wurden zwei temporo-okzipitale sowie zwei frontale Sensorgruppen (siehe Anhang D1) bestimmt und deren Mittel für den Zeitraum von 200 bis 300 ms nach Bilddarbietungsbeginn verrechnet (analog zu Schupp et al., 2003b).

3.2.5.3 Statistische Analyse

Einschätzung von Hunger und Appetit

Die subjektiven Einschätzungen zu Hunger und Sattheit wurden mittels zweifaktorieller ANOVA mit den Messwiederholungsfaktoren DEPRIVATION (zweistufig: satt/0 Stunden vs. hungrig/24 Stunden) und ABFRAGEZEITPUNKT (zweistufig: prä vs. post) auf statistische Signifikanz geprüft. Effekte wurden ggf. mittels t-Test für abhängige Stichproben weiterverfolgt. Die Angaben der bipolaren Skala zum Hunger wurden vor der Berechnung umkodiert (von -4 bis +4 auf 1

bis 9). Bei den Abfragen zum Appetit wurde die Skala zur Stärke (von 1 bis 10) um den Wert 0 ergänzt, der der Angabe „kein Appetit“ entsprach.

Einschätzung der Bilder nach Valenz und Erregung

Die Angaben der Probanden zu den gezeigten Bildreizen wurden getrennt für die beiden Dimensionen Valenz und Erregung auf statistische Signifikanz geprüft. Dabei wurde jeweils im ersten Schritt eine ANOVA mit den Messwiederholungsfaktoren DEPRIVATION (zweistufig: satt/0 Stunden vs. hungrig/24 Stunden) und KATEGORIE (vierstufig: Essen, Angenehme, Neutrale, Unangenehme) gerechnet. Bei signifikanter Interaktion der beiden Hauptfaktoren wurde der Einfluss der Nahrungsdeprivation separat für die Essensbilder und die Vergleichsbilder getestet. Valenz- und Erregungseinschätzungen zu Essensbildern wurden gleichermaßen mittels t-Test für abhängige Stichproben auf signifikante Anstiege vom satten zum hungrigen Zustand getestet. Die Angaben zu den emotionalen Vergleichsbildern wurden bei signifikanter Interaktion von DEPRIVATION und KATEGORIE einzeln für die drei Kategorien mittels t-Test auf Unterschiede zwischen satt und hungrig geprüft.

Ereigniskorrelierte Potentiale

Zur statistischen Absicherung der Unterschiede in den ereigniskorrelierten Potentialen wurden jeweils die Mittelwerte über die ausgewählten Zeitbereiche und Sensorgruppen mittels univariater multifaktorieller ANOVA auf Signifikanz getestet. Dabei gingen in dem kompletten Within-Design als Messwiederholungsfaktoren die DEPRIVATION (zweistufig; hungrig vs. satt) und die KATEGORIE (zweistufig: Essen vs. IAPS) sowie LATERALITÄT (zweistufig: linke vs. rechte Sensorgruppe) in die Berechnungen ein. Die drei emotionalen Bildkategorien wurden für diese Berechnungen aus Gründen der Übersichtlichkeit zu einer Ver-

gleichsbilderkategorie zusammengefasst[16]. Signifikante Interaktionen von Deprivation und Bildkategorie wurden für die verschiedenen Sensorgruppen separat für Essens- und Vergleichsbilder weiterverfolgt.

Um differentielle Einflüsse der Nahrungsdeprivation auf die drei emotionalen Bildkategorien prüfen zu können, wurden diese an den oben genannten Sensorgruppen und Zeitbereichen in Kontrollanalysen separat getestet. Dabei gingen wiederum die Messwiederholungsfaktoren DEPRIVATION (zweistufig; hungrig vs. satt), KATEGORIE (dreistufig: Angenehme, Neutrale, Unangenehme) und LATERALITÄT (zweistufig: links vs. rechts) in die Berechnungen ein.

Signifikanzniveau und Korrektur der Freiheitsgrade

Das Signifikanzniveau wurde für die Berechnungen auf $p = 0.05$ festgelegt. Die Freiheitsgrade wurden, falls erforderlich, ε-korrigiert (unter Verwendung der Korrektur nach Greenhouse & Geisser, 1959). Die Angaben in den Ergebnisdarstellungen geben bei mehr als zweifacher Stufung eines Faktors die unkorrigierten F-Werte, die korrigierten p-Werte, sowie die ε-Werte wieder und folgen damit den Empfehlungen zur ERP-Methodologie von Picton und Kollegen (Picton, Bentin, Berg, Donchin, Hillyard et al., 2000).

[16] Dabei waren - außer bei den frühen Effekten um 60 ms- Interaktionen von Deprivation und Bildkategorie auch bei vierfacher Stufung (Essen, Angenehme, Neutrale, Unangenehme) signifikant.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Subjektive Einschätzung von Hunger und Appetit

Abbildung 15 gibt die deutlichen Unterschiede bei den *Hungereinschätzungen* zwischen sattem und hungrigem Zustand wieder, DEPRIVATION: F (1,15) = 321.3, $p < .001$. Es zeigte sich weiterhin ein Unterschied zwischen Prä- und Postmessung, ABFRAGEZEITPUNKT: F (1,15) = 17.0, $p = .001$, sowie eine Interaktion beider Faktoren, DEPRIVATION x ABFRAGEZEITPUNKT: F (1,15) = 7.8, $p = .014$. Der Anstieg von Prä- zu Postmessung war im satten Zustand stärker als im hungrigen, t_{satt} (15) = -3.9, $p = .001$, $t_{hungrig}$ (15) = -2.7, $p = .02$.

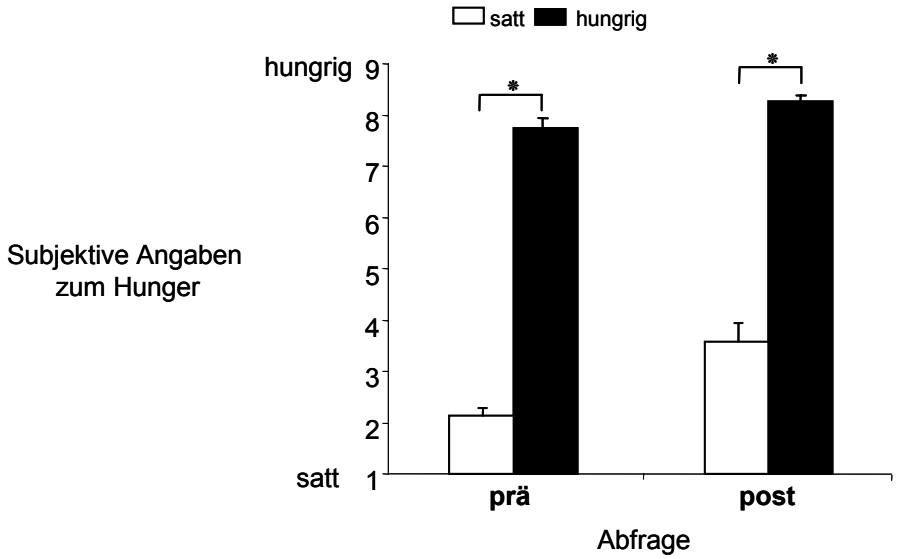


Abbildung 15: Subjektive Einschätzungen zum Hunger, abgefragt zu Beginn und Ende der zweistündigen Messungen. *markiert signifikanten Unterschied.

Wie die folgende Abbildung 16 zeigt, gab es bei den subjektiven *Angaben zum Appetit* ebenfalls deutliche Deprivationseffekte, DEPRIVATION: F (1,15) = 180.0, $p < .001$. Wieder gab es Unterschiede zwischen Prä- und Postmessung, ABFRAGEZEITPUNKT: F (1,15) = 16.3, $p = .001$. Die Werte waren auch für die Appetitangaben jeweils zum Abschluss der zweistündigen Messung höher als zu Beginn, wobei die Anstiege in sattem und hungrigem Zustand vergleichbar waren, DEPRIVATION x ABFRAGEZEITPUNKT: F (1,15) < 1, ns.

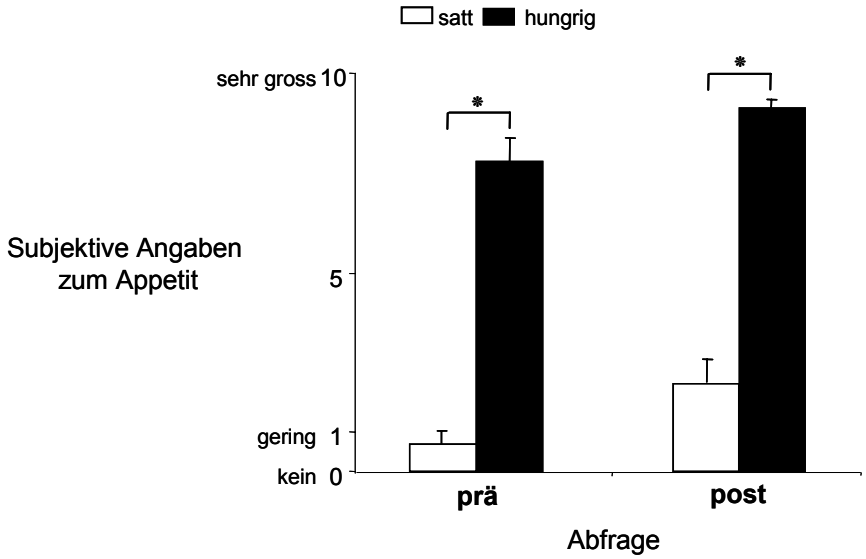


Abbildung 16: Subjektive Einschätzungen zum Appetit in sattem und hungrigem Zustand, abgefragt zu Beginn und Ende der zweistündigen Messungen.* markiert signifikanten Unterschied.

Die Probanden machten erwartungsgemäß bei den zusätzlichen Appetitangaben deutlich mehr Nennungen nach der Nahrungsdeprivation (siehe Anhang E).

3.3.2 Subjektive Einschätzung der Bilder

Abbildung 17 illustriert die *Valenzeinschätzungen* in Abhängigkeit der Nahrungsdeprivation und zeigt, dass die Essensbilder von den Teilnehmern im hungrigen Zustand als angenehmer eingestuft wurden als im satten Zustand (M_{satt} = 6.4, SD = 1.1; $M_{hungrig}$ = 7.5, SD = 0.9). Die Einschätzungen der emotionalen Vergleichsbilder unterscheiden sich zwar untereinander, aber nicht in Abhängigkeit der Deprivation.

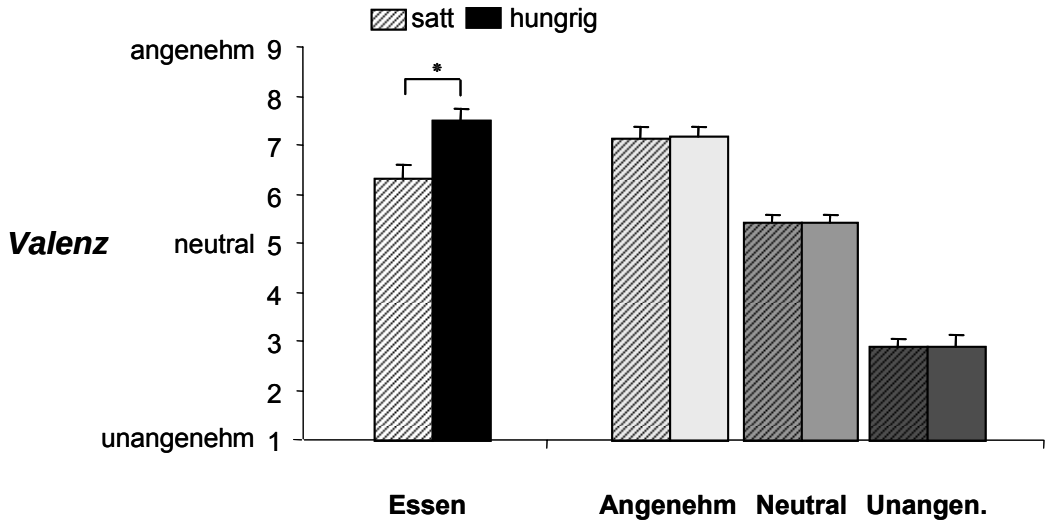


Abbildung 17: Mittelwerte (und Standardfehler) der Valenzeinschätzungen der vier verwendeten Bildkategorien in sattem und hungrigem Zustand (erfasst über SAM). Beachte: Werte wurden umkodiert.* markiert signifikanten Unterschied.

Die signifikante Interaktion von Deprivation und Bildkategorie, F (3,45) = 10.8, $p < .001$, zeigte an, dass sich der Deprivationseffekt unterschiedlich auf Essens- und Vergleichsbilder auswirkte. Die Folgetests erbrachten einen signifikanten Anstieg bei den Essensbildern vom satten zum hungrigen Zustand, t (15) = -5.0, $p < .001$. Für die emotionalen Bilder gab es keinen Unterschied zwischen sattem und hungrigem Zustand, DEPRIVATION: F (1,15) < 1, ns, und DEPRIVATION x KATEGORIE: F (2,30) < 1, ns. Deutliche Unterschiede gab es innerhalb der drei emotionalen Bildkategorien, KATEGORIE: F (2,30) = 161.7, $p < .001$. Angenehme wurden als deutlich angenehmer eingeschätzt als Neutrale, F (1,15) = 70.4, $p < .001$, und als Unangenehme, F (1,15) = 190.0, $p < .001$. Unangenehme wurden als deutlich aversiver eingeschätzt als Neutrale, F (1,15) = 200.0, $p < .001$.

Die Einschätzungen zum *Erregungsgehalt* der Bilder, die in Abbildung 18 wiedergegeben werden, zeigen einen Anstieg von sattem zu hungrigem Zustand für die Essensbilder (M_{satt} = 2.8, SD = 1.5; $M_{hungrig}$ = 4.4, SD = 1.8), und keine Unterschiede bei den emotionalen Bildern in Abhängigkeit der Nahrungsdeprivation.

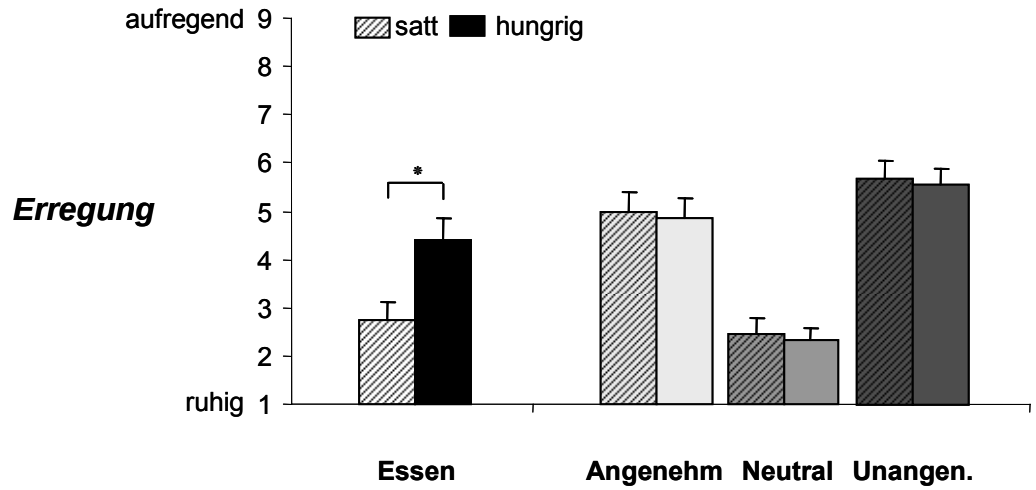


Abbildung 18: Mittelwerte (und Standardfehler) der Erregungseinschätzungen der vier verwendeten Bildkategorien in sattem und hungrigem Zustand (erfasst über SAM).* markiert signifikanten Unterschied.

Die Interaktion von Zustand und Bildkategorie war signifikant, DEPRIVATION x KATEGORIE: F (3,45) = 16.9, p < .001. Für die Essensbilder wurde der Deprivationseffekt bestätigt, t (15) = -4.0, p = .001. Die Einschätzungen der emotionalen Bilder variierten nicht in Abhängigkeit der Deprivation, DEPRIVATION: F (1,15) < 1, ns, und DEPRIVATION x KATEGORIE: F (2,30) < 1, ns. Die drei emotionalen Bildkategorien unterschieden sich deutlich untereinander, KATEGORIE: F (2,30) = 74.6, p < .001. Erwartungsgemäß wurden sowohl Angenehme wie Unangenehme als erregender eingeschätzt im Vergleich zu Neutralen, F (1,15) = 77.0, p < .001, und, F (1,15) = 158.3, p < .001. Unangenehme wurden außerdem als erregender eingestuft als Angenehme, F (1,15) = 6.0, p = .027.

3.3.3 Ereigniskorrelierte Potentiale

Im Folgenden werden die Änderungen in den ereigniskorrelierten Potentialen in Abhängigkeit der Nahrungsdeprivation vorgestellt. In einem frühen Zeitfenster um 60 ms zeigten die ERPs der Essensbilder *Veränderungen einer C1-ähnlichen Komponente* unter Nahrungsdeprivation. Weiterhin gab es spezifische Änderungen *für Essensbilder im hungrigen gegenüber dem satten Zustand* in den Zeitbereichen *zwischen 184-212 ms und 280-320 ms*. Die ERPs der emotionalen Bilder

zeigten keine Änderungen der genannten Komponenten und wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit im folgenden ersten Teil der Ergebnisdarstellungen zu einer Vergleichsbilderkategorie zusammengefasst (siehe Abschnitt 3.2.4.3).

3.3.3.1 Essensbilder: Zeitbereich von 50 bis 80 ms

In den ERPs der Essensbilder war im Zeitfenster vor 100 ms eine C1-ähnliche negative Komponente zu beobachten, die Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand zeigte. Wie Abbildung 19 darstellt, war die Komponente über posterioren Sensorbereichen nach Deprivation geringer ausgeprägt.

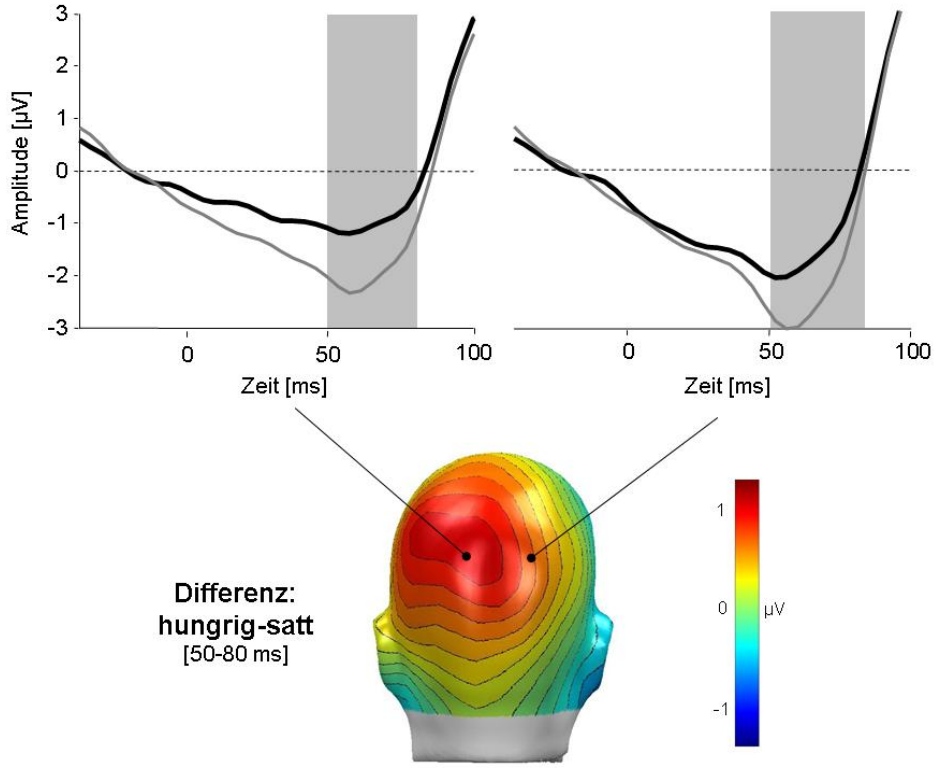


Abbildung 19: Potentialverläufe zweier parietaler Sensoren (links: #67; rechts: #78) in sattem und hungrigem Zustand. Grau unterlegt ist der Zeitbereich der statistischen Berechnung. Topographische Darstellung der Differenz von hungrig – satt für den Zeitbereich von 50-80 ms.

Die Berechnungen ergaben eine signifikante Interaktion von Deprivation und Bildkategorie, F (1,15) = 5.1, p = .039. Es gab weder einen signifikanten Haupteffekt für die Deprivation, F (1,15) = 3.7, p = .073, noch für die Bildkategorie,

F (1,15) < 1, ns. Wie Abbildung 19 anzeigt, gab es Unterschiede zwischen linker und rechter Sensorgruppe, LATERALITÄT: F (1,15) = 5.4, p = .035, DEPRIVATION x LATERALITÄT: F (1,15) = 6.1, p = .026. Die Folgetests bestätigten den Deprivationseffekt bei den Essensbildern, DEPRIVATION: F (1,15) = 5.0, p = .041, der in den Post-Hoc-Tests nur auf der linken Seite signifikant war, links: t (15) = 2.5, p = .028; rechts: t (15) = 1.7, p = .120. Bei der Vergleichsbilderkategorie gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen hungrig und satt, DEPRIVATION: F (1,15) < 1, ns.

3.3.3.2 Essensbilder: Zeitbereich von 184-212 ms

Wie die Potentialverläufe in Abbildung 20A zeigen, waren die Amplituden um 200 ms für die Essensbilder im hungrigen Zustand etwa 1 μV höher als im satten Zustand. Die topographische Darstellung der Differenz von hungrig – satt (Abbildung 20B) zeigt die posterioren und anterioren Foki.

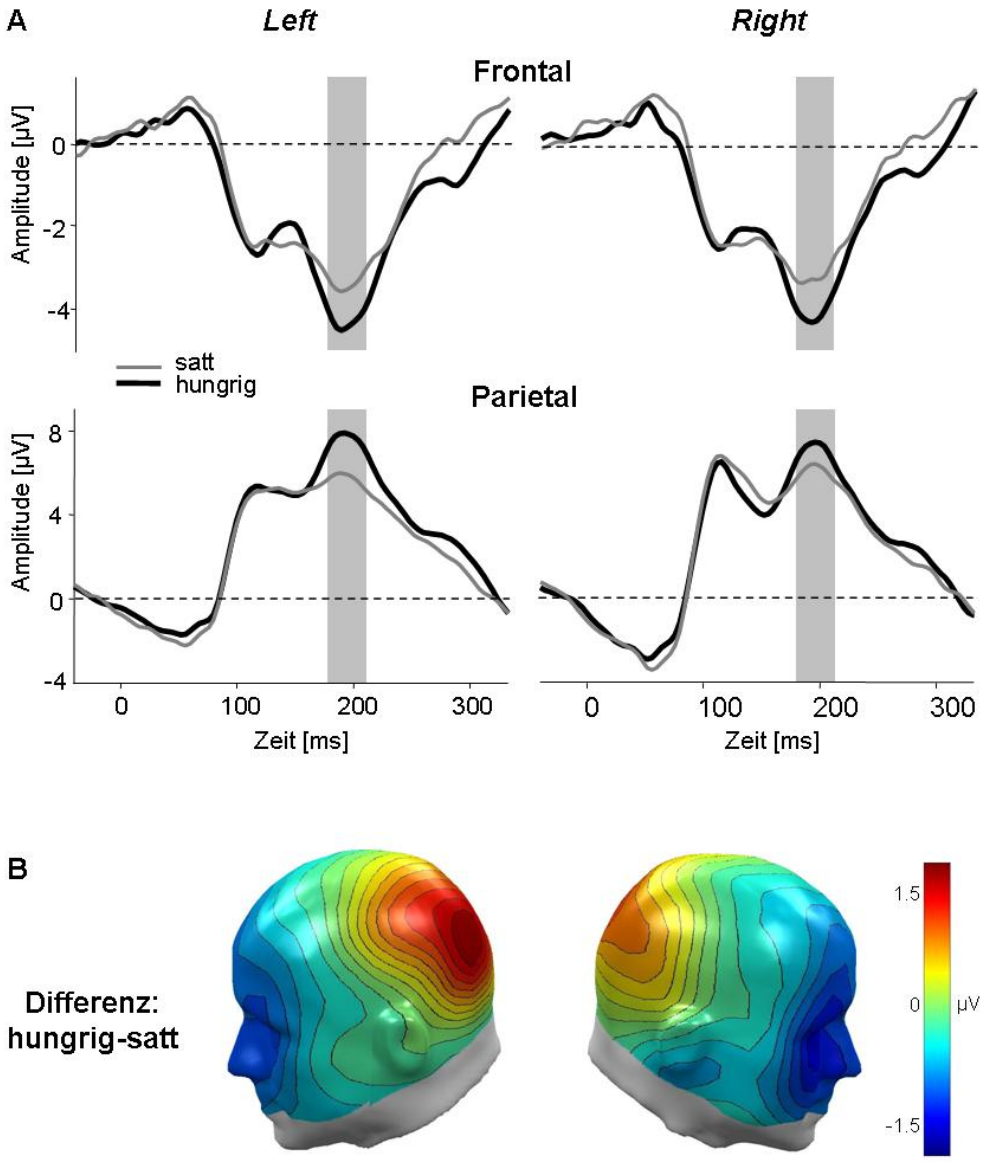


Abbildung 20: A) Potentialverläufe von frontalen (links: #19, rechts: #10) und parietalen (links: #66, rechts: #85) Sensoren in sattem und hungrigem Zustand. Grau unterlegt ist der Zeitbereich der statistischen Berechnung. B) Topographische Darstellung der Differenz von hungrig – satt für den Zeitbereich von 184-212 ms.

Die 2(Sensorgruppe) x2(Kategorie) x2(Deprivation) x2(Lateralität)-Anova ergab eine signifikante Interaktion von KATEGORIE, DEPRIVATION und SENSORGRUPPE, $F(1, 15) = 7.6$, $p = .015$. Entsprechend der Polaritätsumkehr, die in der folgenden Abbildung 21 bei dem Vergleich von frontaler und parietaler Sensorgruppe erkennbar ist, gab es einen signifikanten Haupteffekt für den Sensorbereich, $F(1, 15) = 53.4$, $p < .001$.

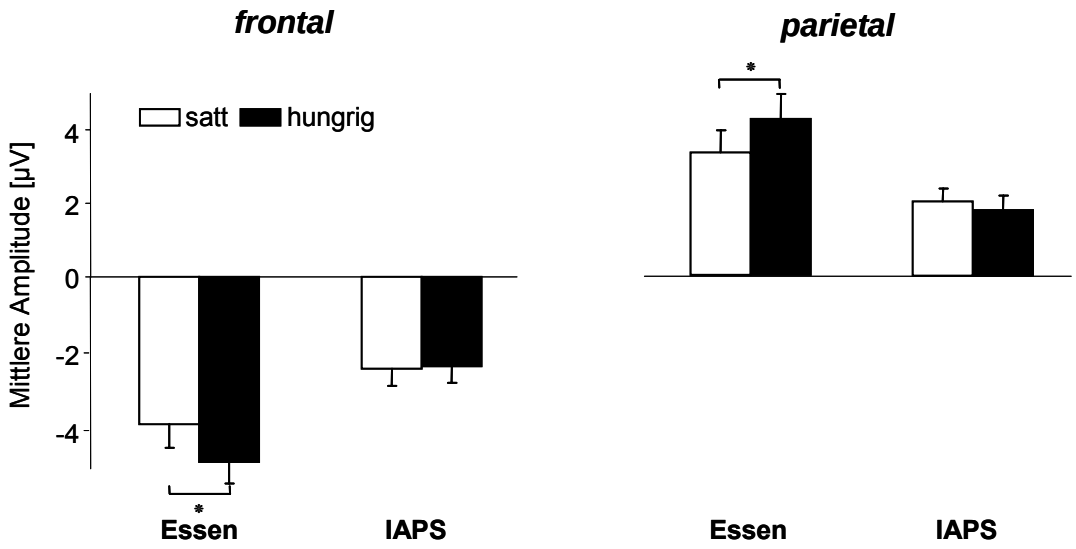


Abbildung 21: Mittlere Amplituden und Standardfehler für Essensbilder und emotionale Bilder in sattem und hungrigem Zustand für das Zeitfenster von 184 bis 212 ms. *markiert signifikanten Unterschied.

Für den *frontalen Bereich* ergab die Analyse eine signifikante Interaktion von Nahrungsdeprivation und Bildkategorie, F (1,15) = 6.4, p = .024. Die Folgeberechnungen zeigten für die *Essensbilder* einen Einfluss der Nahrungsdeprivation an, $DEPRIVATION_{Essen}$: F (1, 15) = 7.4, p = .016, nicht hingegen für die Vergleichsbilder, $DEPRIVATION_{IAPS}$: F (1,15) < 1, ns. Die Haupteffekte zeigten, dass es zwischen sattem und hungrigem Zustand keine generellen Unterschiede gab, DEPRIVATION: F (1,15) = 3.1, p = .099. Wie aber obige Abbildung 21 anzeigt, unterschieden sich Essens- und Vergleichsbilder deutlich voneinander, KATEGORIE: F (1,15) = 31.4, p < .001.

Tabelle 1: Mittlere Amplitudenwerte für frontale und parietale Sensorgruppen für die Essensbilder und emotionale Bilder. Angegeben sind die Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) der linken und rechten Seite im Zeitbereich von 184-212ms. ↕ markiert signifikante Differenz.

		Essen		**IAPS**	
Frontal		links	rechts	links	Rechts
	satt	-4.0 (0.6)	-3.6 (0.7)	-2.4 (0.5)	-2.3 (0.5)
		↕	↕		
	hungrig	-4.8 (0.6)	-4.7 (0.6)	-2.2 (0.4)	-2.3 (0.5)
Parietal					
	satt	3.0 (0.6)	3.7 (0.6)	2.3 (0.3)	1.7 (0.4)
		↕			
	hungrig	4.3 (0.7)	4.2 (0.7)	2.2 (0.4)	1.4 (0.4)

Die Berechnungen zu den *parietalen Sensorgruppen* verwiesen ebenfalls auf differentielle Effekte des Hungerns, DEPRIVATION x KATEGORIE: F (1,15) = 7.9, p = .013. Die separaten Folgeberechnungen zeigten wiederum einen signifikanten Deprivationseffekt bei Betrachtung von Essensbildern, DEP_{Essen}: F (1,15) = 5.3, p = .036. Dieser war hier nur für die linke Sensorgruppe signifikant, F (1,15) = 7.5, p = .015; nicht jedoch für die rechte, F (1,15) = 2.0, n.s. Bei der Vergleichsbilderkategorie gab es keine Unterschiede zwischen satt und hungrig, $DEPRIVATION_{IAPS}$: F (1,15) = 1.8, p = .195. Der Haupteffekt für DEPRIVATION war ebenfalls nicht signifikant, F (1, 15) = 2.3, p = .153. Wie Abbildung 21 gezeigt hat, unterschieden sich aber Essens- und Vergleichsbilder auch über parietalen Bereichen deutlich voneinander, F (1, 15) = 25.7, $p < .001$. Lateralitätseffekte wurden angezeigt im Zusammenhang mit Kategorienunterschieden, KATEGORIE x LAT: F (3, 45) = 11.7, p = .004, und Deprivationseffekten, DEP x LAT: F (1, 15) = 11.1, p = .005.

3.3.3.3 Essensbilder: Zeitbereich von 280-320 ms

Die folgende Abbildung 22 illustriert Differenzen im Zeitbereich von 280 bis 320 ms bei Essensbildern zwischen hungrigem und sattem Zustand in parietalen und temporo-okzipitalen Sensorbereichen. Sie zeigt, dass auch in diesem Zeitbereich Amplitudenunterschiede um 1 μV in Abhängigkeit der Deprivation zu beobachten sind. Die topographische Ansicht zeigt, dass die positive Differenz über parietalen Bereichen gegenüber dem im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Zeitbereich in anteriorer Richtung verschoben ist und deutliche negative Differenzen an temporo-okzipitalen Sensoren zu beobachten sind.

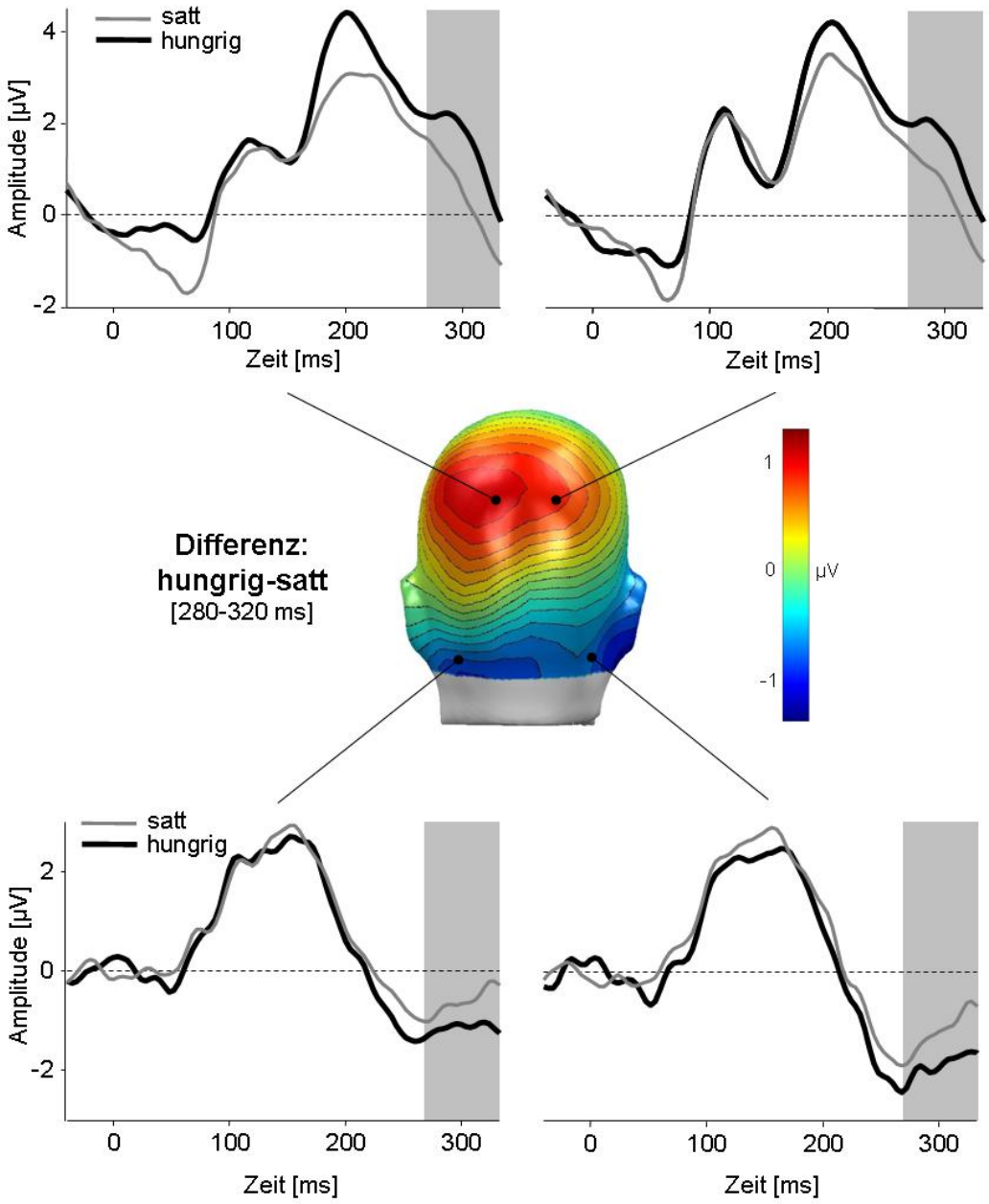


Abbildung 22: Potentialverläufe an parietalen (links: #61; rechts: #79) und temporo-okzipitalen (links: #63; rechts: #100) Sensoren in sattem und hungrigem Zustand und die Differenz im Zeitbereich von 280 bis 320 ms in der topographischen Ansicht von hinten auf einen Modellkopf.

Die 2(Sensorgruppe) x2(Kategorie) x2(Deprivation) x2(Lateralität)-Anova erbrachte eine signifikante Interaktion von DEPRIVATION, KATEGORIE und SENSORGRUPPE, F (1,15) = 9.2, p = .009, die im Hinblick auf differentielle Unterschiede zwischen satt und hungrig separat für die zwei Sensorbereiche weiterverfolgt wurde.

Die in Abbildung 23 abgetragenen Mittelwerte zeigen an, dass sowohl für parietale wie temporo-okzipitale Sensorgruppen nur für Essensbilder Unterschiede in Abhängigkeit der Nahrungsdeprivation zu beobachten sind. Die ERPs der emotionalen Bilder differieren nicht systematisch zwischen sattem und hungrigem Zustand.

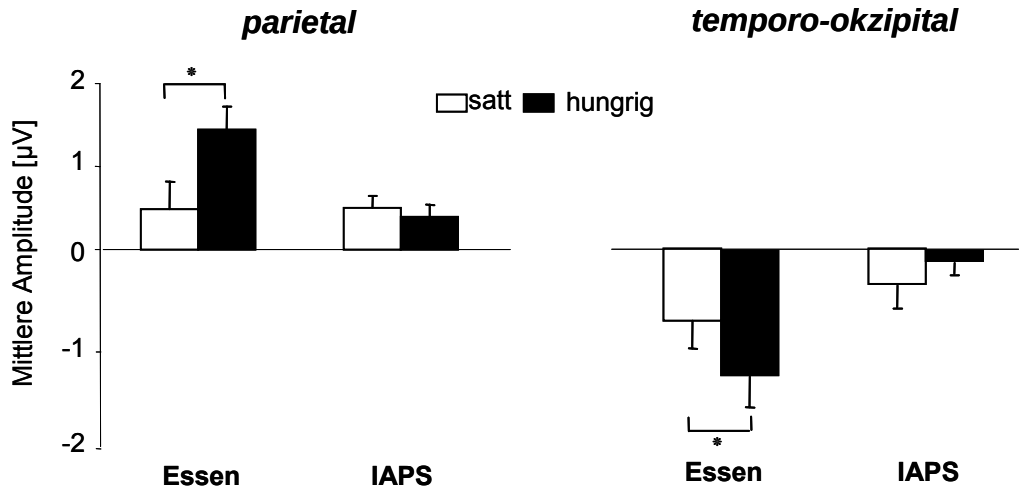


Abbildung 23: Gemittelte Amplitudenwerte und Standardfehlerbalken für Essensbilder und emotionale Bilder in sattem und hungrigem Zustand für den Zeitbereich von 280-320 ms. * markiert signifikanten Unterschied.

Die Analyse der *parietalen Sensorgruppen* bestätigte differentielle Effekte der Nahrungsdeprivation, DEPRIVATION x KATEGORIE: F (1, 15) = 5.6, p = .032. Die Folgetests zeigten ein weiteres Mal, dass ein signifikanter Unterschied zwischen sattem und hungrigem Zustand nur bei Betrachtung der Essensbilder zu verzeichnen war, $\text{DEPRIVATION}_{\text{Essen}}$: F (1, 15) = 6.0, p = .028, nicht jedoch bei der Vergleichsbilderkategorie, $\text{DEPRIVATION}_{\text{IAPS}}$: F (1, 15) < 1, ns. Der Haupteffekt für die Nahrungsdeprivation verfehlte hier knapp die Signifikanzgrenze, DEPRIVATION: F (1, 15) = 4.3, p = .057. Es gab an den parietalen Sensoren generelle Unterschiede zwischen Essens- und Vergleichsbildern, KATEGORIE: F (1, 15) = 8.4, p = .011.

Die Berechnungen für die *temporo-okzipitalen Sensorgruppen* bestätigten ebenfalls die unterschiedlichen Einflüsse der Nahrungsdeprivation, DEPRIVATION x KATEGORIE: F (1, 15) = 9.2, p = .008. Wiederum zeigten die Folgetests, dass der

Deprivationseffekt nur für die Essensbilder signifikant war, $DEPRIVATION_{Essen}$: F (1, 15) = 5.9, p = .028, und nicht für die emotionalen Vergleichsbilder, $DEPRIVATION_{IAPS}$: F (1, 15) = 1.7, p = .218. Es gab auch hier keinen generellen Unterschied zwischen satt und hungrig, DEPRIVATION: F (1, 15) <1, ns. An den temporo-okzipitalen Sensoren gab es, im Unterschied zu den Berechnungen für die parietalen Bereiche, keine signifikanten Unterschiede zwischen Essens- und Kontrollbildern – wobei der Haupteffekt für die KATEGORIE die Signifikanzgrenze nur knapp verfehlte, KATEGORIE: F (1, 15) = 4.1, p = .062.

Ergänzende Berechnungen frontaler Sensorbereiche ergaben ebenfalls nur für die Essensbilder einen signifikanten Deprivationseffekt, $DEPRIVATION_{Essen}$: F (1, 15) = 5.4, p = .035, und nicht für die emotionalen Vergleichsbilder, $DEPRIVATION_{IAPS}$: F (1, 15) < 1, ns.

Quellenschätzungen zum Deprivationseffekt bei Essens- und IAPS-Bildern

Zur ergänzenden Exploration der oben beschriebenen differentiellen Effekte der Nahrungsdeprivation auf die Verarbeitung von Essens- und emotionalen Vergleichsbildern sollen Darstellungen von Quellenschätzungen (über das MNE-Verfahren; siehe Abschnitt 3.2.4) weitere Hinweise zu den Potentialunterschieden liefern. Zur Darstellung wurde dabei eine Schalentiefe von 6 cm gewählt.

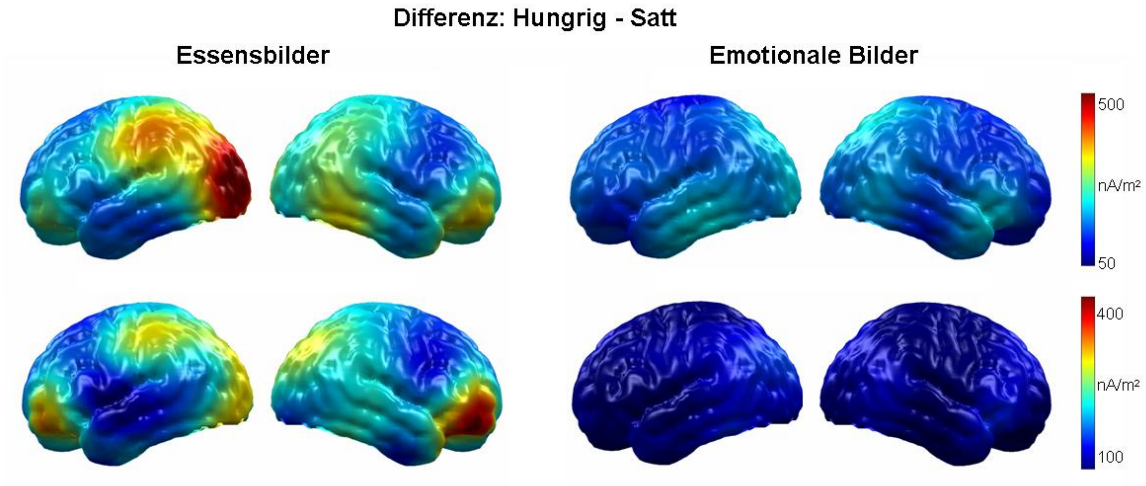


Abbildung 24: Quellenschätzung (MNE) für Differenz von Hungrig-Satt für Essensbilder und IAPS-Bilder (Mittel der drei Kategorien) im Zeitbereich von 184-212ms (obere Reihe) und von 280-320ms (untere Reihe).

Wie Abbildung 24 illustriert, sind in den beiden Zeitbereichen deutliche Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand bei den Essensbildern auszumachen, bei den emotionalen Vergleichsbildern (hier als Mittel über die drei IAPS-Kategorien) jedoch nur gering oder gar nicht erkennbar. Die Quellenschätzungen zeigen bei den Essensbildern topographische Schwerpunkte für die Deprivationseffekte über temporo-okzipitalen, parietalen sowie frontalen Arealen an. Dabei werden sowohl um 200 wie um 300 ms die posterioren Differenzen über der linken sowie die anterioren über der rechten Hemisphäre als im hungrigen Zustand stärker angezeigt.

3.3.3.4 Emotionale Kontrollbilder

Die Kontrollberechnungen zu den Vergleichsbildern aus dem IAPS zeigten in keinem der drei Zeitbereiche einen Einfluss der Nahrungsdeprivation auf die Verarbeitung der angenehmen, neutralen und unangenehmen Bilder an. Es gab lediglich deutliche Unterschiede innerhalb der Kategorien um 200 und um 300 ms. Diese waren vergleichbar mit den Berechnungen zur Replikation einer frühen posterioren Negativierung für Angenehme und Unangenehme gegenüber Neutra-

len, die zwischen 200 und 300 ms ihr Maximum erreicht und in dem entsprechenden Abschnitt beschrieben wird.

Emotionale Bilder: Zeitbereich von 50-80 ms

In dem frühen Zeitfenster von 50 bis 80 ms nach Bilddarbietungsbeginn zeigten die Kontrollberechnungen weder Deprivationseffekte, DEPRIVATION: (1, 15) <1, ns., DEPRIVATION x KATEGORIE: (2, 30) = 1.4, p = .258, ε = 0.6, noch generelle Unterschiede innerhalb der drei Bildkategorien an, F (2, 30) <1, ns.

Emotionale Bilder: Zeitbereich von 184-212 ms

Für die emotionalen Bilder zeigte die statistische Analyse des Zeitbereiches um 200 ms an den *frontalen* und *parietalen* Sensoren (Auswahl siehe Anhang D_1) keinen Einfluss der Nahrungsdeprivation auf die Verarbeitung der drei Bildkategorien, DEPRIVATION: *Fs* (1, 15) < 1.8, ns.; DEPRIVATION x KATEGORIE: *F*s (2,30) < 1, ns.

Es gab signifikante Unterschiede innerhalb der drei Kategorien, $KATEGORIE_{frontal}$: F (2, 30) = 31.9, p < .001, ε = 0.9, und, $KATEGORIE_{parietal}$: F (2, 30) = 8.5, p = .002, ε = 0.8. Die Mittelwertsdifferenzen in Tabelle 2 zeigen an, dass sich vor allem die Angenehmen von den beiden anderen Kategorien unterscheiden. Die Kategorieneffekte waren dabei unterschiedlich in linker und rechter Sensorgruppe, $KATEGORIE_{frontal}$ x $LAT_{frontal}$: F (2, 30) = 5.2, p = .01, ε = 1.0, und, $KATEGORIE_{parietal}$ x $LAT_{parietal}$: F (2, 30) = 8.8, p = .003, ε = 0.8. Wie die in Tabelle 2 aufgeführten Mittelwertsdifferenzen zeigen, waren die Unterschiede zwischen Angenehmen und den Neutralen und Unangenehmen für die frontalen Sensorgruppen links größer, für die parietalen Sensorgruppen wurden sie nur in der linken Gruppe signifikant.

Tabelle 2: Differenzwerte (in μV) der mittleren Amplituden für linke und rechte parietale und frontale Sensorgruppen für emotionale Bilder im Zeitbereich von 184-212ms. *markiert signifikante Differenz.

	Angenehm - Neutral		**Unangenehm - Neutral**		**Angenehm – Unangen.**	
Frontal	links	rechts	links	rechts	links	rechts
satt	Δ 2.6 *	Δ 1.9 *	Δ 1.0 *	Δ 0.8 *	Δ 1.6 *	Δ 1.4 *
hungrig	Δ 2.6 *	Δ 2.2 *	Δ 0.9	Δ 1.2 *	Δ 1.7 *	Δ 1.0 *
Parietal	links	rechts	links	rechts	links	rechts
satt	Δ -0.4	Δ -1.3 *	Δ 0.0	Δ -0.1	Δ -0.4	Δ -1.2 *
hungrig	Δ -0.3	Δ -1.7 *	Δ -0.1	Δ -0.3	Δ -1.8	Δ -1.4 *

Emotionale Bilder: Zeitbereich von 280-320 ms

Die Berechnungen zum Zeitbereich um 300 ms nach Bilddarbietungsbeginn zeigten keinen modulierenden Einfluss der Nahrungsdeprivation auf die Verarbeitung emotionaler Bilder für parietale und temporo-okzipitale Sensorgruppen, DEPRIVATION: Fs (1, 15) < 1.7, p > .218, und, DEPRIVATION x KATEGORIE: Fs (2, 30) < 1.32, p > .282.

Es zeigte sich wiederum ein Unterschied innerhalb der emotionalen Bilder (siehe Tabelle 3), besonders für die temporo-okzipitalen Sensoren, $KATEGORIE_{temp.okz.}$: F (2, 30) = 24.2, p < .001, ε = 0.8., $KATEGORIE_{parietal}$: F (2, 30) = 6.8, p = .005, ε = 0.9, $KATEGORIE_{frontal}$: F (2, 30) = 7.8, p = .003, ε = 0.9.

Tabelle 3: Differenzwerte (in μV) der mittleren Amplituden für linke und rechte parietale und temporo-okzipitale Sensorgruppen für emotionale Bilder im Zeitbereich von 280-330ms. *markiert signifikante Differenz.

	Angenehm - Neutral		**Unangenehm - Neutral**		**Angenehm - Unangen.**	
Parietal	links	rechts	links	rechts	links	rechts
satt	Δ 0.7	Δ 0.5	Δ 0.9 *	Δ 0.9	Δ -0.2	Δ -0.4
hungrig	Δ 0.6	Δ 0.8 *	Δ 1.2 *	Δ 1.5 *	Δ -0.6	Δ -0.7 *
Temp.-okz.	links	rechts	links	rechts	links	rechts
satt	Δ -2.1 *	Δ -3.0 *	Δ -1.8 *	Δ -2.3 *	Δ -0.3	Δ -0.7
hungrig	Δ -2.1 *	Δ -2.4 *	Δ -1.9 *	Δ -2.3 *	Δ -0.2	Δ -0.1

Replikation der frühen posterioren Negativierung (200-300 ms)

Wie Abbildung 25A illustriert, zeigen die ERPs der erregenderen emotionalen Bilder (Angenehme und Unangenehme) eine relative Negativierung gegenüber Neutralen über posterioren Arealen, die im Zeitbereich von 200 bis 300 ms ihr Maximum erreicht. Dabei zeigt die topographische Ansicht in 25B, dass die Differenz der Angenehmen gegenüber den Neutralen etwas stärker ausgeprägt ist und einen deutlicheren Fokus über der rechten Hemisphäre hat als der Unterschied zwischen Unangenehmen und Neutralen.

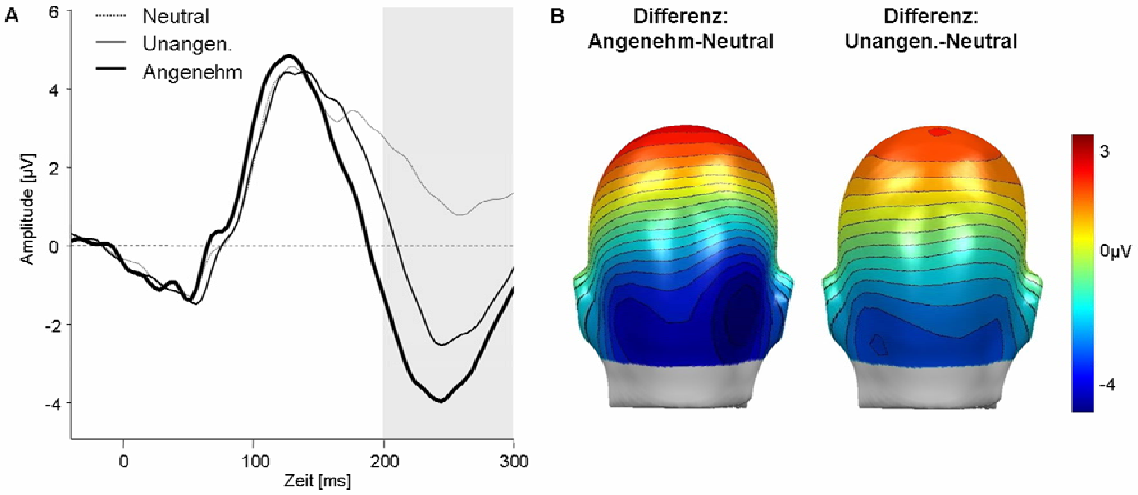


Abbildung 25: A) Potentialverläufe von angenehmen, neutralen und unangenehmen Bildern an rechtem temporo-okzipitalen Sensor im Mittel über satt und hungrig (# 85) B) Topographische Ansicht der Differenzen von Angenehm - Neutral und Unangenehm - Neutral im Zeitbereich von 200 - 300 ms (Ansicht von hinten).

Die Berechnungen ergaben einen deutlichen Kategorieneffekt für temporo-okzipitale Sensorgruppen, KATEGORIE: F (2, 30) = 63.9, p < .001, ε = 1.0. Wie die in der folgenden Abbildung 26 abgetragenen Mittelwerte anzeigen, sind die Differenzen zwischen den emotionalen Bildern im satten wie hungrigen Zustand gleichermaßen ausgeprägt. Es gab also weder einen signifikanten Haupteffekt für die Nahrungsdeprivation, DEPRIVATION : F (1, 15) = 3.0, p = .107, noch Hinweise auf

differentielle Effekte innerhalb der drei Kategorien, DEPRIVATION x KATEGORIE: F (2, 30) < 1, ns.

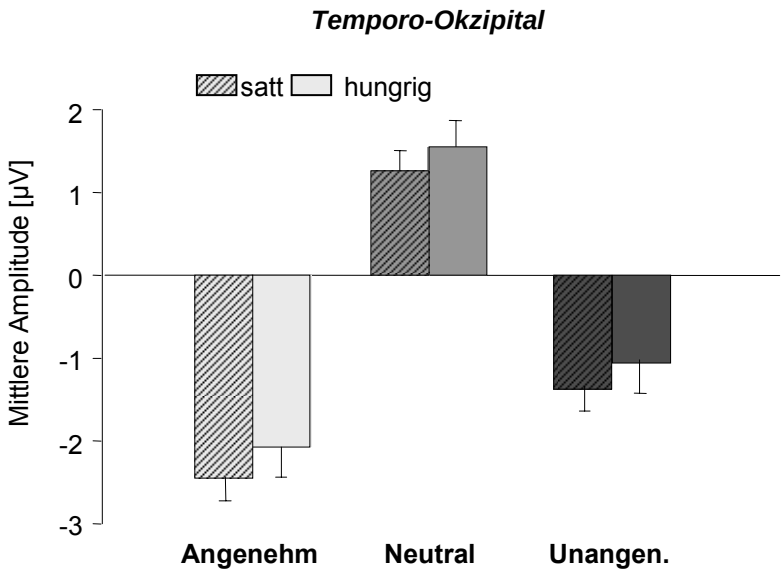


Abbildung 26: Mittelwerte und Standardfehler für die drei emotionalen Bildkategorien in sattem und hungrigem Zustand für den Zeitbereich von 200 bis 300 ms.

Die Folgetests zu dem signifikanten Kategorieneffekt bestätigten, dass sowohl Angenehme wie Unangenehme sich deutlich von den Neutralen unterschieden, F (1, 15) = 102.2, p < .001, und, F (1, 15) = 71.4, p < .001. Darüber hinaus gab es signifikante Unterschiede zwischen Angenehmen und Unangenehmen, F (1, 15) = 10.1, p = .006. Der Unterschied der Angenehmen gegenüber Neutralen und Unangenehmen war an der rechten temporo-okzipitalen Sensorgruppe stärker ausgeprägt, was durch die signifikanten Interaktionen von Kategorie und Lateralität angezeigt wurde, KATEGORIE x LAT: F (2, 30) = 10.7, p < .001, ε = 1.0. Die Berechnungen der frontalen Sensorgruppen ergaben analoge Ergebnisse (wobei die Amplitudenwerte entsprechend der Polaritätsumkehr jeweils umgekehrte Vorzeichen hatten).

3.4 Diskussion

Aus evolutionärer Perspektive kann eine automatische Aufmerksamkeitsallokation zugunsten von Essensreizen im hungrigen Zustand einen Überlebensvorteil darstellen, da diese in der appetitiven Phase (v.a. Identifikation und Lokalisation von, sowie Annäherung an Nahrung) die Verarbeitung distaler Hinweisreize verbessern kann. Im Sinne einer verstärkten Handlungsvorbereitung könnten Modulationen früher Perzeptionsprozesse die überlebensnotwendige Nährstoffaufnahme sichern helfen. In diesem Zusammenhang lautete die zentrale Frage der vorliegenden Arbeit: *Werden visuelle Nahrungsreize im hungrigen Zustand selektiv verarbeitet und lässt sich eine Aufmerksamkeitsallokation zugunsten von Essensbildern in Parametern der kortikalen Aktivität nachverfolgen?* Wie in Abschnitt 2.3 dargelegt, sind die bisherigen Befunde in diesem Zusammenhang uneinheitlich. So zeigen einige Studien mithilfe behavioraler Parameter einen Verarbeitungsvorteil für *Essenswörter* im hungrigen Zustand (z.B. Stroop-Paradigma: Channon & Hayward, 1990; Lavy, E. H. & van den Hout, M. A., 1993; Dot-Probe-Paradigma: Mogg et al., 1998; Placanica et al., 2002). Allerdings wurden derartige Aufmerksamkeitsverschiebungen nicht in allen Untersuchungen über Verhaltensmaße nachgewiesen (z.B. Stroop-Paradigma: Stewart & Samoluk, 1997; Posner-Cuing-Paradigma: Leland & Pineda, 2006). Bei Darbietung von *Essensbildern* konnten zwei Studien bereits spezifische Deprivationseffekte für peripherphysiologische Parameter nachverfolgen (Drobes et al., 2001; Mauler et al., im Druck). Diese Befunde wurden im Kontext von Langs Theorie zur „motivierten Aufmerksamkeit“ in Bezug gesetzt zur Zunahme an motivationaler Relevanz der Nahrungsreize im hungrigen Zustand. Die vorliegende Untersuchung fragte nach derartigen Einflüssen der Reizbedeutsamkeit in Abhängigkeit des Zustandes auf der *perzeptuellen Ebene* und verwendete die ERP-Methode um Aussagen zur zeitlichen Dynamik möglicher Modulationen bei der Verarbeitung dieser Reizklasse machen zu können. Die ERP-Methode erlaubt durch die zeitliche Auflösung im Millisekundenbereich über die Untersuchung von Aufmerksamkeitseffekten auf frühen perzeptuellen Verar-

beitungsstufen hinaus die Differenzierung verschiedener Subprozesse. Weiterhin können die Verarbeitungsprozesse bei der passiven Betrachtung visueller Stimuli ohne Interferenzen durch zusätzliche Aufgabenausführungen nachverfolgt werden.

In dieser ersten Studie konnten sowohl auf subjektiver Ebene wie in den ERPs *spezifische Deprivationseffekte bei dem Betrachten von Essensbildern* nachgewiesen werden. In den subjektiven Bewertungen sprechen sowohl die Steigerungen bei Valenz- wie Erregungseinschätzungen für einen größeren Anreizwert der Nahrungsreize im hungrigen Zustand. Die ERPs zeigten Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand spezifisch für Essensbilder in einem Zeitbereich von 50 bis 80 ms und zwischen 180 und 320 ms. Diese ERP-Muster verweisen auf eine veränderte Verarbeitung der zustandrelevanten Essensbilder nach Deprivation und werden im Anschluss an die folgende Beschreibung der Befunde zu den subjektiven Angaben näher erläutert.

3.4.1 Subjektive Bewertungen

Alle Teilnehmer gaben im Anschluss an die Untersuchungen an, die Instruktionen zum Essverhalten befolgt zu haben. Die Einschätzungen zum *subjektiv empfundenen Hunger* zeigten den erwarteten deutlichen Anstieg nach der Nahrungsdeprivation, entsprechend der Berichte zahlreicher anderer Untersuchungen (Overduin, J. & Jansen, 1996; Mogg et al., 1998; Lozano, Crites & Aikman, 1999; Drobes et al., 2001; Plihal et al., 2001; Placanica et al., 2002; Hachl et al., 2003; Leland & Pineda, 2006; Mauler et al., im Druck). Es gab weiterhin signifikante Unterschiede zwischen der Prä- und Postmessung, ähnlich wie in der Untersuchung von Leland und Pineda (2006). Die Probanden der vorliegenden Untersuchung waren sowohl im satten als auch im hungrigen Zustand nach der zweistündigen Messung deutlich hungriger als zu Beginn der Untersuchung. Für die Hungereinschätzungen war der Zuwachs im satten Zustand sogar stärker als im

hungrigen, wobei bei letzterem die hohen Ausgangswerte im Sinne eines Deckeneffektes möglicherweise eine vergleichbare Zunahme nicht mehr erkennen ließen.

Die *Appetitangaben* zeigten ebenfalls eine deutliche Zunahme von sattem zu hungrigem Zustand sowie einen Anstieg jeweils im Verlauf der Untersuchung. Im Gegensatz zu den Hungereinschätzungen waren hier die Differenzen von Prä- zu Postmessung in beiden Zuständen gleichermaßen ausgeprägt, was möglicherweise auf die niedrigeren Ausgangswerte zurückgeführt werden kann. Im Anschluss an die Messung wurden bei der Abfrage nach speziellen Mahlzeiten, auf die Appetit verspürt wird, darüber hinaus häufig Dinge genannt, die in der Präsentation enthalten waren (siehe Anhang E). Das könnte auf eine direkte Wirkung der Darbietung von visuellen Nahrungsreizen auf subjektiv erlebten Hunger und Appetit hinweisen. Interessanterweise gibt es in dem Zusammenhang Befunde, die zeigen, dass Hungereinschätzungen nicht nur durch die Zeit per se sondern durch die Präsentation von Essensreizen beeinflusst werden (siehe dazu: Herman, Ostovich & Polivy, 1999). Diese Hypothese kann zwar in dem vorliegenden Versuchsaufbau aufgrund einer fehlenden Vergleichsbedingung (Darbietung von Reizen ohne Bezug zu Essen) nicht geprüft werden. Es ist aber anzunehmen, dass der deutliche Zuwachs von Prä- zu Postmessung in sattem wie hungrigem Zustand auch auf die Präsentation von Essensbildern zurückzuführen ist.

Die *Bewertungen der Essensbilder* auf den Basisdimensionen von Valenz und Erregung, die jeweils im Anschluss an die EEG-Messungen erhoben wurden, ergaben signifikante Änderungen zwischen sattem und hungrigem Zustand. Die Essensbilder als externale Hinweisreize auf Nahrung wurden nach der eintägigen Deprivation als deutlich *angenehmer* (wie bei: Mauler et al., im Druck) und *erregender* (wie bei: Drobes et al., 2001; Mauler et al., im Druck; Lüthy et al., 2003) eingeschätzt als zum satten Vergleichstermin. Zusammengenommen sprechen diese Steigerungen für einen Anstieg im Anreizwert der Essensbilder im hungrigen Zustand. Auf einen solchen Zuwachs verweist auch die verstärkte Muskelaktivität des Zygomatikus nach Deprivation in der Studie von Drobes und Kollegen (2001).

Weitere Bestätigung für eine Steigerung des appetitiven Charakters bei Nahrungsreizen nach Deprivation lieferten Untersuchungen sowohl über explizite Abfragen (Lavy, E. H. & van den Hout, M. A., 1993; Lozano et al., 1999) als auch über implizite Bewertungsparameter (Seibt et al., eingereicht).

Für die Spezifität dieser deprivationsbedingten Steigerungen in der subjektiv eingeschätzten Wertigkeit der Essensbilder sprechen die unveränderten *Bewertungen der Kontrollbilder* (Angenehme, Neutrale und Unangenehme). Für die Vergleichskategorien der emotionalen Bilder war im satten wie hungrigen Zustand die erwartete Modulation in Abhängigkeit der Bildkategorie gleichermaßen erkennbar. Damit werden zum einen die generellen Erwartungen zur Verteilung der Einschätzungen im affektiven Raum nach dem Modell von Lang (1997) bestätigt (siehe Abschnitt 2.2.3). Dass dieses Muster zum anderen stabil über beide motivationalen Zustände beobachtbar war, repliziert die Befunde früherer Untersuchungen, die ebenfalls in den subjektiven Einschätzungen emotionaler Bilder keine Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand erbrachten (Drobes et al., 2001; Lüthy et al., 2003; Mauler et al., im Druck).

3.4.2 Ereigniskorrelierte Potentiale

3.4.2.1 Frühe Deprivationseffekte für Essensbilder (50-80 ms)

In den ERPs der Essensbilder zeigte sich eine frühe negative Komponente im Zeitfenster zwischen 50 bis 80 ms, deren zeitliche sowie topographische Charakteristika auf eine C1-Komponente verweisen (Martinez et al., 1999). Diese Komponente wurde bisher nur bei lateralisierter Darbietung beschrieben, weshalb in der vorliegenden Studie bei zentraler Präsentation der Bilder nicht erwartet wurde, eine solche Komponente zu beobachten. Möglicherweise ist dies auf methodische Besonderheiten der vorliegenden Untersuchung wie zum einen die hohe räumliche Auflösung durch die Verwendung von Hochdichtesystemen und zum anderen auf die schnelle kontinuierliche Reizdarbietung zurückzuführen. Diese Art der Präsentation (mit 333 ms pro Bild) verstärkt vielleicht die frühen visuellen Verar-

beitungsprozesse und führt dazu, dass eine C1-Komponente auch bei zentraler Darbietung zu beobachten ist. Klassische Arbeiten zu aufmerksamkeitssensitiven ERP-Komponenten berichten, dass die C1, deren Quellen vermutlich in primären visuellen Kortexarealen liegen (Clark, Fan & Hillyard, 1995), nicht durch explizite Aufmerksamkeitsprozesse beeinflussbar ist (Gomez Gonzalez, Clark, Fan, Luck & Hillyard, 1994; Martinez et al., 1999; siehe auch Kanwisher & Wojciulik, 2000). Neuere Arbeiten konnten jedoch zeigen, dass diese frühe Komponente durchaus durch den Bedeutungsgehalt visueller Stimuli moduliert wird (im Dotprobe-Paradigma mit ängstlichen Gesichtsausdrücken: Pourtois, Grandjean, Sander & Vuilleumier, 2004; mit Mustern im Konditionierungsdesign: Stolarova, Keil & Moratti, 2006). Interessanterweise war die C1-Komponente in der vorliegenden Arbeit spezifisch für Essensbilder in Abhängigkeit des motivationalen Zustandes moduliert. Während die emotionalen Vergleichsbilder keine Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand erkennen ließen, war die C1-Komponente für Essensbilder nach Deprivation *geringer* ausgeprägt. Dieser Befund von spezifischen zustandsabhängigen Änderungen einer frühen Komponente in den ERPs der Essensbilder sind zum einen unerwartet und bedürfen weiterführender Untersuchung um Aussagen zur Bedeutung der gefundenen Differenz machen zu können. Zum anderen liefert dieses Ergebnis erste Evidenzen für einen selektiven Einfluss von Nahrungsdeprivation auf die kortikale Verarbeitung bei Betrachtung zustandsrelevanter Reize.

3.4.2.2 Spezifische Deprivationseffekte für Essensbilder zwischen 180-320 ms

Die ERP-Differenzen von sattem und hungrigem Zustand ergaben für die Essensbilder weiterhin *Unterschiede im Zeitbereich zwischen 180 und 320 ms*. Innerhalb dieses Zeitfensters zeigten die Berechnungen im Bereich von 180 bis 220 ms signifikante positive Differenzen an parietalen und negative Differenzen an frontalen Sensoren sowie negative Differenzen an temporo-okzipitalen Sensoren. Zwischen 280 und 320 ms gab es verstärkte Negativierungen an temporo-okzipitalen

und Positivierungen an zentralen Sensoren. Die Kontrollberechnungen der emotionalen Vergleichsbilder für diese Zeitbereiche ergaben keine Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand und sprechen somit für die Spezifität der Deprivationseffekte für die Kategorie der Essensbilder.

Die Vorhersage, die hier geprüft wurde, ging von den theoretischen Annahmen zur Modulation der ERP-Komponenten in Abhängigkeit der *motivationalen Bedeutsamkeit* visueller Reize aus (siehe Abschnitt 2.2.2). Entsprechend wurden als Folge des postulierten Relevanzzuwachses der Essensbilder nach Deprivation verstärkte Negativierungen über temporo-okzipitalen Bereichen erwartet, wie sie bei dem Vergleich relevanter emotionaler und neutraler Bilder gezeigt wurden. Diese posteriore Negativierung ist in vergleichbaren Anordnungen im Zeitbereich zwischen 200 und 300 ms beobachtet wurde. Da die emotionalen Kategorien in der vorliegenden Studie als Kontrollbilder verwendet wurden, ist hier ein direkter Vergleich der emotionalen Modulation mit der Variation des motivationalen Zustandes möglich. Dabei ergeben sich sowohl interessante Parallelen als auch Unterschiede, die im Folgenden anhand einer Abbildung näher beschrieben werden, die zum einen die Potentialverteilungen für die Bereiche der signifikanten Unterschiede, sowie die Differenzverteilungen für gesamten Zeitbereich zwischen 180 und 320 ms wiedergibt.

Wie die Darstellungen der topographischen Verteilung der ERPs für Essensbilder in sattem und hungrigem Zustand in Abbildung 27 anzeigen, sind die Amplituden sowohl für die positiven (vor allem um 200 ms in 27A) wie negativen (vor allem um 300 ms in 27B) Potentiale nach der Deprivation erhöht. Obgleich diese Oberflächenverteilungen unterschiedliche Schwerpunkte anzeigen, liefert der Blick auf die Darstellungen der Quellenschätzung in Abbildung 27C und D übereinstimmend Verstärkungen temporo-okzipitaler Bereiche bei der Betrachtung von Essensbildern nach Deprivation. In der fMRI-Untersuchung von LaBar und Kollegen (2001), bei der Essens- und Werkzeugbildern als Stimuli dienten, gab es kategoriespezifische Aktivierungen extrastriärer Kortexbereiche für die

Nahrungsreize. Diese waren allerdings nicht signifikant verändert im hungrigen Zustand. Dass in der vorliegenden Studie Verstärkungen visueller Areale in Abhängigkeit der Deprivation aufgezeigt werden können, gibt einen Hinweis darauf, dass die ERP-Methode möglicherweise durch die höhere zeitliche Auflösung besser in der Lage ist, Änderungen in frühen Verarbeitungsprozessen zu erfassen, die eventuell nur in begrenzten Zeitfenstern Modulationen erkennen lassen.

Der Vergleich der Differenz von Hungrig-Satt für Essensbilder (27E) mit der Kategoriendifferenz bei IAPS-Bildern (27G, Emotional-Neutral) zeigt zum einen, dass die Differenzwerte bei der Variation des motivationalen Zustandes mit rund 1 μV nicht in der gleichen Größenordnung liegen wie die Kategorien-Differenz bei der EPN. Des weiteren ist die topographische Verteilung von positiven und negativen Differenzen deutlich unterschiedlich. Im Vergleich zur EPN liegt der Schwerpunkt der Positivierung bei den Essensbildern über parietalen Sensorbereichen und die Negativierung ist lediglich an temporalen Sensoren deutlich ausgeprägt, während diese sich bei der EPN über eine große Anzahl posteriorer Sensoren erstreckt. Neben diesen Besonderheiten der Skalptopographie bei der deprivationsbedingten Veränderung für die Essensbilder ergeben die Quellendarstellungen erkennbare Parallelen zur emotionalen Modulation. So sind ähnliche Bereiche des visuellen Kortex verstärkt aktiv für Essensbilder in hungrigem Zustand (27C und D) wie sie in Abbildung 27H für die Differenz von emotionalen gegenüber neutralen Bildern angezeigt werden. Diese Parallelen können einen Hinweis darauf liefern, dass bei gegebener Unterschiedlichkeit der Oberflächenverteilungen trotzdem ähnliche Prozesse zur Verstärkung der Verarbeitung relevanter Reize in visuellen Arealen führen (siehe unten Abschnitt 3.4.2.3).

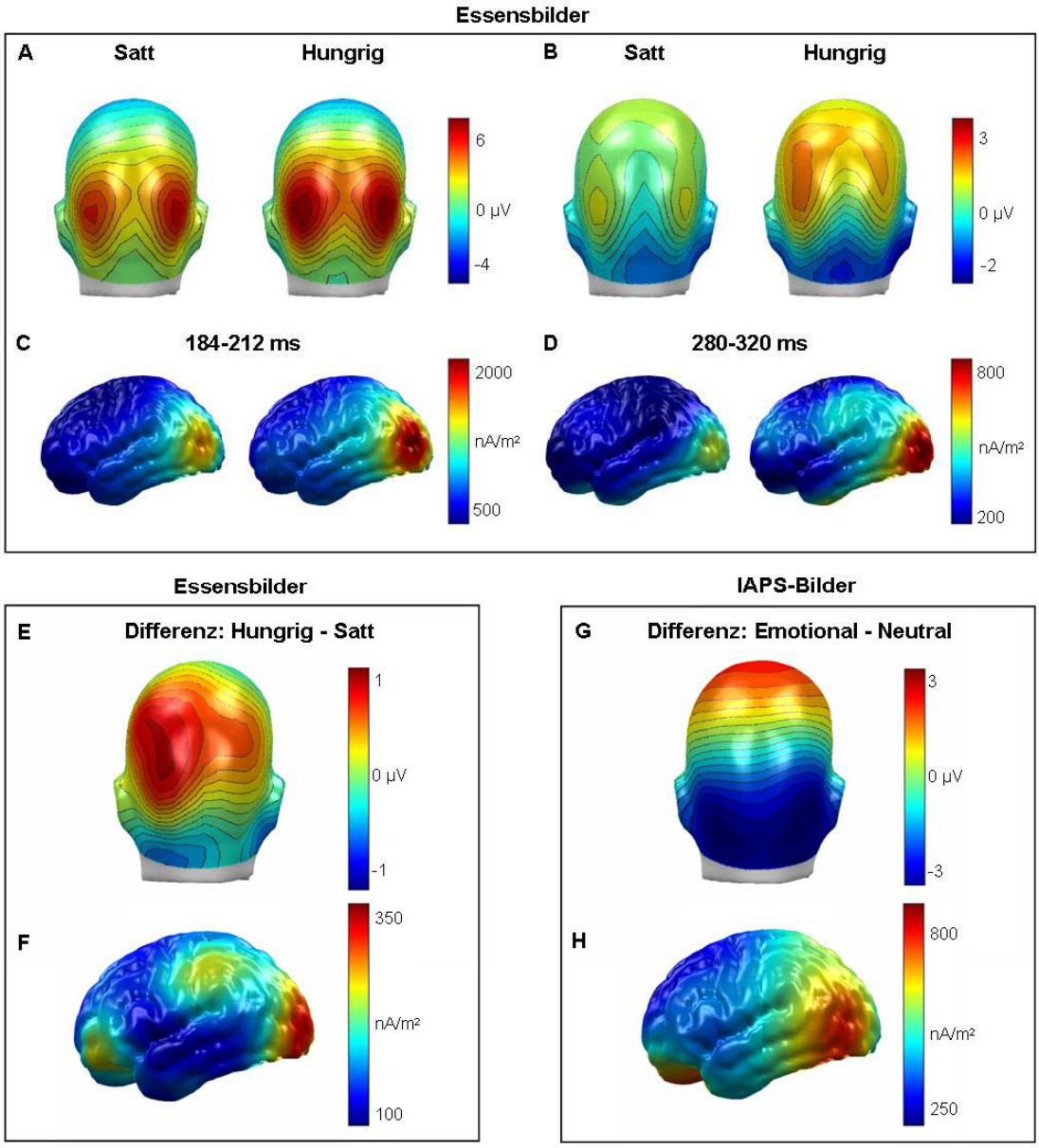


Abbildung 27: Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand für Essensbilder und Differenz emotionaler vs. neutraler Bilder. A) Topographische Ansicht (von hinten) der Potentialverteilungen bei Betrachten von Essensbildern in sattem und hungrigem Zustand für den Zeitraum von 184 - 212 ms und B) für den Zeitraum von 280 - 320 ms. C) und D) Darstellung der MN-Schätzungen. E) Topographische Ansicht der Differenz Hungrig-Satt für Essensbilder für gesamtes Zeitfenster von 180-320 ms. F) Darstellung der MN-Schätzung der Differenz. G) Topographische Ansicht der Differenz Emotional-Neutral von 180 - 320 ms. H) Darstellung der MN-Schätzung der Differenz Emotional-Neutral.

Neben einer Verstärkung der visuellen Bereiche zeigen die Quellenschätzung für die Essensbilder in Abbildung 27D Veränderungen in parietalen und frontalen Bereichen nach Deprivation an. Vergleichbare Bereiche wurden neben den extra-

striären Arealen bei der selektiven Verarbeitung relevanter emotionaler Bilder im Kontext der „motivierten Aufmerksamkeit“ beschrieben (Moratti, Keil & Stolarova, 2004). Die Parallelen zwischen emotionaler und motivationaler Modulation lassen den Schluss zu, dass die *motivationale Bedeutsamkeit* von Nahrungsreizen einen Einfluss auf die kortikale Verarbeitung dieser zustandsrelevanten Essensbilder im hungrigen Zustand hat. Dieser Relevanzzuwachs kann im Zusammenhang mit einer automatischen Aufmerksamkeitsallokation zugunsten überlebensrelevanter Stimuli gesehen werden. In diesem Zusammenhang sprechen die vorliegenden Ergebnisse für die eingangs formulierte Hypothese einer selektiven Verarbeitung von Nahrungsreizen im hungrigen Zustand. Eine erleichterte Verarbeitung relevanter Reize kann der Optimierung der Orientierung in der Umwelt und der angemessenen Handlungsvorbereitung dienen. Weiterführendes zur Frage der Netzwerkstrukturen, die an solchen Veränderungen in der Reizverarbeitung beteiligt sein können, liefert der unten stehende Abschnitt 3.4.2.3.

Zuvor soll im Folgenden auf die Besonderheiten bei den ERPs für die Essensbilder eingegangen werden. Bemerkenswert an den vorliegenden Ergebnissen war die deutliche Ausprägung einer P2-ähnlichen Komponente über parietalen Bereichen für Essensbilder (siehe Abbildung 28), die in hungrigem Zustand signifikant erhöht war. Aus dem Bereich expliziter selektiver Aufmerksamkeitssteuerung sind verstärkte P2-Amplituden für zu beachtende Reizkonfigurationen bekannt. Diese aufmerksamkeitssensitive Komponente wird als „selection positivity“[17] bezeichnet (Wijers, Mulder, Okita, Mulder & Scheffers, 1989; Kenemans, Kok & Smulders, 1993; Luck & Hillyard, 1994; Michie et al., 1999; Potts & Tucker, 2001; Übersichtsarbeit: Mangun & Hillyard, 1995). Diese positiven Differenzen werden als maximal über frontalen Sensorbereichen berichtet, während sie in der vorliegenden Studie besonders an parietalen Sensoren zu finden waren. Einige Studien berichten im Kontext impliziter Aufmerksamkeitslenkung von einem Einfluss des

[17] wobei noch nicht abschließend geklärt ist, in welchem Zusammenhang sie zur posterioren „selection negativity“ (siehe Abschnitt 2.2.2) steht

Bedeutungsgehaltes visueller Reize auf die P2-Komponente über parietalen Bereichen, unter anderem bei Darbietung emotionaler Zeichnungen (unter Verwendung der „average reference“: Carretié, Martin-Loeches, Hinojosa & Mercado, 2001; Delplanque, Lavoie, Hot, Silvert & Sequeira, 2004) und bei Darbietung unterschiedlich valenter Gesichter im Kontext einer Stereotypiestudie (Ito & Urland, 2005). Gesteigerte ERP-Amplituden im P2-Bereich bei Darbietung von Essensreizen im hungrigen Zustand wurden von Plihal und Kollegen (2001) im Rahmen eines Worterkennungsparadigmas gezeigt. Diese Veränderungen waren aber nicht spezifisch für die Essensreize, denn die P2 für die Vergleichskategorie sexueller Wörter war nach Deprivation ebenfalls signifikant erhöht. In der vorliegenden Studie zeigten die Ergebnisse zu den Vergleichsreizen im Gegensatz dazu keine Änderungen im P2-Bereich für die angenehmen Bilder (wobei hier in dieser Kategorie neben den Erotika noch weitere Bildinhalte enthalten waren).

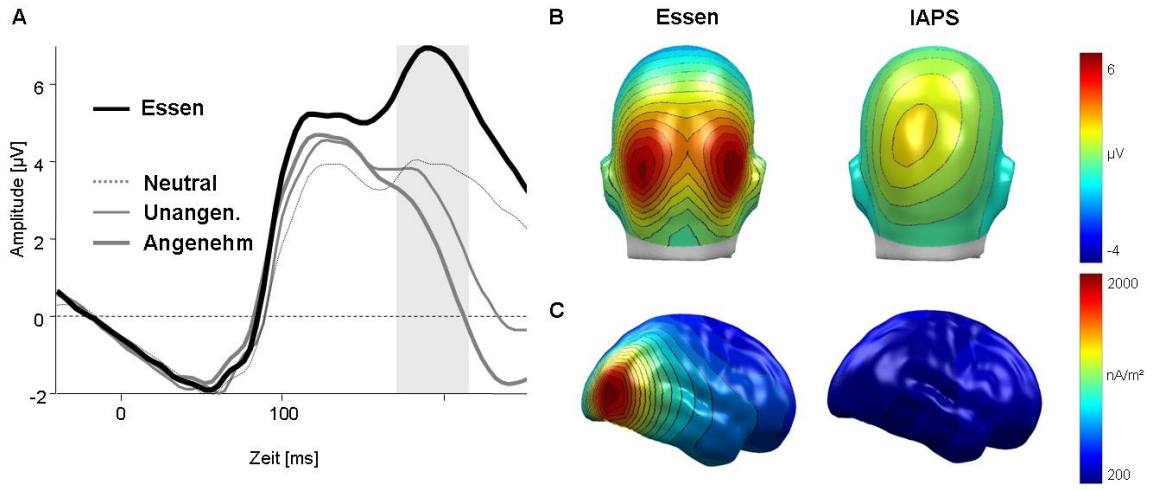


Abbildung 28: A) Potentialverläufe eines posterioren Sensors (#66) für Essensbilder und emotionale Vergleichsbilder jeweils gemittelt über satten und hungrigen Zustand. B) Topographische Ansicht der Potentialverteilung im Zeitbereich von 180-220 ms in der Rückansicht auf einen Modellkopf für Essensbilder und das Mittel über alle Vergleichskategorien. C) Darstellung der MN-Schätzung in der Ansicht von rechts.

Die Unterschiede in der Ausprägung der P2-ähnlichen Komponente für Essensbilder im Vergleich zu den IAPS-Bildern könnten einen Hinweis liefern auf

die beschriebenen Unterschiede zwischen der Differenz bei Variation des motivationalen Zustandes und der emotionalen Modulation. Möglicherweise werden durch die Darbietung von Essensbildern kategoriespezifische Sub-Bereiche in den visuellen Assoziationskortizes angesprochen (siehe: Kanwisher, 2003; Haxby, Gobbini & Montgomery, 2004). Derartige objektspezifische Verarbeitungsprozesse wurden beispielsweise bei der Betrachtung von Gesichtern (Kanwisher, McDermott & Chun, 1997; Ishai, Ungerleider, Martin & Haxby, 2000; Haxby, Gobbini, Furey, Ishai, Schouten et al., 2001), menschlichen Körpern (Downing, Jiang, Shuman & Kanwisher, 2001), oder Tieren im Vergleich zu Werkzeugen (Martin, Wiggs, Ungerleider & Haxby, 1996; Chao, Haxby & Martin, 1999) nachverfolgt. Eine fMRI-Studie von Moore und Price zeigte in diesem Kontext unter anderem stärkere Aktivierungen linkstemporaler Bereiche bei Darbietung von gezeichneten Früchten und Obst (Moore & Price, 1999). Die in der vorliegenden Studie dargebotenen Essensbilder bildeten eine vergleichbar eng umgrenzte Kategorie von Tellergerichten. Diese sind auf perzeptueller Ebene durch die charakteristischen runden oder ovalen Formen der Teller und der geringen Distanz der Objekte zum Betrachter vergleichsweise leicht als distinkte Kategorie innerhalb des Reizstromes auszumachen (siehe Bildauswahl in Anhang D_1). Darüber hinaus ist die Kategorie der Essensbilder inhaltlich deutlich umgrenzter als die emotionalen Vergleichsbilder, die ein breites Spektrum unterschiedlicher Szenen enthalten. Im Kontext der Überlegungen zu kategoriespezifischen Effekten ist interessant, dass die Darstellungen der MN-Schätzung in Abbildung 27C für Essensbilder bereits um 200 ms visuelle Areale als besonders bedeutsam für die Generierung der Oberflächenverteilung anzeigen. Eine Aktivierung in vergleichbarer Größenordnung für die komplexeren IAPS-Bilder ist für diesen frühen Zeitbereich noch nicht erkennbar. Zur weiteren Untersuchung der Besonderheiten in den ERPs der verwendeten Essensbilder und den spezifischen Deprivationseffekten wäre es demnach von Vorteil, eine weitere Bildkategorie zu ergänzen, die in vergleichbarer Weise inhaltlich umgrenzt ist und ähnliche perzeptuelle Merkmale aufweist.

3.4.2.3 Verstärkung der visuellen Verarbeitung zustandsrelevanter Essensbilder über kortikale und subkortikale Netzwerkstrukturen

Die vorangegangenen Abschnitte legten dar, dass bei Darbietung von Essensbildern im hungrigen Zustand spezifische Änderungen in den ERP-Komponenten erkennbar sind, während die emotionale Modulation unverändert ist. Im Quellenraum werden für den Deprivationseffekt für Nahrungsreize verstärkte Aktivierungen in extrastriären, parietalen und frontalen Bereichen angezeigt. Wie oben angemerkt, wurden diese Strukturen bereits im Kontext der emotionalen Modulation visueller Reize beschrieben (Moratti et al., 2004). Im Folgenden sollen die Befunde zu diesen Bereichen in Bezug zur veränderten Verarbeitung motivational relevanter Essensbilder gesetzt werden.

Zur Bedeutung extrastriärer Kortexareale erläutert eine aktuelle Arbeit, dass die Aktivierung dieser Bereiche als bedeutsam für die selektive Auswahl relevanter Objekte angenommen werden, sowohl für objektbezogene als auch räumliche Aufmerksamkeitsprozesse (Martinez, Teder-Salejarvi, Vazquez, Molholm, Foxe et al., 2006). Während bei dieser Untersuchung die Relevanz der jeweiligen Reizklassen durch Instruktion bestimmt wird, zeigen zahlreiche Studien zur Verarbeitung emotionaler Bilder, dass auch intrinsische *motivationale Bedeutsamkeit* zu Aufmerksamkeitslenkung führt. In solchen Anordnungen mit passiver Bildbetrachtung findet man ebenfalls verstärkte Aktivierungen temporo-okzipitaler Areale bei emotional erregenden im Vergleich zu neutralen Bildern (Lang, Bradley, Fitzsimmons, Cuthbert, Scott et al., 1998; Bradley, Sabatinelli, Lang, Fitzsimmons, King et al., 2003; Junghöfer et al., 2006). Diese Effekte verstärkter Aktivierungen extrastriärer Bereiche in Abhängigkeit der *motivationalen Bedeutsamkeit* werden häufig erklärt über verstärkende Verbindungen subkortikaler Strukturen (v.a. der Amygdala: Morris, Friston, Buchel, Frith, Young et al., 1998; LeDoux, 2002; Sabatinelli, Bradley, Fitzsimmons & Lang, 2005) und kortikaler Strukturen (Foxe & Simpson, 2002; Keil, Gruber, Müller, Moratti, Stolarova et al., 2003; Keil, 2004) zu den visuellen Kortexarealen.

Besonders die *Amygdala* hat zahlreiche Verbindungen zu den unterschiedlichen Bereichen visueller Informationsverarbeitung (Amaral et al., 1992; Emery & Amaral, 2000) und ist eine wichtige Struktur bei der Kodierung der Wertigkeit visueller Reize (Paton, Belova, Morrison & Salzman, 2006; siehe Abschnitt 2.1.2) sowie bei der Regulation von Reaktionsauswahl und Zielerreichung in Abhängigkeit des Anreizwertes sensorischer Reize (Rolls, E. T., 1999; Robbins & Everitt, 1996). Die Amygdala spielt außerdem bei der Beurteilung von Nahrungsreizen eine wichtige Rolle (Ono & Nishijo, 1992; Emery & Amaral, 2000). Aus klassischen Tieruntersuchungen ist die Bedeutung der Amygdala in Bezug auf Essverhalten ebenfalls bekannt. So werden unter dem Begriff *Klüver-Bucy-Syndrom* verschiedene Verhaltensänderungen beschrieben, die nach Amygdalaektomie auftreten (Klüver & Bucy, 1939). Dabei fallen unter anderem die fehlende Diskriminierung zwischen Essbarem und Nicht-Essbarem auf (was sich darin zeigt, dass die läsionierten Affen alles in den Mund stecken). Weiterhin wurden veränderte Nahrungspräferenzen nach Amygdalaläsionen bei Affen beobachtet (Murray, Gaffan & Flint, 1996). Bei Devaluationsuntersuchungen änderten amygdalaläsionierte Affen ihr Verhalten gegenüber den vormals positiven Verstärkern trotz Devaluation durch selektive Sättigung nicht (Baxter, Parker, Lindner, Izquierdo & Murray, 2000). In der Untersuchung zur Nahrungsdeprivation von Morris und Dolan (2001) zeigt sich vor allem die linke Amygdala (im Zusammenspiel mit dem rechten OFC) im Zusammenhang mit dem Wiedererkennensvorteil für Essensbilder im hungrigen Zustand verstärkt aktiv. Die beschriebenen Befunde zeigen, dass die Amygdala eine wichtige Rolle bei der Verarbeitung von Essensreizen spielt (siehe auch: Gottfried et al., 2003; Killgore et al., 2003). Unter der Annahme rückverstärkender Verbindungen der Amygdala zu visuellen Kortexarealen ist über diese Netzwerke eine frühe Modulation der Verarbeitung von Essensbildern im hungrigen Zustand möglich.

Neben den genannten Unterschieden in extrastriären Bereichen des visuellen Kortex waren in dieser Untersuchung weiterhin *parietale und frontale Bereiche* im

hungrigen Zustand bei Betrachtung von Essensbildern verstärkt aktiv. Fronto-parietale Netzwerkstrukturen wurden in zahlreichen Arbeiten als zentral zur Steuerung räumlicher Orientierungs- und Aufmerksamkeitsprozesse beschrieben (Posner & Petersen, 1990; Corbetta, 1998; Nobre, 2001; Corbetta & Shulman, 2002; Nobre, Coull, Maquet, Frith, Vandenberghe et al., 2004; Naghavi & Nyberg, 2005). Untersuchungen mit Neglekt-Patienten verweisen ebenfalls auf die Bedeutung fronto-parietaler Bereiche bei Aufmerksamkeitsprozessen (Posner & Raichle, 1994), wobei die Heterogenität der Verhaltensstörungen bei Läsionen in parietalen Bereichen auf ein breites Funktionsspektrum dieser Areale hindeutet (Rizzolatti & Matelli, 2003). Verschiedene Bereiche des Parietalkortex wurden mit stimulusgetriebener attentionaler Orientierung („Attention Capture" – siehe Abschnitt 2.2; Downar, Crawley, Mikulis & Davis, 2002) und Prozessen zielgerichteter Orientierung assoziiert (Behrmann, Geng & Shomstein, 2004).

Man könnte anhand dieser Aspekte zur funktionalen Bedeutung fronto-parietaler Kortexareale spekulieren, dass die verstärkte Aktivität dieser Bereiche bei der Verarbeitung von Essensbildern nach Nahrungsdeprivation in der vorliegenden Studie eine automatische Aufmerksamkeitssteuerung im Sinne einer spezifisch objektbezogenen Handlungsvorbereitung widerspiegelt. Die dargebotenen Essensbilder sind visuelle Reize mit eindeutigen Formen und Inhalten. Denkbar ist, dass diese Reize, im Sinne des „ökologischen Ansatzes zur Wahrnehmung" nach Gibson (1986), unmittelbare Aufforderungen zur Annäherung vermitteln. Gibson prägte den Begriff der „affordances"[18] und meint damit, dass Reize vom Beobachter als spezifische Angebote im Sinne eines funktionalen Bezuges wahrgenommen werden. Er bezieht sich dabei auf Aussagen des Gestaltpsychologen Koffka, der sagt:

"Each thing says what it is. … a fruit says "Eat me"; water says "Drink me"; thunder says "Fear me"; and woman says "Love me" (zitiert nach Gibson, 1986; Seite 138).

[18] Da es für das Konzept der „affordances" keine gängige deutsche Wendung gibt, wird der vom Autor erdachte englische Ausdruck verwendet.

Das Konzept der „affordances“ ist mit Blick auf eine mögliche automatische Aufmerksamkeitssteuerung bei Darbietung von Objekten mit direktem Handlungsbezug experimentell geprüft und unter anderem mittels verschiedener bildgebender Verfahren bestätigt worden (PET[19]: Grèzes & Decety, 2002; ERP/fMRI: Handy, Grafton, Shroff, Ketay & Gazzaniga, 2003). Dabei wird insbesondere die Bedeutung parietaler Areale betont. Die Darstellungen appetitlich angerichteter Speisen könnten in dem Zusammenhang als unmittelbar „begreifbar“ wahrgenommen werden und aufgrund der hohen Vertrautheit mit vergleichbaren visuellen Essensreizen die Vorbereitung spezifischer motorischer Programme („motor schemata“) auslösen. Dieser Aufforderungscharakter der Essensbilder wäre zwar auch im satten Zustand gleichermaßen wahrnehmbar, ihre Wertigkeit könnte sich allerdings im Sinne einer verstärkten Anziehungskraft im hungrigen Zustand verändern.

3.4.2.4 Replikation der emotionalen Modulation unabhängig von Hunger und Sattheit

Die *ERPs der emotionalen Bilder,* die zusätzlich zu den oben genannten Kontrollanalysen auf die Replikation der EPN hin untersucht wurden, zeigten die erwartete Modulation in Abhängigkeit der Bedeutsamkeit der Bildinhalte. Diese war nicht von der Nahrungsdeprivation beeinflusst. Diese Ergebnisse sprechen ebenfalls gegen einen generellen Erregungseffekt von Deprivation auf die Bildverarbeitung, wie er beispielsweise für die Worterkennung beschrieben wurde (Ferguson, 1983). Sowohl bei angenehmen wie unangenehmen Bildern im Vergleich zu Neutralen war eine posteriore Negativierung (EPN) im Bereich von 200 bis 300 ms zu beobachten, die im satten wie hungrigen Zustand gleichermaßen stark ausgeprägt war. Die topographischen Darstellungen belegten ebenso wie die Potentialverläufe die Ähnlichkeit des erfassten mit dem erwarteten Befundmuster (Junghöfer et al., 2001; Schupp et al., 2003b; Schupp, Junghöfer et al., 2004). Die

[19] In dieser Studie wurden greifbare Objekte wie Teekannen, Espressokannen, Pfannen etc. so dargeboten, als stünden direkt vor dem Betrachter auf dem Tisch, also etwas in Originalgröße und in erreichbarem Abstand.

EPN war über parieto-okzipitalen Bereichen maximal, hatte aber insgesamt ein breites Verteilungsmuster und zeigte die erwartete Polaritätsumkehr an frontalen Sensorgruppen. In Replikation früherer Befunde war die EPN für angenehme Bilder stärker ausgeprägt als für unangenehme. Auch der rechtslaterale Fokus wurde bereits in früheren Studien beschrieben (siehe EEG: Junghöfer et al., 2001; Keil, Moratti, Sabatinelli, Bradley & Lang, 2005; fMRI: Bradley et al., 2003; Lang et al., 1998). Zum einen verweisen diese Befunde zur Replikation der EPN unter Nahrungsdeprivation auf den obligatorischen Charakter der frühen Enkodierungsstufe (Schupp et al., im Druck), auf der – unabhängig vom aktuellen motivationalen Zustand – emotional bedeutsame Reize selektiv verarbeitet werden. Weiterhin bestärken diese Befunde die Ergebnisse auf peripherphysiologischer Reaktionsebene, die ebenfalls stabile Modulationen emotionaler Reize unabhängig von Hunger und Sättigung beschrieben (Drobes et al., 2001; Lüthy et al., 2003; Mauler et al., im Druck).

3.4.3 Zusammenfassung

Die Befunde der vorliegenden Studie sprechen für eine erleichterte Verarbeitung von Nahrungsreizen im hungrigen Zustand, die einer Optimierung antizipatorischer Verhaltensweisen in der appetitiven Phase der Nahrungsaufnahme durch verbesserte Identifikation und Lokalisation von Essensreizen dienlich sein kann. Die subjektiven Einschätzungen verwiesen auf einen Anstieg in der *motivationalen Bedeutsamkeit* der Nahrungsreize nach Deprivation. Die ERPs ergaben signifikante zustandsabhängige Modulationen für die Essensbilder für die C1-Komponente und im Zeitfenster zwischen 180 und 320 ms. Für die Spezifität der Deprivationseffekte spricht der Vergleich mit den emotionalen Bildern, die zwar eine stabile Modulation in Abhängigkeit der inhärenten Bedeutsamkeit aber keine Beeinflussung durch die Nahrungsdeprivation zeigen. Die Aktivierungen temporo-okzipitaler und sowie frontaler und parietaler Bereiche bei Betrachtung von Essensbildern im hungrigen Zustand können als Hinweis auf eine verstärkte Ver-

arbeitung der zustandsrelevanten Reize verstanden werden unter Beteiligung verschiedener Aufmerksamkeitsnetzwerken verstanden werden. Änderungen entlang des ventralen Stromes können auf verstärkte Verarbeitung der relevanten Objekteigenschaften hindeuten. Die Unterschiede entlang des dorsalen Stromes verweisen möglicherweise im Zusammenspiel mit der Aktivierung frontaler Bereiche auf veränderte Handlungsvorbereitung bei der Betrachtung von Essensbildern in Abhängigkeit der Deprivation. Diese Befunde sprechen dafür, dass die Verarbeitungsprozesse zustandsrelevanter Stimuli bereits auf früher perzeptueller Ebene spezifisch durch die aktuelle Motivationslage moduliert werden.

4 Studie 2

4.1 Ableitung der Fragestellung

In Studie 2 soll, aufbauend auf den oben beschriebenen Befunden von Studie 1, die Untersuchung des Einflusses vom motivationalen Zustand auf die kortikale Verarbeitung von Essensbildern in wesentlichen Punkten erweitert werden.

Wie in Abschnitt 2.2.2 und 2.2.3 erläutert wurde, sind Aufmerksamkeitseffekte nicht nur in frühen, sondern auch in späten ERP-Komponenten beobachtbar. So zeigten zahlreiche Untersuchungen zur expliziten Aufmerksamkeitslenkung erhöhte P3-Amplituden. Bei Darbietung emotionaler Bilder sind ebenfalls vergleichbare stabile Modulationen später positiver Potentiale (LPP) nachgewiesen worden, die als Indizes einer implizit verstärkten Reizverarbeitung auf höherer Ebene verstanden werden. Diese LPP-Differenzen zwischen emotionalen und neutralen Bildern werden in Bezug zu Arbeitsgedächtnisprozessen und einer elaborierteren Verarbeitung auf konzeptueller Ebene gesetzt (siehe Schupp et al., im Druck). Eine vertiefte Verarbeitung distaler Nahrungsreize auf einer Stufe, die möglicherweise mit bewussten Verarbeitungsprozessen assoziierbar ist, kann als sinnvoller Mechanismus innerhalb der appetitiven Phase des Essverhaltens gesehen werden. Diese verstärkte Verarbeitung könnte der Optimierung bei der Identifizierung und visuellen Selektion potentieller Nahrungsquellen im hungrigen Zustand dienen. Vergleichbar den Effekten gerichteter oder intrinsischer Aufmerksamkeitslenkung auf die Amplituden später positiver Potentiale könnte die Variation der Motivationslage auf dieser Ebene wirken. Um die Annahme einer zustandsabhängigen Modulation später Potentiale prüfen zu können, soll in Studie 2 die Darbietungszeit der Einzelreize im Rahmen des RSVP-Paradigmas zur Erfassung dieser Komponenten verlängert werden.

Eine weitere wesentliche Fortführung ist die Auswahl einer neuen Vergleichskategorie. In Studie 1 waren die Essensbilder durch die hohe perzeptuelle Ähnlichkeit der Einzelreize innerhalb der Kategorie und der größeren inhaltlichen Geschlossenheit (siehe Abschnitt 3.4) im Vergleich zu den heterogenen IAPS-Bildern leicht als

distinkte Bildgruppe im Reizstrom auszumachen. Wie oben diskutiert, hat diese Darbietungsform möglicherweise die Besonderheiten in den ERPs für die Essensbilder und die Unterschiede zwischen der zustandsabhängigen und der emotionalen Modulation mitbedingt. Aus diesen Gründen soll in Studie 2 eine andere Bildkategorie als Kontrollbedingung ergänzt werden. Diese neue Kategorie soll zum einen ähnliche perzeptuelle Eigenschaften wie die Essensbilder aufweisen und des Weiteren auf subjektiver Ebene vergleichbar angenehm eingeschätzt werden. Zu diesem Zweck sollen Blumenbilder ausgewählt werden, die - ähnlich wie die Essensbilder - vielfach runde Strukturen, unterschiedliche Farben und einen vergleichbaren Abstand vom Objekt zum Betrachter haben.

Darüber hinaus soll in Studie 2 ein Gedächtnistest ergänzt werden, der durch die Verwendung der neuen Vergleichskategorie von Blumenbildern aufgrund der perzeptuell höheren Ähnlichkeit mit den Essensbildern möglich wird. Bei einer Aufmerksamkeitslenkung zugunsten der zustandsrelevanten Essensbilder unter Deprivation können verbesserte Konsolidierungsprozesse angenommen werden (auch untersucht von: Channon & Hayward, 1990; Lavy, E. H. & van den Hout, M. A., 1993). In Anlehnung an die Studie von Morris und Dolan (2001; siehe Abschnitt 2.3.5) soll in Studie 2 geprüft werden, ob es einen Wiedererkennensvorteil für Essensbilder im hungrigen Zustand gibt, ähnlich wie es Befunde aus der Emotionspsychologie von Reizen mit hohem Bedeutungsgehalt zeigen konnten (siehe Übersichtsarbeit: LaBar & Cabeza, 2006). Zu diesem Zweck soll im Anschluss an die passive Bildbetrachtung von Essens- und Blumenbildern eine Auswahl der vormals gezeigten zusammen mit der gleichen Anzahl neuer Reize dargeboten werden. Auf diese Weise können Verhaltensleistungen bestimmt und die ERPs im Alt-Neu-Vergleich auf Deprivationseffekte untersucht werden.

Neben den genannten Erweiterungen im Vorgehen der Studie 2 soll die Prüfung der Einhaltung der Instruktionen zum Essverhalten neben der Abfrage und den Esstagebüchern um eine Messung des aktuellen Ketonspiegels ergänzt werden. Die Zustandsvariation stellt in dieser Untersuchung eine wesentliche Variable dar und

soll demgemäß objektiv überprüfbar sein. Zu diesem Zweck sollen Messungen des Ketonspiegels (siehe Abschnitt 2.3.3) im Blutstropfen erfolgen, um die Einhaltung der Restriktion zu untersuchen (siehe Mauler et al., im Druck).

Aus den oben beschriebenen Befunden aus Studie 1 und den genannten Erweiterungen lassen sich für Studie 2 folgende Hypothesen ableiten:

(1) Bezogen auf die Einschätzungen von subjektiv empfundenem Hunger und Appetit werden Vorhersagen analog zu den Befunden aus Studie 1 gemacht. Man erwartet demnach einen deutlichen Anstieg beider Skalen im hungrigen Zustand und darüber hinaus aufgrund der vergleichbaren Gesamtdauer der beiden Studien ebenfalls einen Zuwachs von Prä- zu Postmessung.

(2) Bei den subjektiven Bewertungen der dargebotenen Bilder wird eine Interaktion von Bildinhalt und motivationalem Zustand vorhergesagt, analog zu den Befunden aus Studie 1. Das heißt, auf den Dimensionen von Valenz und Erregung werden deutliche Anstiege für die Essensbilder im hungrigen Zustand erwartet. Gleichzeitig wird angenommen, dass die Einschätzungen der Vergleichsbilder keine Differenzen zwischen sattem und hungrigem Zustand zeigen.

(3) Bei der objektiven Erfassung des Nahrungsentzuges über die Messung des Ketonspiegels im Blutstropfen sind deutliche Anstiege im hungrigen Zustand (infolge der absoluten Restriktion von 24 Stunden) gegenüber dem satten Zustand zu erwarten (siehe Mauler et al., im Druck; Lüthy et al., 2003; Abschnitt 2.3.3).

(4) Bei den ERPs in frühen Zeitfenstern werden, analog zu den Befunden aus Studie 1, erhöhte Amplituden posteriorer Komponenten im Zeitbereich von 200 bis 300 ms bei Betrachtung der Essensbilder im hungrigen Zustand erwartet. Zu prüfen sind weiterhin frühe Effekte einer C1-ähnlichen Komponente um 60 ms.

(5) Für die späten Komponenten wird ein Anstieg positiver Potentiale für die zustandsrelevanten Essensbilder nach Deprivation Zustand erwartet, vergleichbar den Modulationen bei emotionalen im Vergleich zu neutralen Bildern. Da für die Vergleichskategorie der Blumenbilder kein Unterschied der *motivationalen Bedeutsam-*

keit in Abhängigkeit der Deprivation anzunehmen ist, werden für diese Kategorie keine Unterschiede zwischen satt und hungrig angenommen.

(6) Im Wiedererkennensabschnitt der Untersuchung wird ein Erinnerungsvorteil für Essensbilder im hungrigen Zustand vorhergesagt, der sich in einer höheren Anzahl korrekt zugeordneter Durchgänge widerspiegeln sollte (analog zu Morris & Dolan, 2001). In den ERPs wird eine Modulation später Potentiale entsprechend in der Literatur beschriebener „Alt-Neu-Effekte“ vorhergesagt (Rugg, M. D. & Allan, 2000). Dabei wird weiterhin geprüft, ob eine diese Differenz durch die Variation des motivationalen Zustandes beeinflusst wird.

4.2 Methodisches Vorgehen

4.2.1 Stichprobe

Für Studie 2 wurde die Stichprobe um eine Gruppe weiblicher Teilnehmerinnen ergänzt, um die Generalisierbarkeit der Ergebnisse erweitern zu können. Es nahmen 32 Probanden (16 Männer und 16 Frauen) teil, die an der Universität Konstanz rekrutiert wurden. Die Anwerbeprozedur und die Ausschlusskriterien waren analog zu Studie 1 (siehe Anhang B_2). Die Probanden erhielten im Anschluss an die erfolgte zweite Messung eine Aufwandsentschädigung über 20 Euro oder wahlweise vier Versuchspersonenstunden, sofern sie diese im Rahmen ihres Grundstudiums der Psychologie benötigten.

Die Stichprobe setzte sich ausschließlich aus Studenten und Mitarbeitern der Universität Konstanz zusammen. Deren Alter lag zwischen 19 und 33 Jahre (M = 23.3, SD = 3.3). Die Gruppe bestand aus 29 Rechts- und 3 Linkshändern. Alle Teilnehmer waren normalgewichtig, ihr BMI lag zwischen 19.8 und 24.9 (M = 21.6, SD = 1.4). Im IEG (Diehl & Staufenbiehl, 1999) waren keine auffälligen Abweichungen in den Angaben erkennbar (siehe Anhang F). Die Werte der Probanden in der Trate-Version des STAI (Laux, Glanzmann, Schaffner & Spielberger, 1981), die sie im Verlaufe des Vorgespräches machten, lagen im Normbereich (M = 34.9, SD = 5.2). Auch die Werte für die State-Version des STAI und des BDI (Hautzinger, Bailer, Worall & Keller, 1995), die jeweils am Anfang der Messtermine ausgefüllt wurden, lagen im Normbereich (STAI: M = 35.5, SD = 7.1; BDI: M = 2.1, SD = 2.3).

4.2.2 Stimulusmaterial

Für Studie 2 wurden farbige Bilder der Kategorien ESSEN (n = 40) und BLUMEN (n = 40) verwendet, die anhand vergleichbarer optischer Merkmale wie markante runde Strukturen (zum Beispiel Teller oder Blüten), Entfernung der Hauptobjekte oder Farbigkeit ausgewählt waren. Zusätzlich wurden die verwendeten Bilderserien hinsichtlich ihrer mittleren Helligkeit und ihres mittleren Kontrastes einander

angeglichen. Abbildung 29 zeigt einige Beispiele der verwendeten Stimuli und im Anhang A_2 ist der gesamte Bildsatz zu finden.

	ESSEN	BLUMEN
Beispiele		

Abbildung 29: Beispielbilder des Versuchsabschnittes „Essen und Blumen“.

Als zusätzliche Vergleichsmöglichkeit bei der Frage nach dem Einfluss von Nahrungsdeprivation auf die kortikale Verarbeitung unterschiedlich relevanter visueller Reize diente in Studie 2 ebenfalls die Darbietung natürlicher Szenen aus dem International Affective Picture System (IAPS; Lang et al., 2005 (Beispiele siehe Abb. 30)). Dem wurden jeweils 40 Bilder der Kategorien ANGENEHM, NEUTRAL und UNANGENEHM entnommen (Bilder und standardisierte Bildnummern: siehe Anhang A_2). Analog zu Studie 1 wurden hierbei verschieden komplexe und unterschiedlich stark erregende Stimuli gewählt um eine große Bandbreite an Bildinhalten abdecken zu können. Die emotionalen Bilder wurden - anders als in Studie 1 - in einem separaten Versuchsabschnitt gezeigt.

	Angenehm	Neutral	Unangenehm
Beispiele			

Abbildung 30: Beispielbilder des Versuchsabschnittes „Emotionale Bilder“.

In beiden Abschnitten wurden die Bilder zentral vor schwarzem Hintergrund über einen 21-Zoll-Monitor (ViewSonic) dargeboten, der mittels der kommerziellen Software Presentation auf einem PC (Dell Precision 360; 2.59 GHz) angesteuert wur-

de. Bei einer Entfernung von etwa 1 Meter überdeckten die Bilder einen visuellen Winkel von 13.9° (horizontal) und 10.4° (vertikal).

4.2.3 Durchführung

Die potentiellen Teilnehmer wurden mittels eines standardisierten Gesprächsleitfadens vorausgewählt, der von Studie 1 übernommen wurde (siehe Telefonscreening im Anhang B_2). Dabei wurden wiederum als Einschlusskriterien allgemeine Gesundheit, Normalgewicht, keine besonderen Kostformen oder Auffälligkeiten im Essverhalten und Nichtrauchen geltend gemacht.

Bei gegebener Eignung wurden die Interessenten zu einem Vorgespräch (T0) eingeladen, bei dem sie über die Gestaltung der zwei Messtermine (T1 und T2) und dabei vor allem über die Vorbereitung bezogen auf das Essverhalten informiert wurden. Weiterhin wurde ihnen das verwendete Bildmaterial anhand einiger Beispiele gezeigt (siehe Informationsblatt im Anhang B_2). Die in dieser Studie verwendeten Geräte zur Gewinnung des Blutstropfens (zur Ermittlung des Ketonspiegels) wurden vorgeführt um Ausfälle aufgrund der möglicherweise aversiv empfundenen Blutabnahme am Finger im Vorhinein ausschließen zu können. Nach dem Ausfüllen der Einverständniserklärung (Anhang B_2) erhielten die Teilnehmer ein Informationsblatt mit den Instruktionen sowie dem Esstagebuch und den IEG ausgehändigt.

Analog zu Studie 1 wurden die Probanden zu zwei Messterminen eingeladen, die im Abstand einer Woche zum selben Tageszeitpunkt durchgeführt wurden. Jeder der beiden Messtermine T1 und T2 gliederte sich in die zwei Abschnitte „Essen und Blumen“ und „Emotionale Bilder“. Die Reihenfolgen der zwei Bedingungen (SATT und HUNGRIG) sowie der Abschnitte wurden über die Versuchsgruppe balanciert (siehe Abbildung 31).

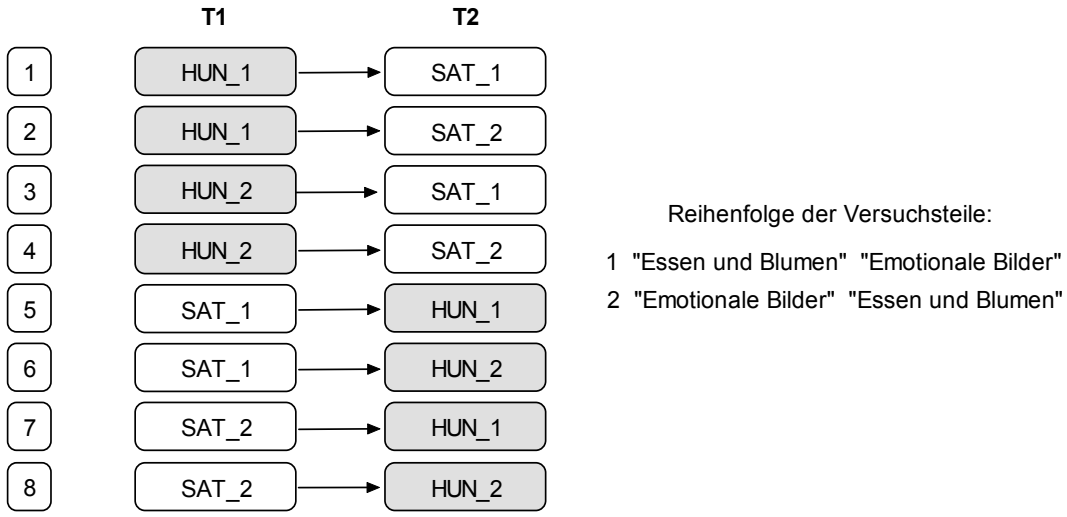


Abbildung 31: Darstellung der möglichen Reihenfolgen von Deprivationszustand und Versuchsteil. Dunkelgrau unterlegt sind die HUNGRIG-Termine, hellgrau die SATT-Termine.

Jeder der 8 dargestellten Reihungen wurden zwei Männer und zwei Frauen zugeteilt, von denen jeweils eine Hälfte zur ersten Messzeit (von 14 bis 16 Uhr), die andere zur zweiten Messzeit (von 16 bis 18 Uhr) erschien.

Für die insgesamt 64 Messtermine wurden separate pseudo-randomisierte Reihungen der Bilder erstellt. Dabei wurden die 80 Bilder im „Essen-und-Blumen"-Abschnitt 15 Mal wiederholt, wobei mehr als dreimaliges Aufeinanderfolgen einer Kategorie ausgeschlossen sowie die Auftretenshäufigkeit der möglichen Kombinationen über die Gesamtdurchgangszahl von 1200 angeglichen wurde. Für den „Emotionale Bilder"-Abschnitt wurden die 120 Bilder 9 Mal wiederholt unter Verwendung der oben genannten Kriterien für die Reihung der insgesamt 1080 Durchgänge.

Ablauf der Messtermine

Nach Erscheinen zum Messtermin T1 und der Abklärung der allgemeinen Befindlichkeit füllten die Probanden das Blatt zum subjektiv empfundenen Hunger und zum Appetit aus (siehe Anhang B_2). Anschließend bearbeiteten sie die computergestützen Versionen des STAI (State-Version) und des BDI. Dann wurde ihnen mittels einer sterilen Einmallanzette (Haemolance Plus; HaeMedic Schweden) ein Blutstropfen an der nicht-dominanten Hand entnommen. Aufgetragen auf einen speziellen Teststreifen (MediSense Precision Xtra ß-Ketone) lieferte das Blutzuckermessgerät

(Firma Abbott Diabetes Care, Wiesbaden) einen Wert für den aktuellen Ketonsäurespiegel. Dann wurde das EEG-Netz mit den 256 Sensoren[20] (EGI-System; Tucker, 1993) angelegt. Die Probanden wurden in einen schallisolierten, fensterlosen Raum geführt, der durch eine Spezialtapete elektromagnetisch abgeschirmt war und während der Messperioden abgedunkelt wurde. Dort nahmen sie auf einem bequemen Sitz Platz. Nach der Korrektur der Übergangswiderstände der EEG-Sensoren und der Überprüfung der Signalgüte wurde der erste Messabschnitt gestartet. Abbildung 32 gibt eine der möglichen Reihungen exemplarisch wieder, bei der als erstes der „Essen-und-Blumen"-Abschnitt (Dauer: etwa 15 Minuten) gezeigt wurde.

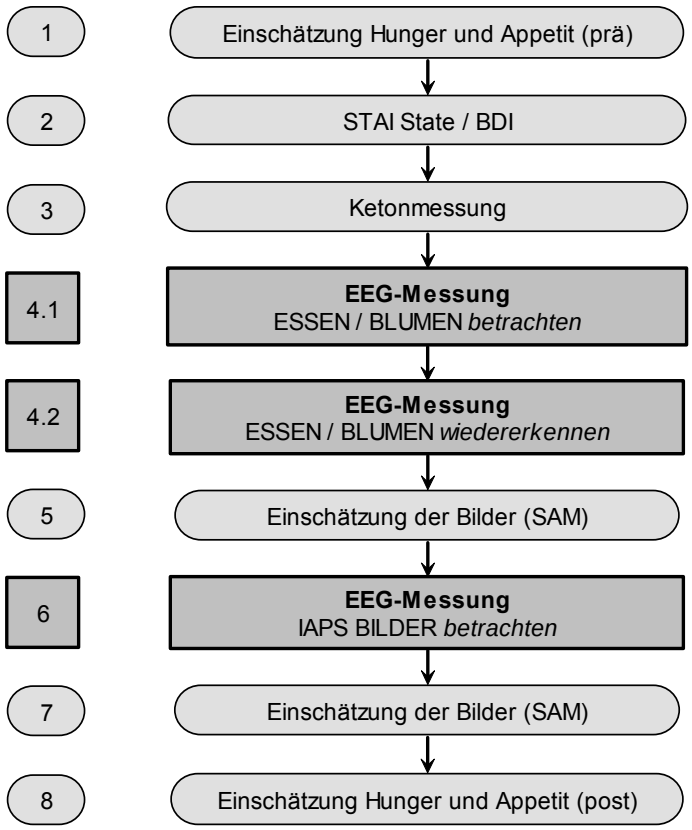


Abbildung 32: Exemplarischer Ablauf einer Sitzung (Abschnitte 4 und 6 wurden in der Reihenfolge variiert).

[20] In Studie 2 wurde ein EEG-Hochdichtesystem mit der doppelten Anzahl an Elektroden (256 Stück) zur Erfassung der ERPs genutzt, dass durch die Abdeckung weiterer Bereiche und der höheren Anzahl an Sensoren zusätzliche Verbesserungen bei der Untersuchung visueller Informationsverarbeitungsprozesse bietet (Junghöfer, Elbert, Tucker & Braun, 1999; Foxe & Simpson, 2002).

Die Probanden wurden in den passiven Betrachtungsbedingungen (hier Abschnitt 4.1 und 6) instruiert, möglichst ruhig zu sitzen, den Blick auf die Bildschirmmitte gerichtet zu halten und die Bilder aufmerksam zu betrachten (siehe Anhang C_2).

Wie Abbildung 33 anhand eines Ausschnittes aus dem Bilderstrom verdeutlicht, wurden die Bilder in kontinuierlicher Folge ohne wahrnehmbares Inter-Stimulus-Intervall dargeboten (zum RSVP-Paradigma siehe Abschnitt 3.1). In Studie 2 wurde eine Darbietungszeit von 666 ms gewählt, um späte Potentiale im Zeitraum von 400 bis 600 ms nach Bilddarbietungsbeginn erfassen zu können.

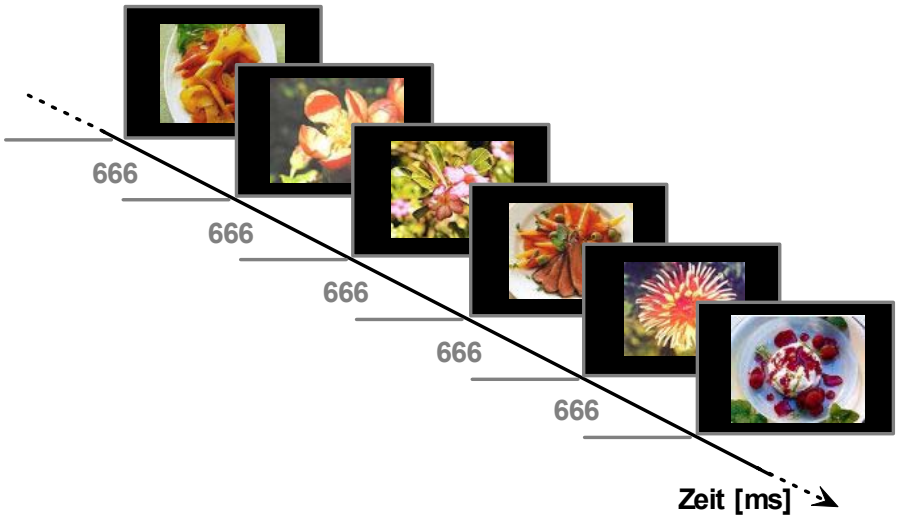


Abbildung 33: Schematische Darstellung zum Paradigma der raschen seriellen visuellen Darbietung (RSVP).

In allen Versuchsabschnitten mit EEG-Messung wurden die Signale der 256 Sensoren (siehe auch Abschnitt 3.2.4) mit einer Abtastrate von 250 Hz im Frequenzbereich von 0.1 Hz bis 100 Hz aufgezeichnet. Die Vertexelektrode diente als Referenz. Zur Datenerfassung wurde die kommerzielle Software NETSTATION, über einen Macintosh-Computer (Software-Version: OS.10) verwendet.

Immer im Anschluss an den „Essen-und-Blumen"-Abschnitt wurde den Probanden eine Auswahl von jeweils 20 der gerade gesehenen Essens- und Blumenbilder zusammen mit der gleichen Anzahl neuer Bilder der zwei Kategorien dargeboten (siehe Anhang A_2). In jedem Einzeldurchgang sollten die Teilnehmer durch linken

(„ja“) oder rechten („nein“) Mausklick angeben, ob sie das jeweilige Bild im vorangegangenen Versuchsabschnitt gesehen hatten oder nicht. Dabei wurde die Darbietungsdauer durch den Klick beendet und nach kurzer Pause erschien das nächste Bild. Auch in diesem „Wiedererkennen“-Abschnitt (4.2 in Abbildung 32) wurde das EEG aufgezeichnet.

Nach wiederholter Überprüfung der Übergangswiderstände wurden die Probanden zur Abfrage der subjektiven Einschätzungen der Bilder instruiert (siehe Anhang C_2). Wie in Studie 1 wurden dabei im Anschluss an die Darbietung der Bilder die zwei Eingabemasken mit dem SAM zu Valenz und Erregung auf dem Monitor präsentiert. Hier war allerdings die Darbietungszeit auf 1 Sekunde festgelegt und die Personen konnten durch Mausbewegung über die möglichen Felder einen Wert bestimmen und durch einen Klick bestätigen.

Wie aus dem exemplarisch dargestellten Versuchablauf in Abbildung 31 ersichtlich, folgte darauf der Abschnitt mit der Darbietung emotionaler Bilder, der etwa 12 Minuten dauerte. Hier wurden in analoger Weise die angenehmen, neutralen und unangenehmen Bilder aus dem IAPS in randomisierter Reihung dargeboten.

Im Anschluss daran wurden die Probanden gebeten, mittels des SAM eine persönliche Einschätzung zu Angenehmheit und Erregung der emotionalen Bilder abzugeben, wobei das Vorgehen analog zum ersten Versuchsabschnitt war (siehe oben).

Nach Abschluss der beschriebenen Versuchsabschnitte wurden die Probanden zurück in den Vorraum geführt, wo sie noch einmal die Angaben zu Hunger und Appetit ausfüllten. Bei einem T1-Termin folgten daraufhin eine Vorbesprechung zur nächsten Sitzung und eine weitere Rückversicherung über das Einhalten der Ernährungsbedingungen, sowie die Ausgabe des zweiten Esstagebuches. Zum Abschluss des T2-Termins wurden die Probanden über die wichtigsten Fragestellungen der Studie aufgeklärt und ausbezahlt. Als kleine Anerkennung der besonderen Bemühungen, die diese Untersuchung den Teilnehmern durch das eintägige Fasten abver-

langte, bekamen sie darüber hinaus am Ende beider Messtermine eine schokoladige Belohnung.

4.2.4 Auswertungsmethodik

4.2.4.1 Analyse der EEG-Daten

Das kontinuierlich aufgezeichnete EEG-Signal wurde offline gefiltert (40 Hz Tiefpassfilter). Anschließend wurden die Bildsegmente von 25 Datenpunkten vor und 250 Datenpunkten nach jedem einzelnen Bilddarbietungsbeginn zur Weiterverarbeitung extrahiert. Diese erfolgte, ebenfalls analog zu Studie 1, über das Softwarepaket SCADS (Junghöfer & Peyk, 2004; zur Beschreibung der wesentlichen Schritte bei der darin enthaltenen Artefaktkorrektur siehe Abschnitt 3.2.4.1). Nach der Aufbereitung der EEG-Daten auf Einzelpersonenebene wurden die Potentialverteilungen der 32 Probanden pro Kategorie und Versuchsabschnitt gemittelt.

4.2.4.2 Auswahl der Zeitbereiche und Sensorgruppen

Zur Auswahl der Zeitbereiche und Sensorgruppen im „Essen-und-Blumen"-Abschnitt wurden die ERPs vor allem in Hinblick auf Schwerpunkte in der Differenz von hungrigem und sattem Zustand bei Essensbildern exploriert. Weiterhin diente eine punktweise Berechnung aller 256 Kanäle mit den Messwiederholungsfaktoren DEPRIVATION (zweistufig: hungrig/satt) und KATEGORIE (zweistufig: Essen/Blumen) der Auswahl relevanter Zeit- und Sensorbereiche. Dabei mussten die Effekte an mindestens drei benachbarten Sensoren über einen Zeitraum von mindestens 30 ms ablesbar sein.

Im frühen Zeitfenster von 0 bis 300 ms nach Bilddarbietungsbeginn wurden Mittelwertsunterschiede von 50 bis 80 ms und von 200 bis 270 ms an posterioren Sensoren (siehe Anhang D_2) geprüft, die in Analogie zu den Ergebnissen aus Studie 1 ausgewählt wurden.

Im Zeitbereich ab 300 ms wurden folgende zwei Zeitbereiche ausgewählt, in denen die Potentialdifferenzen von hungrig – satt für die Essensbilder einen Unterschied anzeigten:

Essens- und Blumenbilder: Zeitbereich von 300 bis 360 ms

Zur Prüfung der Mittelwertsunterschieden an parietalen und temporo-okzipitalen Sensoren wurden jeweils bilaterale, zueinander symmetrische, Sensorgruppen gebildet (siehe Anhang D_2) und das Amplitudenmittel über den Zeitraum von 300 bis 360 ms berechnet.

Essens- und Blumenbilder: Zeitbereich von 450 bis 600 ms

Da sich die Mittelwertsdifferenzen von Hungrig-Satt im Zeitfenster von 450 bis 600 ms für Essens- und Blumenbilder deutlich unterschieden, wurden vier Sensorpaare für die Überprüfung der Effekte von Deprivation und Bildkategorie gebildet. Dabei wurden für die Unterschiede bei Essensbildern zwei parietale[21] und zwei frontale Sensorgruppen und für die Berechnungen bei den Blumenbildern zwei zentro-mediale und fronto-temporale Sensorgruppen ausgewählt (siehe Abbildung 34). Für die Sensoren der acht ausgewählten Bereiche wurden mittlere Amplitudenwerte des Zeitbereiches von 450 bis 600 ms für Essens- sowie Blumenbilder berechnet.

[21] die parietalen Sensorgruppen beinhalteten auch einzelne okzipitale Sensoren (siehe Abbildung 34). Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird die Bezeichnung „parietal“ für diese Gruppen verwendet.

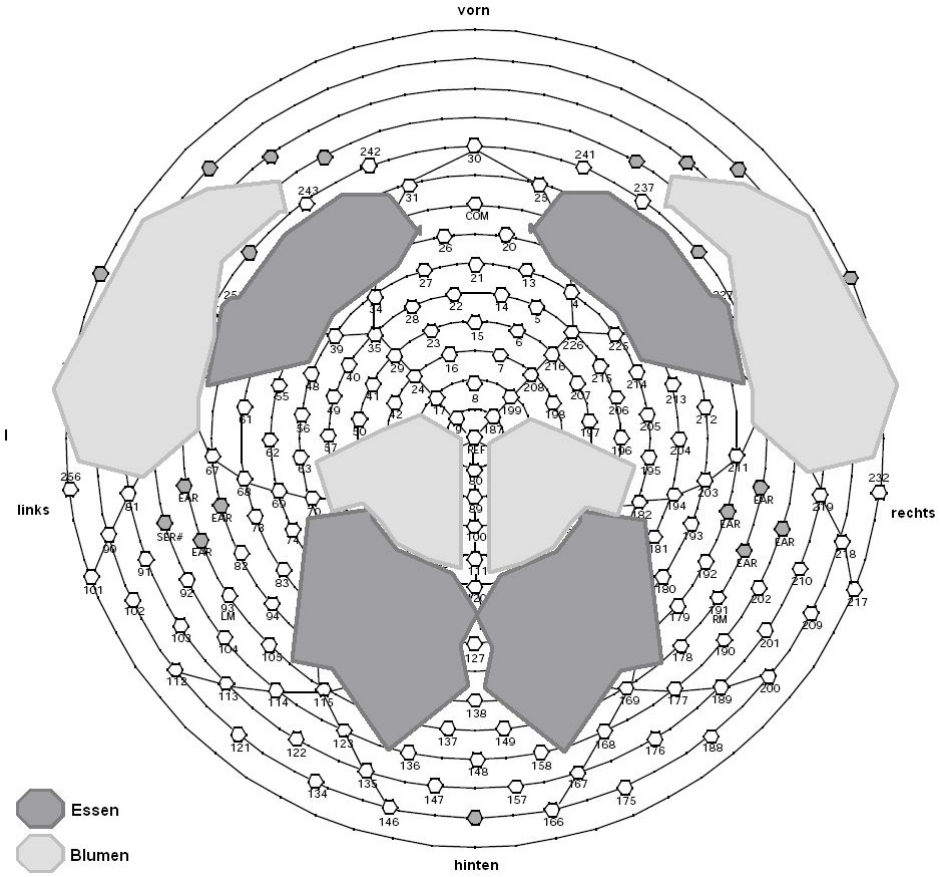


Abbildung 34: Überblick über die vier ausgewählten Sensorgruppenpaare mit unterschiedlichen topographischen Schwerpunkten für Essens- und Blumenbilder.

Essens- und Blumenbilder: Wiedererkennen

Zur Berechnung des „Alt-Neu-Effektes“ bei Essens- und Blumenbildern wurden nach visueller Inspektion der Mittelwertsdifferenzen eine zentrale sowie eine frontale Sensorgruppe ausgewählt. Die Amplituden wurden jeweils für die beiden Kategorien für „alte“ und “neue“ Bilder im Zeitbereich von 400 bis 600 ms nach Bilddarbietungsbeginn gemittelt. In diesem Versuchsabschnitt war die Durchgangszahl sehr niedrig und es gingen insgesamt lediglich 65 % der Durchgänge in die Berechnungen ein. Aus programmtechnischen Gründen wurden die Durchgänge mit inkorrekten Antworten (im Mittel 3,6 von 20 pro Kategorie und Person) nicht aus den ERP-Analysen ausgeschlossen.

Emotionale Bilder: Kontrollberechnungen

Die im „Emotionale Bilder"-Abschnitt gezeigten angenehmen, neutralen, und unangenehmen Bilder wurden als zusätzliche Kontrolle von Deprivationseffekten zu einer Vergleichsbilderkategorie zusammengefasst und mittlere Amplitudenwerte entsprechend der Berechnungen aus dem „Essen- und Blumen"-Abschnitt erstellt.

Emotionale Bilder: Replikation von EPN (200-300 ms) und LPP (400 – 600 ms)

Zur Überprüfung der Modulation der ERPs emotionaler Bilder in Abhängigkeit ihres Erregungsgehaltes wurden Zeitbereiche und Sensorgruppen analog zu den in den Arbeiten zu EPN und LPP beschriebenen gewählt (Schupp et al., 2003b; Schupp, Junghöfer et al., 2004; Schupp et al., 2006; siehe Anhang D_2). Demnach dienten bilaterale temporo-okzipitale Sensorgruppen der Überprüfung der frühen posterioren Negativierung im Zeitbereich von 200 – 300 ms. Für die Berechnungen der späten positiven Potentiale wurden bilaterale zentromediale Sensorgruppen gebildet und die mittleren Amplitudenwerte der drei Kategorien Angenehme, Neutrale und Unangenehme für den Zeitbereich von 400 – 600 ms berechnet.

4.2.4.3 Statistische Analyse

Subjektive Angaben zu Hunger und Appetit

Die Angaben der Probanden zum subjektiv empfundenen Hunger wurden mittels zweifaktorieller ANOVA mit den Messwiederholungsfaktoren DEPRIVATION (zweistufig: hungrig/satt) und ABFRAGEZEITPUNKT (zweistufig: prä/post) geprüft. Als Folgetests wurden t-Tests für abhängige Stichproben gerechnet. Die Werte der bipolaren Skala wurden – analog zum Vorgehen in Studie 1 - auf Werte zwischen 1 und 9 umkodiert.

Die Angaben zum Appetit wurden anhand der gleichen Faktoren geprüft, wobei die Angabe „kein Appetit" als Wert 0 der Skala von 1 bis 10 hinzugefügt wurde.

Ketonspiegel im Blutstropfen

Die Werte der Ketonmessungen in sattem und hungrigem Zustand wurden mittels eines t-Tests für abhängige Stichproben auf Signifikanz getestet. Bei einem der Probanden konnte an keinem der beiden Messtermine ein Wert ermittelt werde, sodass in diese Berechnungen lediglich die Werte von 31 Personen eingingen.

Subjektive Einschätzung der Bilder nach Valenz und Erregung

Unterschiede in den Valenzeinschätzungen der verwendeten Bilder wurden im Versuchsabschnitt „Essen und Blumen" mittels mehrfaktorieller ANOVA mit den Messwiederholungsfaktoren DEPRIVATION (zweistufig: satt/0 Stunden, hungrig/ 24 Stunden) und KATEGORIE (zweistufig: Essen vs. Blumen) auf statistische Signifikanz getestet. Bei signifikanter Interaktion von Deprivation und Bildkategorie wurden t-Tests für abhängige Stichproben separat für die zwei Kategorien gerechnet. Analog dazu diente im Vergleichsabschnitt „Emotionale Bilder" eine ANOVA mit den Faktoren DEPRIVATION (zweistufig: hungrig, satt) und KATEGORIE (dreistufig: angenehm, neutral, unangenehm) der statistischen Absicherung der errechneten Unterschiede.

Die Erregungseinstufungen wurden in analoger Weise auf Unterschiede in den Bildkategorien in Abhängigkeit der Nahrungsdeprivation getestet.

Verhaltensleistung bei Wiedererkennen von Essens- und Blumenbildern

Die Angaben der Versuchspersonen im Wiedererkennensabschnitt wurden zur Berechnung von Trefferraten für Essens- und Blumenbilder verwendet. Dazu wurden Durchgänge mit richtig erkannten „alten" sowie richtig zurückgewiesenen „neuen" Bildern als korrekte Antworten gezählt (analog zu dem Vorgehen von Morris & Dolan, 2001; siehe Abschnitt 2.3.5). Der Summenwert wurde in prozentuale Angaben umgerechnet und für Essens- sowie Blumenbilder für beide Deprivationszustände berechnet. Die Trefferraten wurden über eine ANOVA mit den Messwie-

derholungsfaktoren DEPRIVATION (zweistufig: hungrig/satt), KATEGORIE (zweistufig: Essen/Blumen) und TYP (zweistufig: alt/neu) geprüft.

Ereigniskorrelierte Potentiale

Die mittleren Amplitudenwerte der ereigniskorrelierten Potentiale aus dem *Versuchsabschnitt „Essen und Blumen"* wurden für alle Analysen über univariate ANOVAs mit den Messwiederholungsfaktoren DEPRIVATION (zweistufig: hungrig/satt), KATEGORIE (zweistufig: Essen/Blumen) und LATERALITÄT (zweistufig: linke/rechte Sensorgruppe) auf Signifikanz geprüft.

Für den *Versuchsabschnitt „Emotionale Bilder"* wurden zum einen zur Kontrollanalyse die Mittelwerte der zu einer Kategorie zusammengefassten Bilder über eine ANOVA mit den Faktoren DEPRIVATION (hungrig/satt) und LATERALITÄT (links/rechts) geprüft. Bei Vorliegen eines signifikanten Deprivationseffektes wurden Post-hoc-Tests für die drei Kategorien berechnet um differentielle Effekte auf die emotionalen Bilder prüfen zu können.

Zur Prüfung der Replikation der emotionalen Modulation wurden die Mittelwerte über eine ANOVA mit den Messwiederholungsfaktoren KATEGORIE (dreistufig: Angenehm, neutral, Unangenehm), DEPRIVATION (zweistufig: hungrig/satt) und LATERALITÄT (zweistufig: linke/rechte Sensorgruppe) getestet.

Die mittleren Amplitudenwerte aus dem Versuchsabschnitt *„Wiedererkennen von Essens- und Blumenbildern"* wurden über eine ANOVA mit den Messwiederholungsfaktoren DEPRIVATION (zweistufig: hungrig/satt) KATEGORIE (zweistufig: Essen, Blumen), TYP (zweistufig: Alt, Neu) geprüft.

Signifikanzniveau und Korrektur der Freiheitsgrade

Das Signifikanzniveau für die oben beschriebenen Berechnungen wurde auf $p = 0.05$ festgelegt. Die Freiheitsgrade wurden, bei mehr als zweifacher Stufung eines der Messwiederholungsfaktoren, für die Berechnungen ε-korrigiert (unter Verwendung der Korrektur nach Greenhouse & Geisser, 1959). Die Angaben in den Ergebnisdar-

stellungen folgen dabei den Empfehlungen von Picton und Kollegen (2000) und berichten die unkorrigierten Freiheitsgrade, den korrigierten p-Wert sowie den ε-Wert.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Fragebogendaten

Die Angaben zum STAIstate zeigten, dass sich die Teilnehmer nach der 24-stündigen Nahrungsdeprivation als ängstlicher beschrieben als im satten Zustand (siehe Tabelle 4), DEPRIVATION: F (1,31) = 13.1, p = .001.

Tabelle 4: Mittelwerte (und Standardabweichung) der Werte des STAIstate und BDI in sattem und hungrigem Zustand. ↕ markiert signifikante Unterschiede.

	STAI_state	BDI
satt	32.8 (5.9)	2.2 (2.5)
	↕	
hungrig	38.3 (8.3)	2.1 (2.0)

Die Depressivität (über den BDI erfasst) war nicht durch die Nahrungsdeprivation beeinflusst, DEPRIVATION: F (1,30) < 1, ns.

4.3.2 Subjektive Einschätzung von Hunger und Appetit

Die subjektiven *Einschätzungen zum Hunger*, die Abbildung 35 wiedergibt, zeigten den erwarteten starken Anstieg von sattem zu hungrigem Zustand, DEPRIVATION: F (1,31) = 196.6, p < .001. Wie die Darstellung anzeigt, waren die Werte jeweils nach der zweistündigen Messung höher als zu Beginn, ABFRAGEZEIT: F (1,31) = 13.1, p = .001. Die Interaktion war ebenfalls signifikant, F (1,31) = 5.1, p = .031. Die Post-Hoc-Tests ergaben einen signifikanten Anstieg von Prä- zu Postmessung im sattem Zustand, t (31) = -3.9, p < .001, nicht jedoch im hungrigen Zustand, t (31) = -1.58, p = .123.

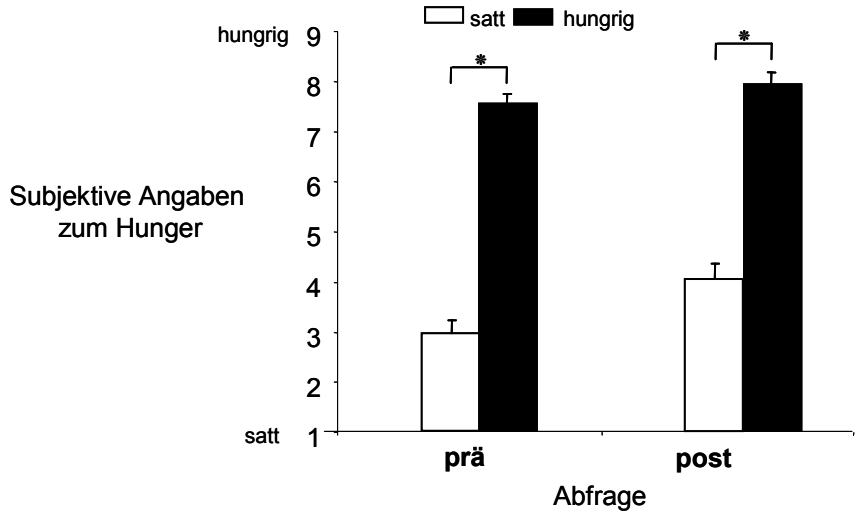


Abbildung 35: Mittelwerte und Standardfehler der subjektiven Angaben zu Hunger in sattem und hungrigem Zustand, abgefragt vor und nach den Messungen.* markiert signifikanten Unterschied

Die *Angaben zum Appetit* (Abbildung 36) ergaben ebenfalls deutlich höhere Werte im hungrigen im Vergleich zum satten Zustand, DEPRIVATION: F (1,31) = 174.5, $p < .001$. Auch hier waren die Werte nach der Messung höher als zu Beginn, ABFRAGEZEIT: F (1,31) = 21.3, $p < .001$. Die Interaktion war nicht signifikant, F (1,31) < 1, ns.

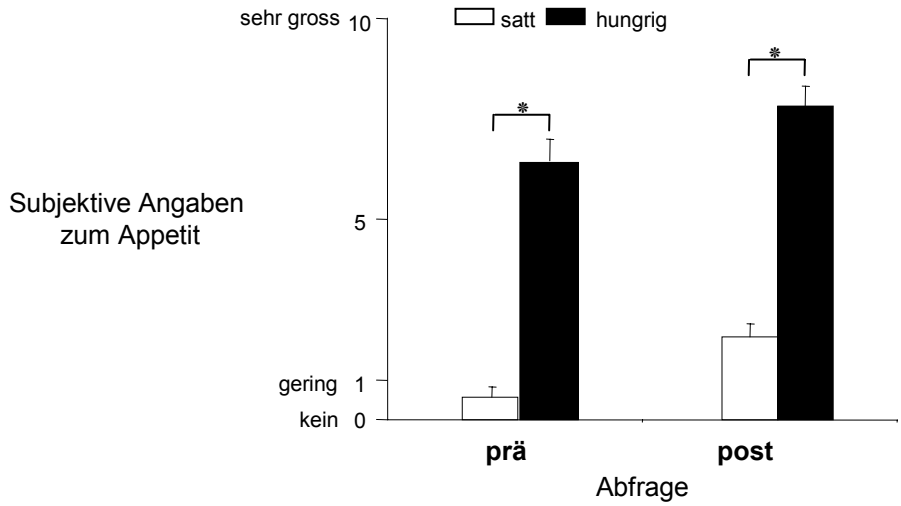


Abbildung 36: Mittelwerte und Standardfehler der subjektiven Angaben zu Appetit in sattem und hungrigem Zustand, abgefragt vor und nach den Messungen. *markiert signifikanten Unterschied

Auch die Probanden in Studie 2 machten bei den zusätzlichen Appetitangaben deutlich mehr Nennungen nach der Nahrungsdeprivation (siehe Anhang E).

4.3.3 Ketonwerte im Blutstropfen

Wie Abbildung 37 darlegt, stiegen die *Ketonwerte* der Probanden von sattem im Vergleich zum hungrigen Zustand deutlich an (M_{satt} = 0.026, SD = 0.1; $M_{hungrig}$ = 0.342, SD = 0.2), t (30) = -7.4, p =.000.

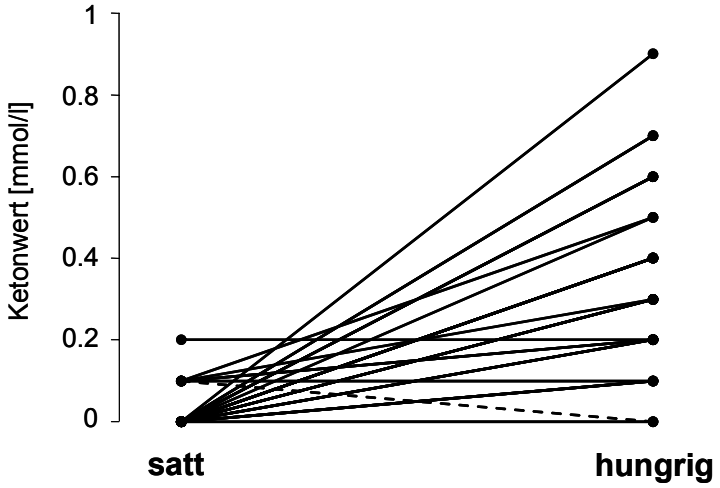


Abbildung 37: Ketonwerte der einzelnen Teilnehmer in sattem und hungrigem Zustand, gemessen im Blutstropfen.

Wie in Abbildung 37 durch eine gestrichelte Linie kenntlich gemacht, überstieg bei einem Probanden der gemessene Wert im sattem den im hungrigen Zustand. Dieser Teilnehmer versicherte aber glaubhaft sich an alle gegebenen Instruktionen gehalten zu haben und verblieb dementsprechend in der Probandengruppe.

4.3.4 Subjektive Einschätzung der Bilder

4.3.4.1 Essen und Blumen

Wie die Illustration der *Valenzeinschätzungen* in Abbildung 38 zeigt, wurden Essensbilder im hungrigen Zustand als angenehmer eingestuft als im satten Zustand, während sich die Werte für Blumenbilder nicht unterschieden. Die Berechnungen ergaben eine signifikante Interaktion von Deprivation und Bildkategorie, F (1,31) = 26.5, p < .001, sowie einen Haupteffekt der Deprivation, F (1,31) = 16.4, p < .001. Die Folgetests ergaben dazu, dass die Unterschiede zwischen satt und hungrig bei den Essensbildern deutlich, t (31) = -6.1, p < .001, bei Blumenbildern jedoch nicht signifi-

kant waren, t (31) = 1.0, p = .350. Es gab keinen generellen Unterschied in der Valenz der beiden Bildkategorien, F (1,31) = 2.3, p = .138.

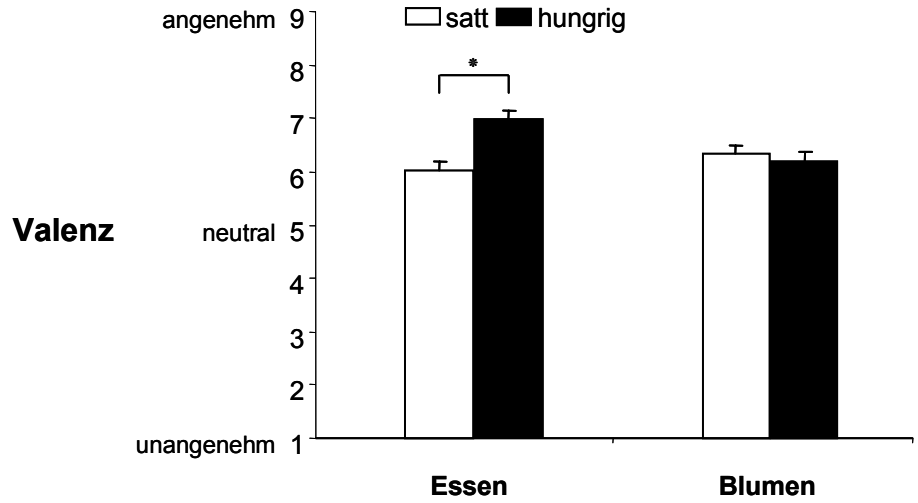


Abbildung 38: Mittelwerte und Standardfehler der Valenzeinschätzungen von Essens- und Blumenbildern in sattem und hungrigem Zustand. *markiert signifikanten Unterschied

Die *Erregungseinstufungen* zeigten, dass Essensbilder im hungrigen Zustand als sehr viel erregender eingeschätzt als im satten Zustand (siehe Abbildung 39). Die Berechnungen der Unterschiede ergaben ebenfalls eine signifikante Interaktion von Deprivation und Bildkategorie, F (1,31) = 21.9, p < .001, sowie einen Haupteffekt für Deprivation, F (1,31) = 9.6, p = .004. Der Einfluss der Deprivation war für die Essensbilder signifikant, t (31) = -4.3, p < .001, nicht hingegen für die Blumenbilder, t (31) = -0.7, p = .470. Bei den Erregungseinschätzungen gab es einen generellen Unterschied zwischen Essens- und Blumenbildern, KATEGORIE: F (1,31) = 41.4, p < .001. Die Einzelvergleiche zeigten, dass Essensbilder sowohl im satten, t (31) = 3.4, p = .002, wie hungrigen Zustand, t (31) = 6.8, p < .001, als erregender im Vergleich zu den Blumenbildern eingeschätzt wurden.

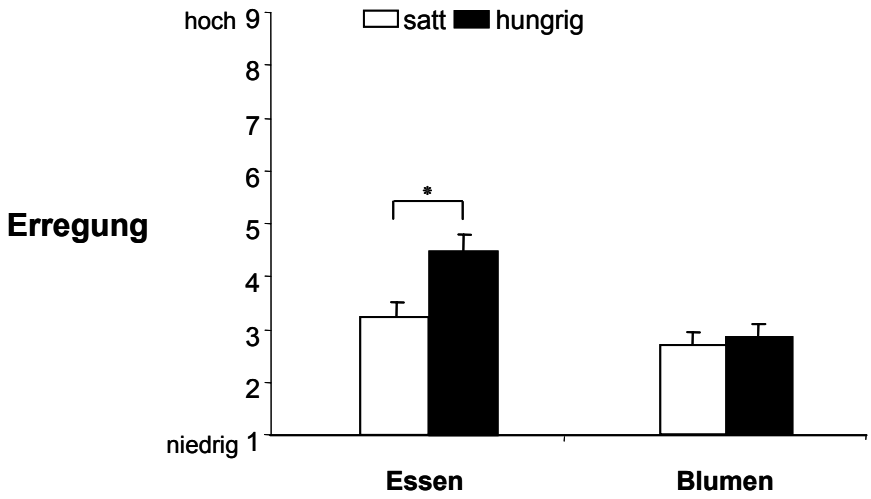


Abbildung 39: Mittelwerte und Standardfehler der Erregungseinschätzungen von Essens- und Blumenbildern in sattem und hungrigem Zustand.* markiert signifikanten Unterschied

4.3.4.2 Emotionale Bilder

Wie die in Abbildung 40 abgetragenen Mittelwerte anzeigen, unterschieden sich die drei emotionalen Bildkategorien in den *Valenzeinschätzungen* deutlich voneinander, KATEGORIE: F (2,62) = 337.3, $p < .001$, $\varepsilon = 0.7$. Angenehme wurden angenehmer eingeschätzt als Neutrale, F (1,31) = 62.7, $p < .001$, und als Unangenehme, F (1,31) = 208.0, $p < .001$. Neutrale unterschieden sich ebenfalls deutlich von Unangenehmen, F (1,31) = 251.2, $p < .001$. Die Berechnungen verwiesen zusätzlich auf differentielle Einflüsse der Nahrungsdeprivation innerhalb der drei Bildkategorien, DEPRIVATION x KATEGORIE: F (2,62) = 6.5, $p = .003$, $\varepsilon = 1.0$, aber nicht auf generelle Unterschiede zwischen satt und hungrig, DEPRIVATION: F (1,31) < 1, ns. Die Folgeberechnungen zeigten, dass Unangenehme im hungrigen Zustand als weniger unangenehm eingeschätzt wurden als im satten Zustand, t (31) = -2.9, $p = .007$. Weder bei Angenehmen noch bei Neutralen gab es Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand, t (31) = 1.9, $p = .067$, und, t (1,31) < 1, ns.

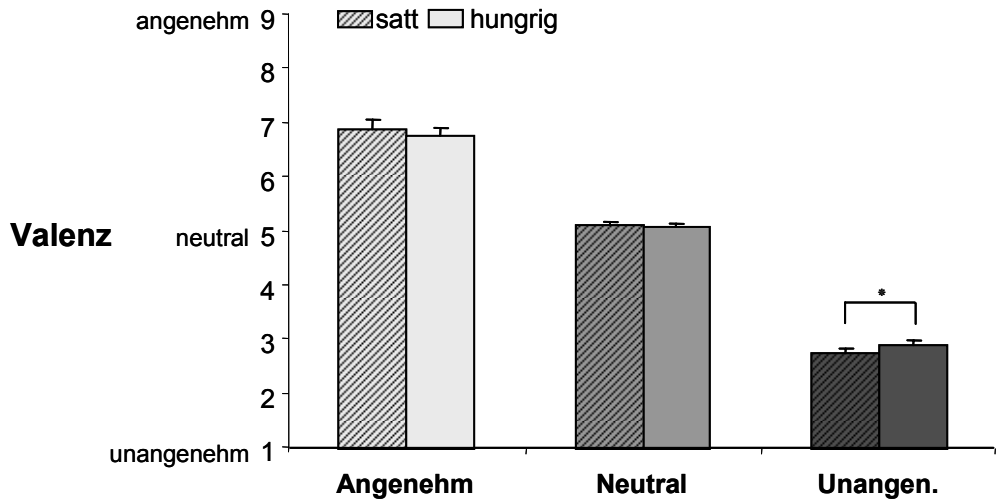


Abbildung 40: Mittelwerte und Standardfehler der Valenzeinschätzungen angenehmer, neutraler und unangenehmer Bilder in sattem und hungrigem Zustand.* markiert signifikanten Unterschied

Die *Erregungseinschätzungen* ergaben einen deutlichen Effekt der Bildkategorie, F (2,62) = 102.9, $p < .001$. Wie Abbildung 41 zeigt, wurden sowohl Unangenehme wie auch Angenehme als deutlich erregender eingeschätzt als Neutrale, F (1,31) = 94.5, $p < .001$; F (1,31) = 48.3, $p < .001$. Unangenehme wurden außerdem als erregender im Vergleich zu den Angenehmen beschrieben, F (1,31) = 12.3, $p < .001$. Die Berechnungen ergaben weder einen Haupteffekt für die Deprivation, F (1,31) < 1, ns., noch eine Interaktion von Deprivation und Bildkategorie, F (2,62) = 1.4, $p = .266$.

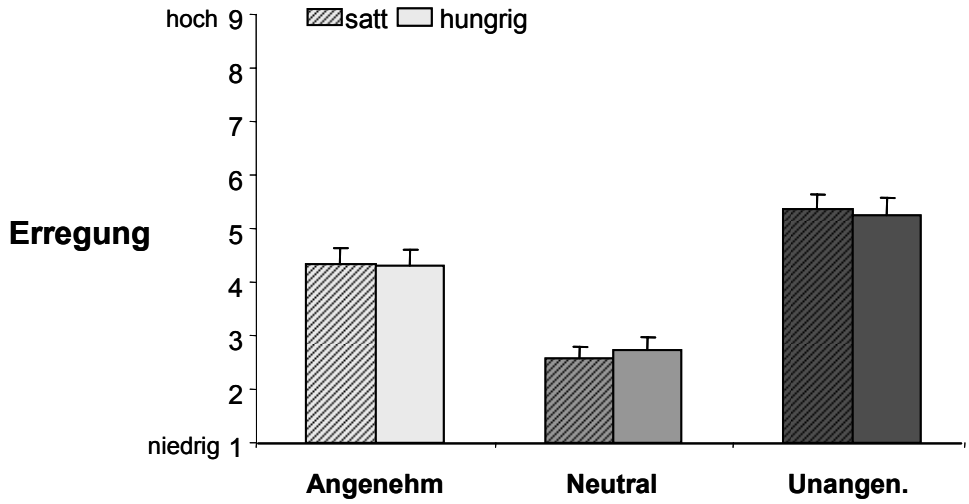


Abbildung 41: Mittelwerte und Standardfehler der Erregungseinschätzungen angenehmer, neutraler und unangenehmer Bilder in sattem und hungrigem Zustand.

4.3.5 Ereigniskorrelierte Potentiale bei der Bildbetrachtung

Im Folgenden werden die Ergebnisse zu den ERPs von Essens- und Blumenbildern bei dem Vergleich von sattem und hungrigem Zustand vorgestellt. Zu Beginn werden die Berechnungen zum frühen Zeitfenster bis 300 ms vorgestellt, die in Analogie zu den Ergebnissen von Studie 1 berechnet wurden und in Studie 2 keine Unterschiede zwischen satt und hungrig erkennen ließen. Im Anschluss werden Deprivationseffekte im Zeitbereich von 300-360 ms und Unterschiede in den späten Potentialen (450-600 ms) beschrieben. Darauf folgt die Darstellung der Berechnungen zum „Alt-Neu-Effekt" im Wiedererkennensabschnitt von Essens- und Blumenbildern (450-600 ms).

Im Anschluss daran werden die Kontrollberechnungen für die separat dargebotenen emotionalen Bilder dargelegt, die zur Prüfung der Spezifität der Deprivationseffekte von 300-360 ms und 450-500 ms erstellt wurden. Abschließend werden für die emotionalen Bilder die Berechnungen zur Replikation der frühen posterioren Negativierung (200-300 ms) und der späten positiven Potentiale (400-600 ms) bei Angenehmen und Unangenehmen gegenüber Neutralen kurz beschrieben, die ebenfalls auf den Einfluss der Nahrungsdeprivation getestet wurden.

4.3.5.1 Essens- und Blumenbilder: Zeitbereiche vor 300 ms

In Studie 2 gab es weder zwischen 50 und 80 ms, noch zwischen 200-270 ms signifikante Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand bei der Betrachtung von Essensbildern.

Im Zeitfenster von 50 bis 80 ms zeigten die Potentialverteilungen eine niedrigamplitudige negative Komponente, die von der deutlich ausgeprägten P1-Komponente gefolgt war. Anders als in Studie 1 zeigten sich in diesem frühen Zeitbereich keine Modulationen in Abhängigkeit der Deprivation. Die Mittelwerte für Essensbilder waren also in sattem (M = -0.28; SD = 0.1) wie hungrigem (M = -0.33; SD = 0.1) Zustand annähernd gleich, ebenso wie bei den Blumenbildern (satt: M = -0.30; SD = 0.1; hungrig: M = -0.37; SD = 0.1). Die statistischen Berechnungen einer linken

und rechten posterioren Sensorgruppe bestätigten das Fehlen von Deprivations- und Kategorieneffekten, DEPRIVATION: F (1,31) = 1.1; p = .305; KATEGORIE: F (1,31) = 1.2; p = .287; DEPRIVATION x KATEGORIE: < 1; ns.

Die P2-Komponente war in Studie 2 morphologisch unterschiedlich zu Studie 1 (mit einem weniger deutlich ausgeprägten Hochpunkt und breiterer Verteilung). Es wurde zur Berechnung ein Zeitbereich von 200 bis 270 ms gewählt. Auch hier gab es, im Gegensatz zu den Ergebnissen aus Studie 1, keine Unterschiede zwischen sattem (M = 2.03; SD = 0.3) und hungrigem (M = 1.99; SD = 0.2) Zustand bei den Essensbildern. Die Blumenbilder unterschieden sich ebenfalls nicht in Abhängigkeit der Deprivation (satt: M = 2.01; SD = 0.3; hungrig: M = 1.95; SD = 0.2). Die Berechnungen zeigten, dass es weder einen signifikanten Deprivationseffekt, noch einen Unterschied zwischen den Bildkategorien gab, DEPRIVATION: F (1,31) < 1; ns.; KATEGORIE: F (1,31) < 1; ns.; DEPRIVATION x KATEGORIE: F (1,31) < 1; ns.

4.3.5.2 Essens- und Blumenbilder: Zeitbereich von 300-360 ms

Wie Abbildung 42 darstellt, zeigte sich im Zeitbereich um 300 ms für die Essensbilder eine Positivierung an zentromedialen und eine Negativierung an tempo-ro-okzipitalen Sensorpositionen bei der Differenz von hungrigem und sattem Zustand (vergleichbar den Ergebnissen aus Studie 1 zum Zeitbereich um 300 ms). Für die Blumenbilder war kein vergleichbarer Unterschied zu verzeichnen.

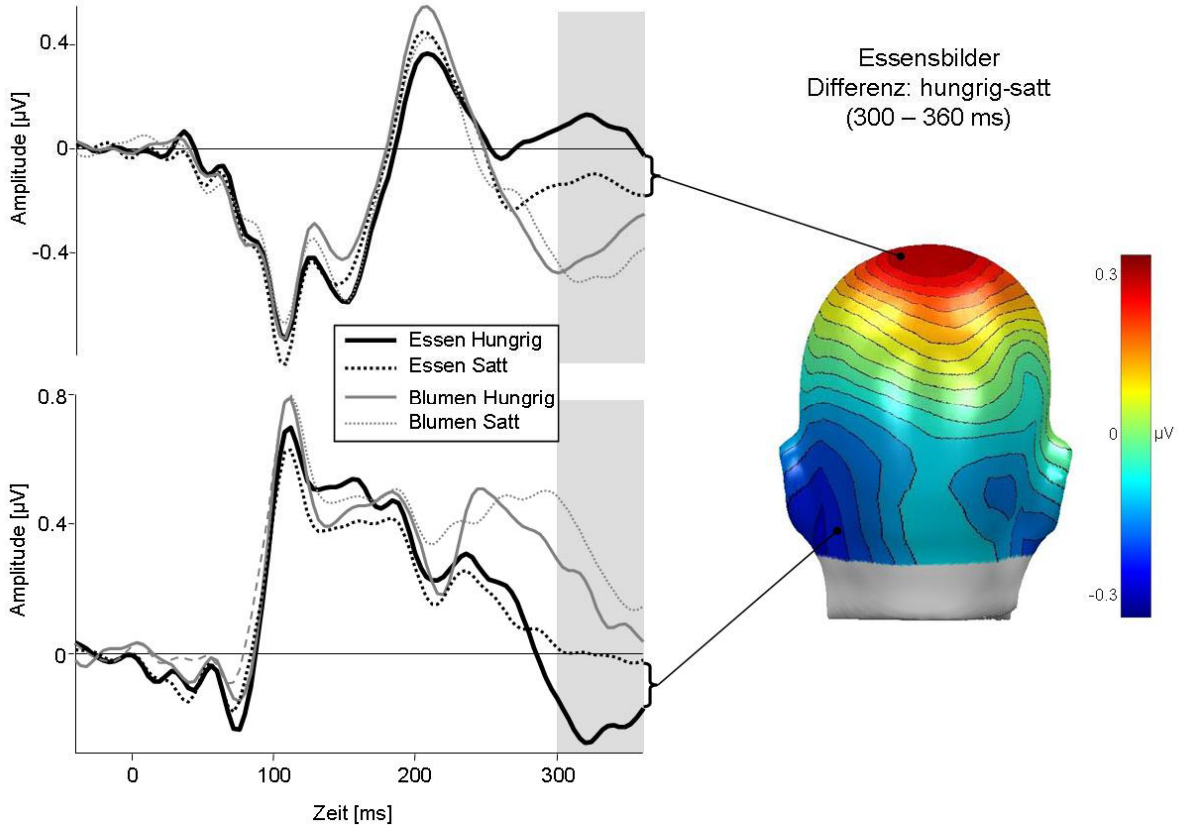


Abbildung 42: Potentialverläufe eines zentralen und eines posterioren Sensors für Essens- und Blumenbilder in sattem und hungrigem Zustand/ topographische Ansicht der Differenz hungrig - satt über den Zeitbereich von 300 – 360 ms.

Die Berechnungen verwiesen auf einen differentiellen Einfluss der Nahrungsdeprivation auf die zwei Kategorien mit unterschiedlicher Ausprägung an zentromedialen und temporo-okzipitalen Sensorbereichen, DEPRIVATION x KATEGORIE x SENSORGRUPPE: F (1,31) = 6.4; p = .016.

Die getrennten Berechnungen für zentromediale und temporo-okzipitale Sensorgruppen ergaben signifikante Interaktionen von Deprivation und Bildkategorie, zentromedial: F (1,31) = 7.9; p = 008, temporo-okzipital: F (1,31) = 4.5; p = .042. Für beide Sensorbereiche war weder der Haupteffekt für die Deprivation, Fs (1,31) < 1.7, p > .207, noch für Lateralität signifikant, Fs (1,31) < 1, ns.

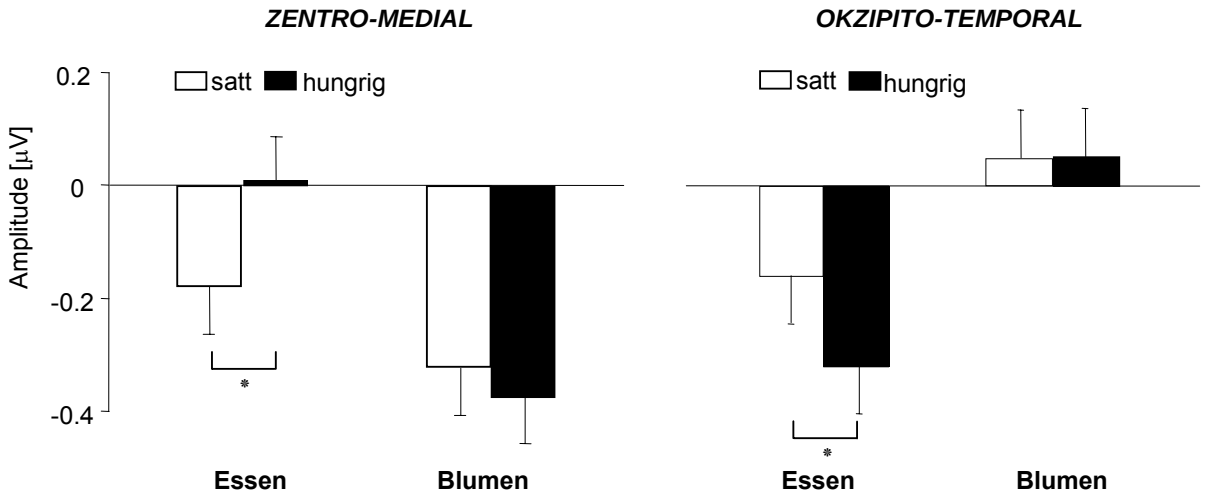


Abbildung 43: Mittelwerte (in µV) und Standardfehler für den Zeitraum von 300 bis 360 ms für Essens- und Blumenbilder in sattem und hungrigem Zustand, abgetragen für zentro-mediale und temporo-okzipitale Sensorgruppen (jeweils gemittelt über links und rechts).*markiert signifikanten Unterschied.

Wie Abbildung 43 illustriert, war ein signifikanter Deprivationseffekt in den Folgetests nur bei Betrachtung der Essensbilder zu verzeichnen, sowohl bei zentromedialen, $DEPRIVATION_{Essen}$: F (1,31) = 7.83, p = .009, wie temporo-okzipitalen Sensoren, $DEPRIVATION_{Essen}$: F (1,31) = 5.66, p = .024. Für die Blumenbilder war in dieser Analyse kein Einfluss der Nahrungsdeprivation festzustellen, $DEPRIVATION_{Blumen}$: Fs (1,31) < 1, ns (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Mittelwerte (in µV) und Standardfehler der linken und rechten temporo-okzipitalen und zentromedialen Sensorgruppen über den Zeitraum von 300 bis 360 ms. Ein Doppelpfeil steht für p<.05, zwei Doppelpfeile für p<.01.

		Essen		**Blumen**	
ZentroMedial		links	rechts	links	rechts
	satt	-0.17 (0.12)	-0.19 (0.11) ↕↕	-0.34 (0.11)	-0.29 (0.12)
	hungrig	-0.01 (0.09)	0.03 (0.13)	-0.39 (0.12)	-0.36 (0.12)
TemporoOkzipital					
	satt	-0.16 (0.13)	0.17 (0.12)	0.09 (0.13)	0.01 (0.12)
	hungrig	-0.35 (0.13) ↕	-0.30 (0.12)	0.02 (0.14)	0.08 (0.11)

Essens- und Blumenbilder unterschieden sich deutlich voneinander, KATEGORIE: Fs (1,31) > 9.6, p = .004. Die Folgetests zeigten, dass für die zentromedialen Sensorbereiche die Positivierung für die Essensbilder im Vergleich zu den Blumenbil-

dern nur im hungrigen Zustand deutlich ausgeprägt ist, $KATEGORIE_{hungrig}$: F (1,31) = 12.9, p = .001, $KATEGORIE_{satt}$: F (1,31) = 3.1, p = .088. Die verstärkte Negativierung bei Essensbildern im Vergleich zu Blumenbildern über temporo-okzipitalen Bereichen ist dahingegen sowohl in sattem wie hungrigem Zustand signifikant, $KATEGORIE_{hungrig}$: F (1,31) = 11.2, p = .002, $KATEGORIE_{satt}$: F (1,31) = 5.5, p = .025.

4.3.5.3 Essens- und Blumenbilder: Späte Potentiale (450 bis 600 ms)

Die Potentialverläufe in Abbildung 43 zeigen für die späten Potentiale eine verstärkte Positivierung an parietalen Sensoren bei der Betrachtung von *Essensbildern* im hungrigen, verglichen mit dem satten Zustand. Über frontalen Bereichen ist im gleichen Zeitfenster eine relative Negativierung für die Essensbilder im hungrigen Zustand zu erkennen.

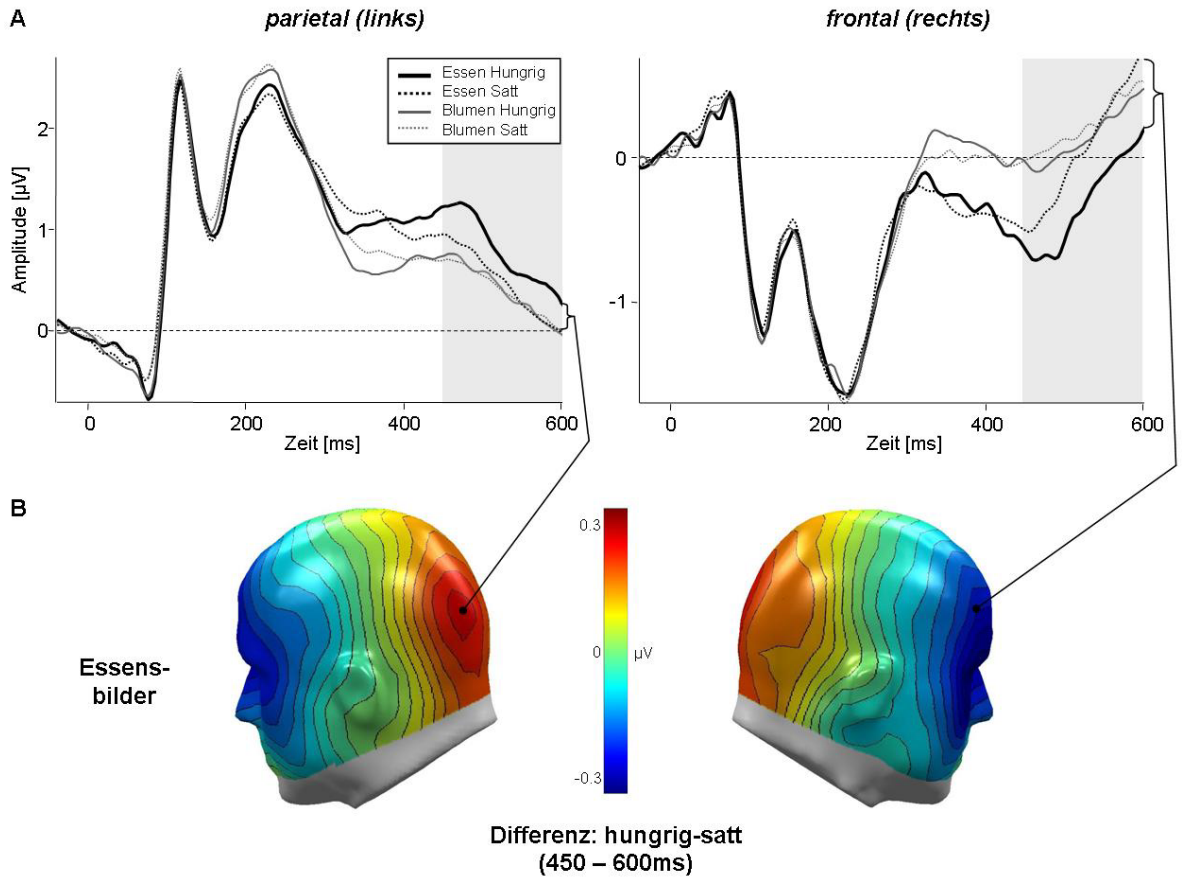


Abbildung 44: A) Potentialverläufe eines linken parieto-okzipitalen und rechten frontalen Sensors für Essens- (schwarze Linien) und Blumen- (graue Linien) Bilder in sattem und hungrigem Zustand. B) Topographische Ansicht der Differenz hungrig-satt für Essensbilder.

Die Unterschiede von sattem und hungrigem Zustand zeigten für die *Blumenbilder* eine deutlich andere topographische Verteilung. Wie die folgende Abbildung 44 zeigt, fand man bei Betrachtung von Blumenbildern eine relative Negativierung über zentro-medialen und eine Positivierung über fronto-temporalen Bereichen, wenn die Teilnehmer hungrig waren. Die Potentialverteilungen zeigen, dass der Unterschied zwischen sattem und hungrigem Zustand sowohl an den zentralen wie frontalen Sensoren bereits nach etwa 300 ms nach Bilddarbietungsbeginn einsetzte und über den gesamten Zeitraum der weiteren Bilddarbietung erhalten blieb.

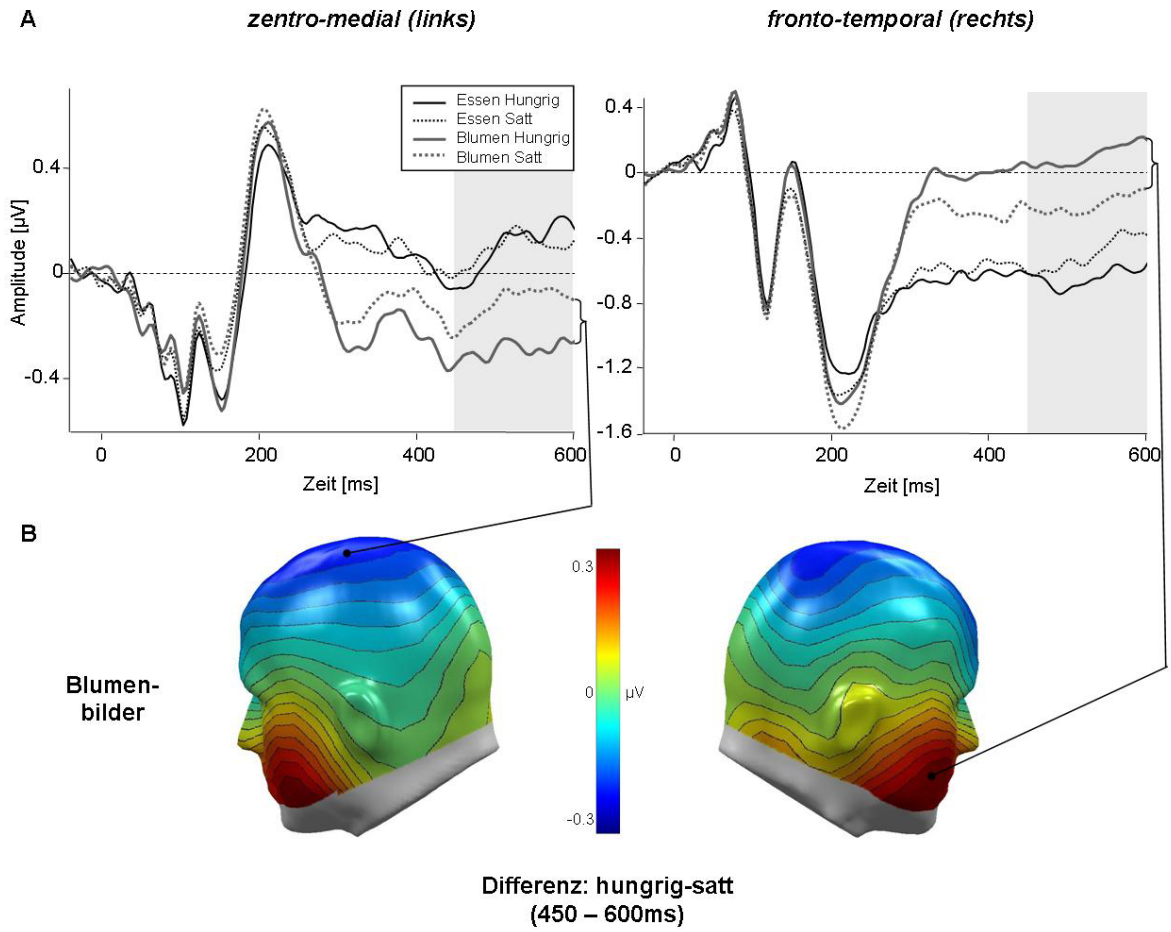


Abbildung 45: A) Potentialverläufe eines linken zentromedialen und rechten frontotemporalen Sensors für Essens- (schwarze Linien) und Blumen- (graue Linien) Bilder in sattem und hungrigem Zustand. B) Topographische Ansicht der Differenz hungrig-satt für Blumenbilder.

Die Berechnungen der vier Sensorpaare (parietale und frontale sowie zentromediale und frontotemporale, siehe auch Anhang D_2) ergaben jeweils bedeutsame Unterschiede zwischen posterioren und anterioren Sensorgruppen, Fs > 6, p < .05, sowie signifikante Interaktionen von Sensorgruppe, Bildkategorie und Deprivation, Fs > 10, p < .01. Die Berechnungen der zentromedialen und frontotemporalen Bereiche zeigten außerdem eine Interaktion von Bildkategorie und Deprivation über beide Bereiche hinweg an, KATEGORIE x DEPRIVATION: F (1,31) = 7.2; p = .012.

Die Tabelle 6 zeigt noch einmal mittels der aufgeführten Mittelwerte der verschiedenen Sensorgruppen an, dass der Schwerpunkte bei dem Vergleich von hungrig und sattem Zustand für die Essensbilder über parietalen und frontalen und für Blumenbilder über zentromedialen und frontotemporalen Bereichen lag.

Tabelle 6: Mittelwerte [in μV] und Standardfehler (in Klammern) für Essens- und Blumenbilder. Ein Doppelpfeil steht für p<.05, zwei Doppelpfeile für p<.01.

	Essen		**Blumen**	
Parietal	links	rechts	links	rechts
satt	0.33 (0.12) ↕	0.37 (0.12) ↕	0.29 (0.07)	0.21 (0.10)
hungrig	0.54 (0.12)	0.56 (0.09)	0.22 (0.08)	0.18 (0.07)
Frontal				
satt	-0.00 (0.14) ↕	-0.09 (0.14) ↕↕	0.07 (0.13)	0.06 (0.11)
hungrig	-0.25 (0.10)	-0.42 (0.11)	0.03 (0.09)	0.02 (0.08)
ZentroMed.				
satt	0.09 (0.06)	0.16 (0.06)	-0.08 (0.05) ↕↕	-0.13 (0.07) ↕
hungrig	0.15 (0.06)	0.21 (0.07)	-0.29 (0.07)	-0.29 (0.08)
FrontoTemp.				
satt	-0.41 (0.10)	-0.43 (0.10)	-0.19 (0.08) ↕↕	-0.16 (0.07) ↕↕
hungrig	-0.48 (0.08)	-0.54 (0.09)	0.15 (0.09)	0.21 (0.07)

In den folgenden Abschnitten werden die Berechnungen getrennt nach den jeweiligen Schwerpunkten für den Deprivationseffekt ausführlicher beschrieben.

Posteriore Positivierung bei Essensbildern

Wie oben beschrieben, liegen die topographischen Schwerpunkte bei dem Vergleich von hungrigem und sattem Zustand bei Betrachtung von Essensbildern über posterioren und frontalen Arealen. Die in der folgenden Abbildung 45 abgetragenen Mittelwerte zeigen, dass in diesen beiden Bereichen die Unterschiede von hungrigem und sattem Zustand nur bei den Essensbildern deutlich waren.

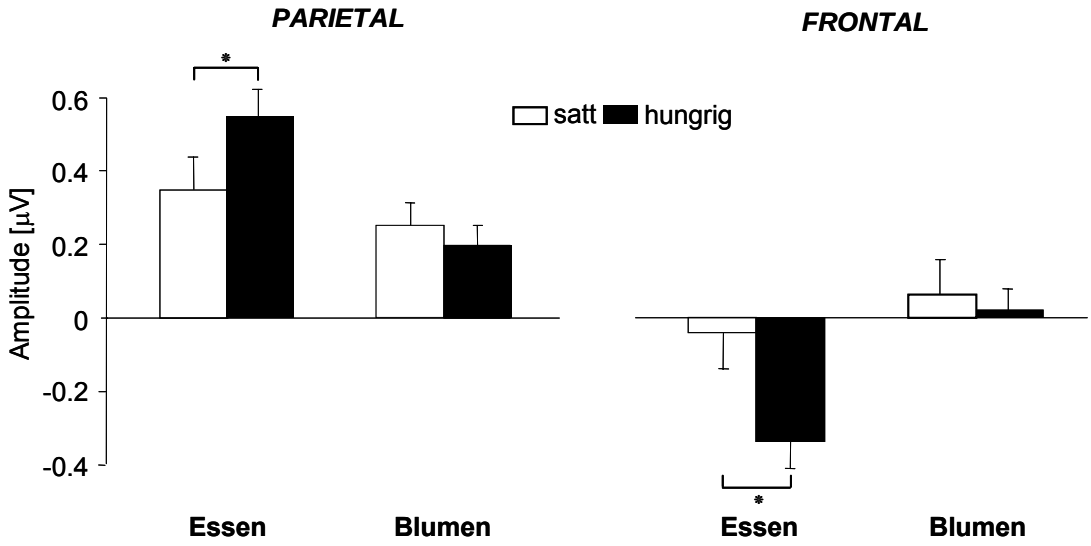


Abbildung 46: Mittelwerte (in µV) und Standardfehler über den Zeitraum von 450 bis 600 ms für Essens- und Blumenbilder in hungrigem und sattem Zustand, abgetragen für parietale und frontale Sensorgruppen. * markiert signifikanten Unterschied.

Für die *parietalen Sensorgruppen* bestätigte die signifikante Interaktion von Kategorie und Deprivation, F (1,31) = 9.8; p = .004, das dargestellte Muster von differentiellen Änderungen der beiden Kategorien. Post-Hoc-Tests zeigten, dass der Unterschied von hungrig und sattem Zustand nur bei Betrachtung von Essensbildern signifikant ist, $DEPRIVATION_{Essen}$: F (1,31) = 5.8; p = .022, nicht hingegen bei Betrachtung der Blumenbilder, $DEPRIVATION_{Blumen}$: F (1,31) < 1; ns. Die generell höheren Amplituden für Essensbilder im Vergleich zu Blumenbildern fanden Bestätigung in dem deutlichen Effekt der Bildkategorie, F (1,31) = 11.8; p = .002.

Tabelle 7: F- und p-Werte der 2x2x2-Anova für parietale und frontale Sensorgruppen. FG = Freiheitsgrade.

Für die *frontalen Sensorgruppen* zeigte eine signifikante Interaktion von Bildka-

		Parietal		**Frontal**	
	FG	*F*	*p*	*F*	*p*
Kategorie	1, 31	**11.80**	**.002**	**9.01**	**.005**
Deprivation	1, 31	1.19	.283	3.12	.087
Lateralität	1, 31	0.06	.807	1.32	.259
Kat. x Dep.	1, 31	**9.84**	**.004**	**7.25**	**.011**
Kat. x Lat.	1, 31	2.64	.114	1.19	.283
Dep. x Lat.	1, 31	0.03	.868	0.26	.613
Kat x Dep x Lat	1, 31	0.58	.451	0.38	.545

tegorie und Deprivation, F (1,31) = 9.8; p = .004, ebenfalls an, dass Essen- und Blumenbilder unterschiedlich in Abhängigkeit der Deprivation variierten. Post-hoc-Vergleiche bestätigten, dass die Zunahme in negative Richtung bei Betrachtung der Essensbilder im hungrigen Zustand signifikant ist, $DEPRIVATION_{Essen}$: F (1,31) = 8.6; p = .006, bei den Blumenbildern aber keine systematischen Abweichungen in diesen Sensorgruppen zu verzeichnen sind, $DEPRIVATION_{Blumen}$: F (1,31) < 1; ns.

Zentromediale Negativierung bei Blumenbildern

Bei den ERPs der Blumenbilder lag der Schwerpunkt der Differenzen zwischen hungrigem und sattem Zustand zum einen über zentralen Sensorbereichen, an denen eine relative Negativierung im hungrigen Zustand zu verzeichnen war. Gleichzeitig war über fronto-temporalen Sensoren eine positive Differenz erkennbar, während sich in diesen Bereichen keine Änderungen bei den Essensbildern erkennbar waren (siehe Abbildung 47).

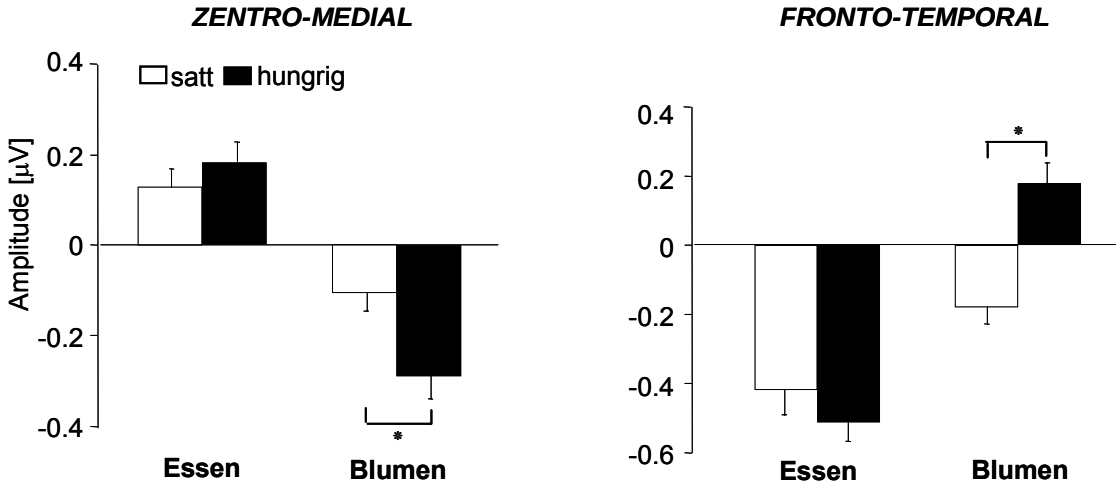


Abbildung 47: Mittelwerte (in µV) und Standardfehler über den Zeitraum von 450 bis 600 ms für Essens- und Blumenbilder in hungrigem und sattem Zustand. * markiert signifikanten Unterschied.

Die statistischen Berechnungen bestätigten die differentiellen Änderungen in Abhängigkeit der Nahrungsdeprivation über signifikante Interaktionen von Bildkategorie und Deprivation, zentro-medial: F (1,31) = 15.4; p = .001, fronto-temporal: F (1,31) = 16.8; p < .001 (siehe Tabelle 8). Wie auch in den vorangegangenen Berechnungen fand man für beide Bereiche einen deutlichen Beleg für die Differenzierung

von Essens- und Blumenbildern, $KATEGORIE_{zentromedial}$: F (1,31) = 40.0; p < .001 und $KATEGORIE_{frontotemporal}$: F (1,31) = 29.1; p < .001. An fronto-temporalen Sensoren verwies der signifikante Haupteffekt für Deprivation auf grundsätzliche Unterschiede zwischen hungrigem und sattem Zustand, $DEPRIVATION_{frontotemporal}$: F (1,31) = 4.7; p = .038.

Tabelle 8: F- und p-Werte der 2x2x2-Anova für zentro-mediale und fronto-temporale Sensorgruppen. FG = Freiheitsgrade

		ZentroMedial		**FrontoTemporal**	
	FG	*F*	*p*	*F*	*p*
Kategorie	1, 31	**39.90**	**.000**	**29.10**	**.000**
Deprivation	1, 31	3.11	.088	**4.71**	**.038**
Lateralität	1, 31	0.35	.557	0.00	.996
Kat. x Dep.	1, 31	**15.41**	**.001**	**16.76**	**.000**
Kat. x Lat.	1, 31	3.21	.092	1.25	.272
Dep. x Lat.	1, 31	0.10	.908	0.01	.940
Kat x Dep x Lat	1, 31	0.43	.370	0.89	.353

Die Post-hoc-Vergleiche für die einzelnen Kategorien bestätigten, dass hier die Unterschiede nur bei dem Betrachten von Blumenbildern statistisch bedeutsam sind, zentromedial: $DEPRIVATION_{Blumen}$: F (1,31) = 12.1; p = .002, und, frontotemporal: $DEPRIVATION_{Blumen}$: F (1,31) = 16.3; p < .001. Die Berechnungen zu den Essensbildern ergaben keine systematischen Deprivationseffekte über zentro-medialen, $DEPRIVATION_{Essen}$: F (1,31) = 1.5; p = .225 und über fronto-temporalen Bereichen, $DEPRIVATION_{Essen}$: F (1,31) = 1.5; p = .237.

4.3.5.4 Quellenschätzungen

Analog zum Vorgehen bei Studie 1 sollen Darstellungen der Quellenschätzungen (über MNE-Verfahren: siehe Abschnitt 3.2.4) in den ausgewählten Zeitbereichen weiterführende Hinweise zu den gemessenen Potentialdifferenzen zwischen sattem und hungrigem Zustand liefern.

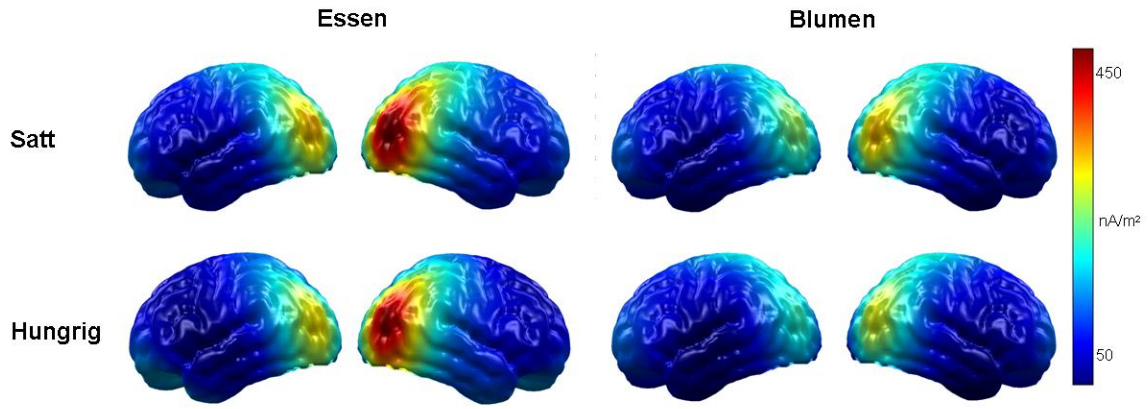


Abbildung 48: Quellenschätzung (MNE) für die Potentialverteilungen von Essens- und Blumenbildern in sattem und hungrigem Zustand im Zeitfenster von 300-360ms.

Wie Abbildung 48 zeigt, werden im Zeitbereich von 300-360 ms bilaterale parieto-okzipitale Bereiche bei der Betrachtung der Essensbilder als prominent für die Generierung des Oberflächenpotentials angezeigt. Eine Verstärkung in Abhängigkeit der Nahrungsdeprivation ist in dieser Darstellung nicht auszumachen. Was darüber hinaus deutlich wird, ist, dass die angezeigten Bereiche über der rechten Hemisphäre höhere Werte erreichen und generell für Essensbilder stärker sind als bei Blumenbildern.

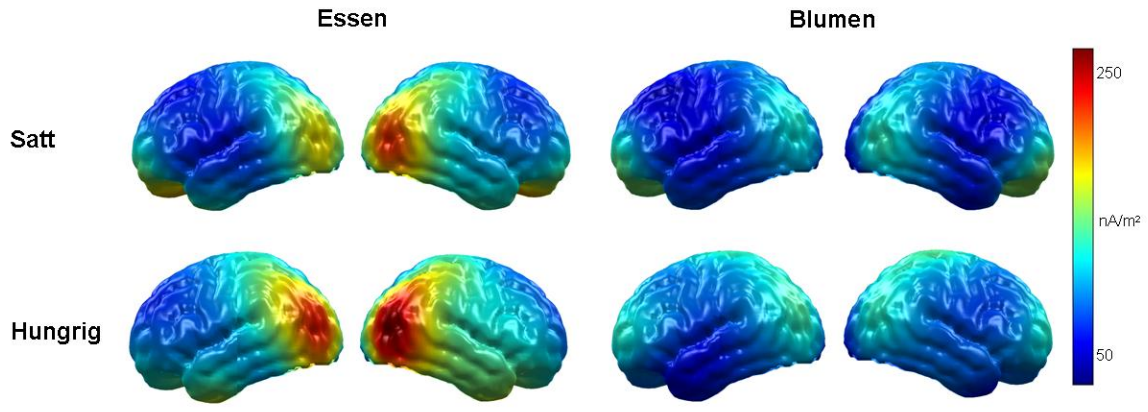


Abbildung 49: Quellenschätzung (MNE) für die Potentialverteilungen von Essens- und Blumenbildern in sattem und hungrigem Zustand im Zeitfenster von 450-600ms.

Abbildung 49 gibt für das spätere Zeitfenster von 450-600 ms vergleichbare bilaterale parieto-okzipitale Bereiche wieder, die hier im hungrigen Zustand als ver-

stärkt gegenüber dem satten Zustand angezeigt werden. Wiederum sind bei der Betrachtung der Blumenbilder vergleichbare Bereiche aktiv, jedoch in geringerem Ausmaß. Für diese Kategorie zeigt der Vergleich von sattem und hungrigem Zustand weiterhin keine deutlichen Veränderungen nach der Deprivation an.

4.3.5.5 Emotionale Bilder: Kontrollanalysen

Die Kontrollanalysen im Versuchsteil „Emotionale Bilder" wurden analog zu den in den vorangegangenen Abschnitten berichteten Berechnungen durchgeführt. Die drei emotionalen Kategorien wurden dazu zu einer Vergleichsbilderkategorie zusammengefasst.

Zeitbereich von 300-360 ms

Für die *zentromedialen* Sensorgruppen gab es keinen Unterschied zwischen sattem und hungrigem Zustand bei den emotionalen Vergleichsbilderkategorien, DEPRIVATION: F (1,31) = 1.3; p = .262.

An den *temporo-okzipitalen* Sensoren zeigten die Analysen einen Effekt der Nahrungsdeprivation auf die emotionalen Bilder an, DEPRIVATION: F (1,31) = 9.2; p = .005, weshalb die Kategorien noch einmal separat getestet wurden. Die Mittelwerte der einzelnen Kategorien (siehe Tabelle 9) zeigen negative Differenzen von sattem und hungrigem Zustand an, die signifikant sind für Angenehme, F (1,31) = 7.4, p = .011, und Neutrale, F (1,31) = 7.6, p = .010, nicht für Unangenehme, F (1,31) = 2.3, p = .139.

Tabelle 9: Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) der emotionalen Bilder in sattem und hungrigem Zustand für den Zeitbereich von 300 – 360 ms.

	Angenehm		**Neutral**		**Unangenehm**	
Temp.okzipital	links	rechts	links	rechts	links	rechts
satt	0.3 (0.1)	0.3 (0.1)	1.2 (0.2)	1.3 (0.2)	0.2 (0.1)	0.4 (0.1)
	↕	↕		↕		
hungrig	0.1 (0.1)	0.0 (0.1)	1.0 (0.1)	1.0 (0.2)	0.1 (0.2)	0.2 (0.2)

Späte Potentiale (450-600ms)

Die Berechnungen der späten Potentiale im Zeitbereich von 450 - 600 ms, die analog zu den Analysen des Essen- und Blumenbilder-Abschnittes an vier Sensorbereichen (zur Auswahl siehe Anhang D_2) durchgeführt wurden, zeigten keinerlei Einfluss der Nahrungsdeprivation auf die emotionale Vergleichsbilderkategorie an (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: F- und p-Werte der 2x2 Anova im Zeitbereich von 450-600ms.

		parietal		frontal		zentromed.		frontotemp.	
	FG	*F*	*p*	*F*	*p*	*F*	*p*	*F*	*p*
Deprivation	1, 31	1.1	.312	2.8	.103	1.1	.311	2.3	.143
Lateralität	1, 31	1.8	.195	2.5	.123	1.5	.227	0.1	.847
Dep. x Lat.	1, 31	0.2	.672	0.0	.931	0.1	.913	0.1	.720

4.3.5.6 Emotionale Bilder: Replikation von EPN (200-300 ms) und LPP (400-600 ms)

Die Berechnungen zur Replikation der *frühen posterioren Negativierung* über temporo-okzipitalen Sensorbereichen ergaben erwartungsgemäß deutliche Unterschiede in Abhängigkeit des Erregungsgehaltes. Angenehme und Unangenehme unterschieden sich demnach klar von Neutralen und zwar unabhängig vom Deprivationszustand. Die Potentialverteilungen sowie die Differenzdarstellungen in Abbildung 50 zeigen, dass die Negativierung für Angenehme gegenüber Neutralen gleichermaßen deutlich ausgeprägt war wie für Unangenehme gegenüber Neutralen.

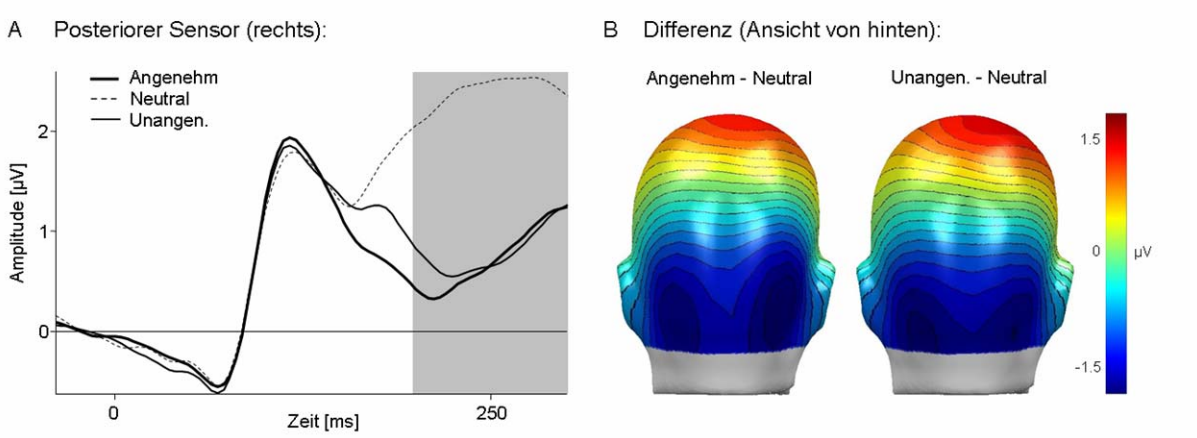


Abbildung 50: A) Potentialverläufe eines rechten posterioren Sensors (#160) für die emotionalen Bilder gemittelt über satt und hungrig. Grau unterlegt ist der Zeitbereich der Berechnungen. B) Topographische Differenzdarstellung für den Zeitraum von 200 bis 300 ms.

Die statistischen Berechnungen zeigten erwartungsgemäß einen klaren Effekt für die Bildkategorie, F (2,62) = 82.3; p < .001, ε = 0.6. Dabei unterschieden sich vor allem Angenehme von Neutralen, F (1,31) = 104.2; p < .001, und Unangenehme von Neutralen, F (1,31) = 79.9; p < .001. Einen Unterschied zwischen Angenehmen und Unangenehmen gab es nicht, F (1,31) <1; ns. Da die Deprivation keinen Einfluss auf die Verarbeitung der emotionalen Bilder hatte, DEPRIVATION: F (1,31) = 2.2; p = .146; DEPRIVATION x KATEGORIE: F (2,62) <1 ; ns., ε = 1.0, wurden die Werte zur Darstellung über satten und hungrigen Zustand gemittelt.

Für die *späten positiven Potentiale* zeigen die in Abbildung 51 dargestellten Potentialverläufe ebenfalls eine klare Differenzierung von Angenehmen und Unangenehmen gegenüber Neutralen, die in der topographischen Ansicht den Schwerpunkt über zentralen Bereichen erreicht. Auch in dieser Analyse hatte die Nahrungsdeprivation keinen Einfluss auf die ERPs der emotionalen Bilder, DEPRIVATION: F (1,31) = 1.4; p = .239; DEPRIVATION x KATEGORIE: F (2,62) = 1.36; p = .265, ε = 1.0.

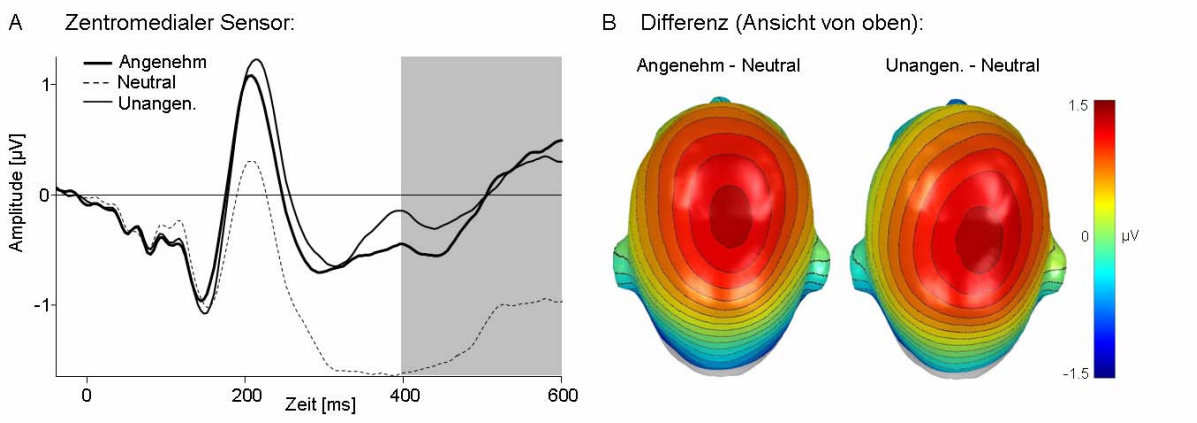


Abbildung 51: A) Potentialverläufe eines zentromedialen Sensors (#79) für die emotionalen Bilder gemittelt über satt und hungrig. Grau unterlegt ist der Zeitbereich der Berechnungen. B) Topographische Differenzdarstellung für den Zeitraum von 400 bis 600 ms.

Die Berechnungen ergaben wiederum einen deutlichen Effekt der Bildkategorie, F (2,62) = 106.4; $p < .001$, $\varepsilon = 0.8$, wobei die Interaktion von Kategorie und Lateralität anzeigte, dass die Effekte in linker und rechter Sensorgruppe unterschiedlich stark ausgeprägt waren, KATEGORIE x LATERALITÄT: F (2,62) = 6.5; $p = .004$, $\varepsilon = 0.9$. So waren die Kennwerte bei den getrennten Analysen für die Sensorengruppe der rechten Seite höher, sowohl bei dem Vergleich von Angenehmen gegenüber Neutralen, links: F (1,31) = 110.0; $p < .001$, rechts: F (1,31) = 126.1; $p < .001$, sowie von Unangenehmen gegenüber Neutralen, links: F (1,31) = 68.4; $p < .001$, rechts: F (1,31) = 160.3; $p < .001$. Angenehme unterschieden sich von Unangenehmen nur auf der linken Seite, links: F (1,31) = 6.4; $p = .017$, rechts: F (1,31) < 1; ns.

4.3.6 Wiedererkennen von Essen- und Blumenbildern

4.3.6.1 Verhaltensleistung

Die Verhaltensleistung im Wiedererkennensabschnitt, der im Anschluss an die Darbietung der Essens- und Blumenbilder erfolgte, zeigte keinen Verarbeitungsvorteil für die zustandsrelevanten Stimuli nach der Nahrungsdeprivation. Die Essensbilder wurden aber, wie Abbildung 52 illustriert, insgesamt deutlich besser wieder erkannt als die Blumenbilder.

Abbildung 52: Trefferrate in Prozent (Mittelwerte über korrekte Alt- und Neu-Zuordnungen) für Essens- und Blumenbildern in sattem und hungrigem Zustand.

Die 2(Kategorie)x2(Deprivation)x2(Typ)-Anova bestätigte den Unterschied zwischen den Bildkategorien, F (1,31) = 58.0; $p < .001$. Es gab weder für Essens- noch für Blumenbilder systematische Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand, DEPRIVATION: F (1,31) < 1; ns.; DEPRIVATION x KATEGORIE: F (1,31) < 1; ns, DEPRIVATION x TYP: F (1,31) < 1; ns.

4.3.6.2 Ereigniskorrelierte Potentiale

Die Ergebnisse zu den ERPs von Essens- und Blumenbildern im Wiedererkennensabschnitt von Studie 2 ergaben deutliche Unterschiede zwischen den als „Alt“ oder „Neu“ zu klassifizierenden Bildern. Wie Abbildung 53 für die Essensbilder illustriert, war dieser Unterschied zwar etwas stärker ausgeprägt im hungrigen Zustand, allerdings nicht wesentlich durch die Deprivation verändert[22]. Die Darstellung zeigt weiterhin, dass der Alt-Neu-Effekt für die Essensbilder über zentralen Sensorbereichen und für die Blumenbilder über frontalen Bereichen maximal war.

[22] aufgrund der geringen Durchgangszahl in diesem Versuchsabschnitt ist das Signal-zu-Rausch-Verhältnis schlechter als in den anderen Teilen und die Potentialverläufe entsprechend weniger glatt.

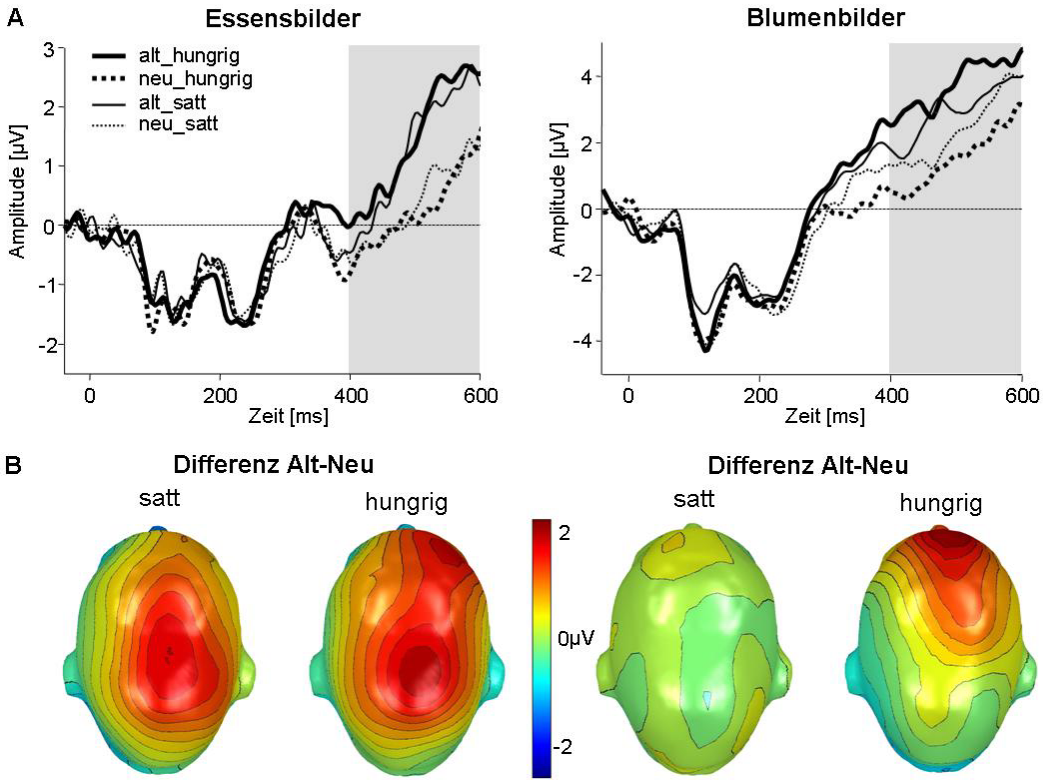


Abbildung 53: A) Potentialverläufe für alte und neue Essensbilder in sattem und hungrigem Zustand an zentralem Sensor (#185) und für Blumenbilder an frontalem Sensor (#13). B) Topographische Ansicht der Alt-Neu-Differenz in sattem und hungrigem Zustand von oben (gemittelt über Zeitbereich von 400-600ms).

Die 2(Kategorie)x2(Deprivation)x2(Typ)-Anova ergab weder für die zentrale noch für die frontale Sensorgruppe signifikante Deprivationseffekte, DEPRIVATION$_{zentral}$: F (1,31) = 4.1; p = .053; DEPRIVATION$_{frontal}$: F (1,31) < 1; ns.; DEPRIVATION x KATEGORIE: Fs (1,31) < 1.4; ns.; DEPRIVATION x TYP: Fs (1,31) < 1; ns. Der Alt-Neu-Effekt war deutlich ausgeprägt, TYP$_{zentral}$: F (1,31) = 28.0; p < .001; TYP$_{frontal}$: F (1,31) = 17.0; p < .001. Wie die obige Abbildung zeigt, war der Alt-Neu-Effekt an den zentralen Sensoren für die Essensbilder stärker als für die Blumenbilder, KATEGORIE x TYP: F (1,31) = 9.6; p = .004. An den frontalen Sensoren gab es eine solche Interaktion nicht, KATEGORIE x TYP: F (1,31) < 1; ns.

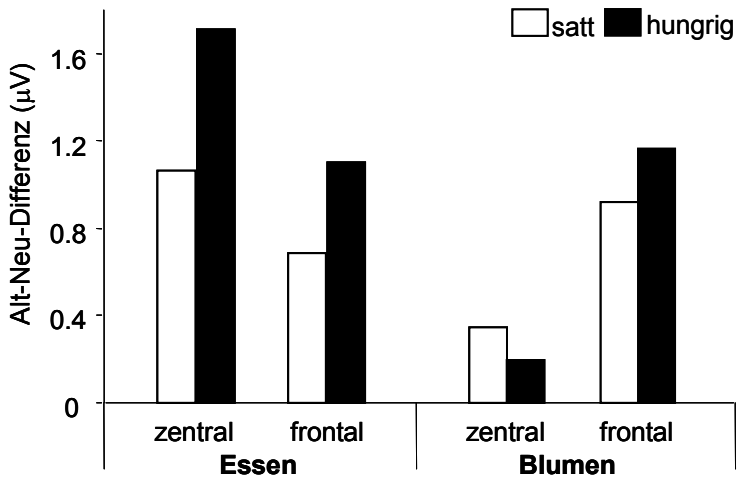


Abbildung 54: Mittelwertsdifferenzen in Microvolt zum Alt-Neu-Effekt bei Essens- und Blumenbildern für zentrale und frontale Sensorgruppe im Zeitbereich von 400-600 ms.

Die Folge-Berechnungen ergaben, entsprechend der Differenzverteilung in Abbildung 54, für Essensbilder sowohl an zentralen wie frontalen Sensoren deutliche Alt-Neu-Effekte, $TYP_{zentral}$: F (1,31) = 37.4; $p < .001$; $TYP_{frontal}$: F (1,31) = 6.2; $p = .018$. Der oben aufgeführte schwellennahe Deprivationseffekt für die zentrale Sensorgruppe ist auf die Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand bei Essensbildern zurückzuführen, der allerdings den Alt-Neu-Effekt nicht beeinflusst auch wenn die Abbildung 54 eine Verstärkung im hungrigen Zustand erkennen lässt, DEPRIVATION: F (1,31) = 5.4; $p = .028$; TYP x DEPRIVATION: F (1,31) = 1.4; $p = .233$. Für die Blumenbilder ist lediglich an den frontalen Sensoren ein Alt-Neu-Effekt auszumachen, TYP: F (1,31) = 14.7; $p = .001$. Auch wenn die Abbildung 53B zur topographischen Ansicht des Effektes eine Zunahme in hungrigem Zustand erkennen lässt, ist kein Deprivationseffekt zu verzeichnen, DEPRIVATION: F (1,31) = 1.1; $p = .309$; DEPRIVATION x TYP: F (1,31) < 1; ns.

4.4 Diskussion

In Studie 2 wurde, in Weiterführung der ersten Untersuchung, geprüft, ob Essensreize in Abhängigkeit von Hunger und Sattheit selektiv verarbeitet werden. Eine Aufmerksamkeitslenkung relevanter Nahrungsreize nach Deprivation wird im Hinblick auf eine verbesserte Auswahl überlebensrelevanter Informationen aus der Flut der Umgebungsreize als evolutionär sinnvoll angenommen.

Die ERP-Bereiche, die in bezug zu *frühen Verarbeitungsschritten* gesetzt werden, zeigten für Essensbilder verstärkte Negativierungen im hungrigen Zustand, wobei der Effekt in Studie 2 im Vergleich zu den posterioren Negativierungen in der ersten Studie später einsetzte.

Eine wesentliche Erweiterung, die in Studie 2 umgesetzt wurde, bestand in der Untersuchung *später Potentiale*, die mit konzeptueller Reizverarbeitung und „höheren" Stufen im Informationsverarbeitungsprozess assoziiert werden (siehe Abschnitt 2.2). Die Ergebnisse hierzu zeigten spezifische Verstärkungen positiver Potentiale für Essensbilder im hungrigen Zustand und die Quellenschätzungen sprachen für eine verstärkte Verarbeitung der Reize in visuellen Kortexarealen.

Eine wichtige Änderung in Studie 2 bestand in der Verwendung von *Blumenbildern als Vergleichskategorie*, die perzeptuell den Essensbildern ähnlicher sind als die Bilder des IAPS. In den späten Potentialen der Blumenbilder gab es ebenfalls zustandsabhängige Modulationen, allerdings mit einem gänzlich anderen Differenzmuster im Vergleich zu den Deprivationseffekten für Essensbilder.

Der zusätzlich aufgenommene Versuchsabschnitt zur Untersuchung möglicher *Gedächtnisvorteile* für Essensreize im deprivierten Zustand ergab einen generellen Wiedererkennensvorteil für Essensbilder gegenüber Blumenbildern. In den ERPs war der „Alt-Neu"-Effekt für Essensbilder stärker ausgeprägt. Diese Kategorienunterschiede waren *nicht* systematisch durch den motivationalen Zustand beeinflusst.

Die Ergebnisse dieser zweiten Studie bekräftigen die Aussagen von Studie 1 und sprechen ebenfalls für eine spezifisch verstärkte Verarbeitung der Essensbilder, deren *motivationale Bedeutsamkeit* zustandsabhängig variiert. Im Folgenden werden die Ergebnisse von Studie 2 vertiefend dargestellt und anschließend allgemeine Anmerkungen zu der vorliegenden Arbeit und Überlegungen zu Weiterentwicklungen aufgeführt.

4.4.1 Subjektive Bewertungen und Ketonmessung

4.4.1.1 Fragebogen zu Ängstlichkeit und Depressivität

Die Angaben der Versuchsteilnehmer von Studie 2 in den Fragebögen zu Ängstlichkeit und Depressivität bewegten sich generell im Normbereich. Allerdings gab es bei den Werten des STAI zur aktuell empfundenen Ängstlichkeit einen signifikanten Anstieg nach der Nahrungsdeprivation. Versteht man die situationale Ängstlichkeit als einen Teilaspekt der allgemeinen Befindlichkeit, so kann dieser Befund als Hinweis darauf verstanden werden, dass Hunger oft als aversiver Zustand[23] empfunden wird (Polivy, 1996). Es ist demnach möglich, dass schon nach kurzfristiger Deprivation (24 Stunden) leichte Formen negativer Affektivität auftreten, wie sie von Untersuchungen zu mehrtägiger Deprivation (z.B. Kollar, Slater, Palmer & Docter, 1964), bei Hungerstreikenden (siehe Übersicht: Fessler, 2003), oder bei langfristiger Nahrungsrestriktion (Keys, Brozek, Henschel, Mickelsen & Taylor, 1950)[24] bekannt sind. In der Untersuchung von Lozano und Kollegen (1999) zum Einfluss von Hunger auf die Einstellungen zu Essen waren die Werte einer Skala zur negativen Affektivität im hungrigen Zustand signifikant höher als im satten Zustand

[23] Mehrfach wurde von den Teilnehmern der vorliegenden Studie Kopfschmerzen bei dem Termin im hungrigen Zustand berichtet, sodass man für zukünftige Untersuchungen die Hinweise auf das gesteigerte Trinken, das diesen Beschwerden entgegenwirkt, verstärken sollte.

[24] Im Rahmen der so genannten *„Minnesota-Studie"* wurden 32 gesunde junge Männer für 24 Wochen partieller Nahrungsdeprivation (auf 1600 Kcal pro Tag reduzierte Ernährung) unterzogen und die Änderungen einer Reihe physiologischer und psychologischer Erhebungen in einer mehrbändigen Dokumentation mit dem Titel „The Biology of Human Starvation" festgehalten. Die subjektiven Angaben zeigten verstärkte Müdigkeit, stärkere Launenhaftigkeit, Zunahme depressiver Verstimmungen, Abnahme von Konzentrationsfähigkeit, des Sexualtriebes, des Selbstvertrauens und der generellen Aktivität.

(und die für positive Affektivität niedriger). In einer kürzlich abgeschlossenen Studie, bei der die Teilnehmer in vergleichbarer Weise zur vorliegenden Arbeit im Abstand von 7 Tagen satt und hungrig untersucht wurden, zeigten die Angaben der Kurzform des MDBF (Steyer, Schwenkmezger, Notz & Eid, 1997) - einem Fragebogen zur Befindlichkeit - keine signifikanten Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand (Petrovsky, 2006). Die hohen Werte auf allen Subskalen ließen auf eine gute allgemeine Befindlichkeit schließen und bestätigten die mündlich erfragten Angaben der Teilnehmer. Allerdings zeigten die Mittelwerte, dass die Teilnehmer, wenn sie hungrig waren, etwas weniger gute Stimmung hatten und sich weniger wach und unruhiger einschätzten.

4.4.1.2 Einschätzung von Hunger und Appetit

In Replikation der Befunde aus Studie 1 zeigten die Angaben der Teilnehmer zum *subjektiv empfunden Hunger* den erwarteten deutlichen Anstieg im hungrigen Zustand und lieferten weitere Bestätigung für die dort aufgeführten zahlreichen Befunde zum Einfluss der Deprivation auf subjektiver Ebene (siehe Abschnitt 3.4.1). Darüber hinaus war in der Studie 2 ebenfalls ein Zuwachs im Verlauf der jeweils zweistündigen Messungen zu verzeichnen (ähnlich: Leland & Pineda, 2006). Wie bei Studie 1 war dieser Zuwachs von Prä- zu Postmessung im satten Zustand größer, wobei wiederum möglicherweise die hohen Ausgangswerte im hungrigen Zustand ein vergleichbar starkes Ansteigen verhinderten. Diese Ergebnisse verweisen noch einmal darauf, dass man sich nicht „satt sehen“ kann an Essensbildern, sondern eventuell sogar durch die Darbietung entsprechender Hinweisreize noch hungriger wird (Herman et al., 1999). Die Angaben zum *subjektiv empfundenen Appetit* zeigten in Studie 2 ebenfalls den erwarteten Anstieg von sattem zu hungrigem Zustand sowie die Änderungen im Verlauf der Messung und bestätigten damit gleichermaßen deutlich das Ergebnismuster aus Studie 1. Die hohe Übereinstimmung der Bewertungen aus Studie 1 und 2 verweist auf die Konsistenz der Berichte auf subjektiver Ebene.

Der deutliche Anstieg der Ketonwerte im hungrigen Zustand zeigte das Befolgen der Instruktionen zum Essverhalten an und bestätigte damit die Angaben auf der Ebene des subjektiven Erlebens (auch wenn geringfügige Abweichungen von der absoluten Restriktion aufgrund der Messgenauigkeit der verwendeten Methode nicht ausgeschlossen werden können).

4.4.1.3 Einschätzung der Bilder nach Valenz und Erregung

Die *Bewertungen der Essens- und Blumenbilder* auf den Basisdimensionen von Valenz und Erregung ergaben signifikante Interaktionen von Bildkategorie und motivationalem Zustand, gemäß den Vorhersagen aus Studie 1. Die positive Einschätzung der Essensbilder stieg im hungrigen Zustand. Demgegenüber blieben die Valenzeinschätzungen der Blumenbilder konstant. Die Erregungseinschätzungen ergaben, dass Essensbilder, die insgesamt als stärker erregend eingestuft wurden als Blumenbilder, einen signifikanten Anstieg im hungrigen Zustand zeigten. Damit bestätigten diese Ergebnisse die Befunde verschiedener Arbeiten, die vergleichbare selektive Änderungen im Erregungsniveau von Essenreizen nach Deprivation beschrieben (Drobes et al., 2001; Lüthy et al., 2003; siehe 3.4.1). Diese Ergebnisse liefern einen weiteren Beleg für ein selektives Ansteigen des Anreizwertes der Essensbilder nach Nahrungsdeprivation auf subjektiver Ebene, analog zu den bei Studie 1 aufgeführten Befunden (siehe 3.4.1).

Die *Bewertungen der emotionalen Vergleichsbilder* ergaben zum einen die erwartete Modulation in Abhängigkeit der Bildinhalte. Die Einschätzungen dieser Bilder spiegelten, entsprechend der Vorhersagen aus dem Modell zur „motivierten Aufmerksamkeit“ (siehe Abschnitt 2.2.3), auf den Dimensionen von Valenz und Erregung die biphasische Organisation von Emotionen auf subjektiver Ebene wider (Bradley & Lang, 1994; Lang et al., 1997). Zum anderen gab es keine grundsätzlichen Unterschiede in Abhängigkeit der Nahrungsdeprivation. Allerdings wurden die unangenehmen Bilder im hungrigen Zustand als weniger aversiv bewertet als im satten Zustand. Dabei ist es denkbar, dass analog zur gesteigerten Impulsivität

(Eisenberger, Masterson & Lowman, 1982) nach Nahrungsdeprivation auch weniger Hemmungen gegenüber Bedrohungen empfunden werden und entsprechend die unangenehmen Bilder als weniger aversiv eingeschätzt werden (siehe Fessler, 2003).

Insgesamt betrachtet verweist die große Übereinstimmung der Stichproben aus Studie 1 und 2 auch für die Bilderbewertungen auf eine hohe Stabilität der selektiven Änderungen auf subjektiver Ebene bezogen auf die zustandsrelevante Kategorie der Essensbilder im Vergleich zu Blumenbildern und emotionalen Reizen.

4.4.2 Ereigniskorrelierte Potentiale

4.4.2.1 Frühe Potentialveränderungen für Essensbilder im hungrigen Zustand

Im frühen Zeitbereich zeigten die Berechnungen für Studie 2 vor 300 ms *keine* signifikanten Deprivationseffekte bei der Betrachtung von Essensbildern - weder zwischen 50 und 80 ms noch zwischen 200 und 270 ms. Möglicherweise ist dieses Ergebnis auf die hohe perzeptuelle Ähnlichkeit zwischen den Kategorien zurückzuführen. Aus Anordnungen zur instruierten Aufmerksamkeitslenkung ist bekannt, dass eine Variation der Diskriminierbarkeit einen Einfluss auf die ERPs zielrelevanter Reize hat (Smid et al., 1999). Während die Essensbilder innerhalb der IAPS-Bilder in Studie 1 leicht von den Vergleichsbildern zu unterscheiden waren, ist die Differenzierung gegenüber den Blumenbildern vergleichsweise schwieriger und dieser Umstand könnte mit dem Einfluss des motivationalen Zustandes interferieren. Weiterhin könnte eine Verlängerung der Darbietungszeit innerhalb des RSVP-Paradigmas von 333 auf 666 ms ein Grund dafür sein, dass wegen der höheren perzeptuellen Belastung in Studie 1 verstärkt frühe Prozesse angestoßen wurden, die in Studie 2 nicht in vergleichbarer Weise erkennbar waren. Die Ähnlichkeit in perzeptuellen Charakteristika zwischen Essens- und Blumenbildern könnte darüber hinaus ein Grund dafür sein, dass in dieser zweiten Anordnung nicht vergleichbar auffällige frühe Kategorienunterschiede in den ERPs zu beobachten waren, wie sie in Abschnitt 3.4.2 für den Zeitbereich um 200 ms beschrieben wurden.

Im *Zeitbereich von 300 bis 360 ms* nach Bilddarbietungsbeginn zeigten die ERPs bei Betrachtung von Essensbildern im hungrigen Zustand eine Negativierung an temporo-okzipitalen und eine Positivierung an zentralen Sensoren. Für die Spezifität dieser Deprivationseffekte spricht die Tatsache, dass für die Kategorie der Blumenbilder kein vergleichbarer Unterschied zwischen sattem und hungrigem Zustand zu verzeichnen war. Interessanterweise zeigte die topographische Verteilung der Differenz von hungrigem und sattem Zustand für die Essensbilder ein hohes Maß an Übereinstimmung zwischen den beiden Untersuchungen (vgl.: Abbildung 22 und Abbildung 42). Bemerkenswert ist allerdings, dass die posteriore Negativierung für Essensbilder im hungrigen Zustand in der zweiten Studie in einem etwas späteren Zeitfenster zu beobachten war als in Studie 1. Wie im vorangegangenen Abschnitt angeführt, könnte die unterschiedliche Diskriminierbarkeit der Essensbilder innerhalb des Reizstromes ein Grund für diese Latenzunterschiede sein (Donchin & Coles, 1988). Die Darstellungen der Quellenschätzungen (siehe Abbildung 49) verwiesen in Studie 2 darüber hinaus, vergleichbar zu den Befunden aus Studie 1, auf die Bedeutung bilateraler parieto-okzipitaler Bereiche für die Essensbilder-spezifischen Deprivationseffekte im frühen Zeitbereich.

Eine verstärkte Beteiligung visueller Verarbeitungsareale bei der Betrachtung von Essensbildern im deprivierten Zustand kann als Folge des Relevanzzuwachses der Nahrungsreize nach Deprivation verstanden werden. In Abschnitt 2.2.3 wurde die Annahme beschrieben, dass *motivational bedeutsame* Reize automatisch Aufmerksamkeit auf sich ziehen (Lang et al., 1997), wobei eine frühe posteriore Negativierung als Korrelat eines solchen „Attention Capture“ gesehen wird (Schupp et al., im Druck). In diesem Kontext kann die verstärkte Negativierung für Essensbilder im hungrigen Zustand mit dem Anstieg der Bedeutsamkeit und einem höheren Anreizwert von Nahrungsreizen nach Deprivation in Bezug gesetzt werden (siehe Abschnitt 2.1). Durch die erhöhte Dringlichkeit der Nahrungsaufnahme steigt möglicherweise die unmittelbare Handlungsrelevanz von visuellen Hinweisreizen auf Nahrungsquellen („urge-to-approach“: siehe Lavy, E. H. & van den Hout, M. A.,

1993). Wie es Frijda (1986; 1999) und Lang (1997) für emotionale Reize beschreiben, kann für Essensreize eine Verstärkung im „mode of action readiness“ nach Deprivation angenommen werden, die mit Modulationen der kortikalen Parameter als Indizes spezifischer Aufmerksamkeitslenkung einhergeht. Bezogen auf die Modulationen in den ERP-Komponenten könnten die beschriebenen Befunde zu zustandsabhängiger Aktivität in OFC, Hypothalamus und Amygdala Hinweise darauf geben, dass eventuell die erhöhte Aktivierung visueller Areale durch die Rückverstärkung kortikaler und subkortikaler Strukturen (siehe Abschnitt 3.4.2) zustande kommt.

Verstärkte Negativierung für Essens- gegenüber Blumenbildern

Der Blick auf die *Kategorienunterschiede* erbrachte in dem Zeitfenster von 300 - 360 ms eine posteriore Negativierung für Essens- gegenüber Blumenbildern. Die Quellenschätzungen in Abbildung 55B zeigen, dass bei diesem Kategorienunterschied vergleichbare Areale beteiligt sind wie bei dem Vergleich emotionaler und neutraler Bilder (siehe EPN in Abbildung 57). So waren vor allem über der rechten Hemisphäre *temporo-okzipitale Bereiche* bei Essensbildern im satten Zustand stärker aktiviert als bei Blumenbildern. Dieses Befundmuster könnte auf eine generell erhöhte motivationale Bedeutsamkeit der Essens- im Vergleich zu den Blumenbildern zurückzuführen sein (wie es auch die höheren Erregungseinschätzungen nahe legen).

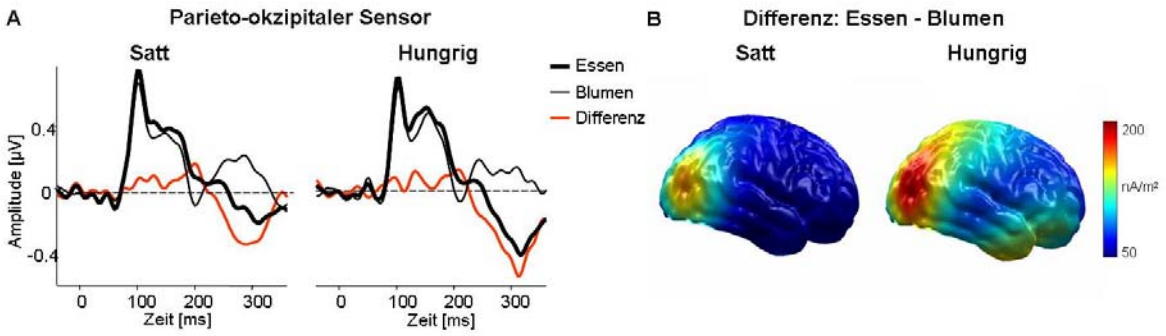


Abbildung 55: Unterschiede zwischen Essens- und Blumenbildern in sattem und hungrigem Zustand. A) Potentialverläufe eines rechten temporo-okzipitalen Sensors (#175). B) MNE-Darstellung der Differenz von Essens-Blumenbildern im berechneten Zeitfenster von 300-360 ms für satten und hungrigen Zustand.

Dass bei Darbietung von Essensbildern temporo-okzipitale Bereiche stärker aktiv sind als bei Bildern mit geringerem Anreizwert zeigte beispielsweise eine fMRI-Studie von Simmons und Kollegen (2005). Die Autoren verglichen die Darbietung appetitlicher Essensbilder und neutraler Gebäude und fanden bilaterale temporo-okzipitale Kortexareale (neben Insula und OFC) als stärker aktiviert bei den Nahrungsreizen. In der Studie wurden die Probanden allerdings nur einmal untersucht und keine Angaben zum aktuellen Hunger erfasst, sodass keine Aussage über mögliche Veränderungen für diese Areale in Abhängigkeit von Hunger und Sattheit getroffen werden kann.

Wie die oben stehende Abbildung 55 illustriert, war die posteriore Negativierung für Essens- gegenüber Blumenbildern nach der Nahrungsdeprivation deutlich stärker ausgeprägt. Auch die Aktivierung temporo-okzipitaler Areale war unter Deprivation verstärkt und es wurden zusätzlich parietale und frontale Kortexbereiche angezeigt. Wie im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, kann die verstärkte posteriore Negativierung und die erhöhte Aktivität visueller Areale als Korrelat eines Relevanzzuwachses und einer erleichterten Verarbeitung von Nahrungsreizen im hungrigen Zustand verstanden werden.

4.4.2.2 Späte Potentialveränderungen für Essens- und Blumenbilder im hungrigen Zustand

Die Ergebnisse zu den späten Potentialen im *Zeitfenster von 450-600 ms* zeigten signifikant verstärkte positive Potentiale für die Essensbilder im hungrigen Zustand (siehe Abbildung 56A). Gleichzeitig war bei den Blumenbildern eine negative Differenz an zentralen Sensoren zu beobachten. Die Darstellungen zu den Quellenschätzungen (Abbildung 56B) illustrieren, dass bei den Essensbildern im hungrigen Zustand vor allem extrastriäre Bereiche als verstärkt aktiv angezeigt wurden. Weiterhin sind Änderungen frontaler Regionen erkennbar.

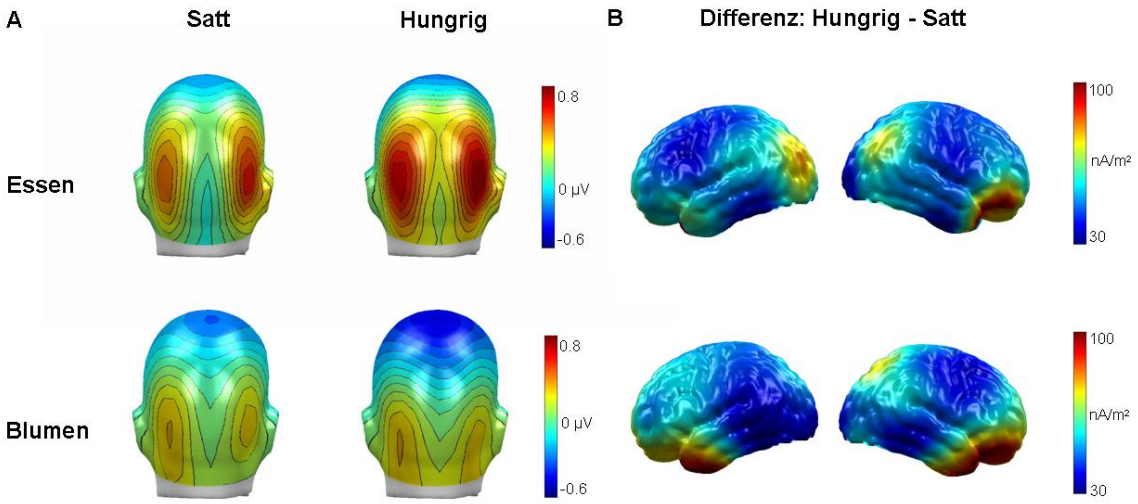


Abbildung 56: A) Topographische Darstellung der Potentialverteilungen für Essens- und Blumenbilder im Zeitbereich von 450-600 ms. B) Darstellung der MN-Schätzung für die Differenz Hungrig-Satt.

Für die späten Potentiale der Essensbilder, deren Bedeutungsgehalt zustandsabhängig variiert, wurden analoge Differenzmuster für den Vergleich zwischen hungrigem und sattem Zustand vorhergesagt, wie sie für den Vergleich bedeutsamer emotionaler gegenüber neutralen Bildern bekannt sind (siehe Abschnitt 2.2.3). Die hier gefundenen verstärkten späten Potentiale für Essensbilder nach Deprivation wiesen allerdings deutliche topographische Unterschiede auf im Vergleich zur emotionalen Modulation der LPP (Abbildung 51). Bei den letztgenannten liegt der Fokus

häufig über zentro-medialen Bereichen, während die zustandsabhängigen Differenzen in den ERPs der Essensbilder über parieto-okzipitalen Bereichen liegen. Diese Unterschiede in der Topographie könnten, wie in Abschnitt 3.4.2.2 beschrieben, auf objektspezifische Aktivierungen visueller Verarbeitungsareale bei Darbietung von Essensbildern zurückzuführen sein, die sich auch auf die zustandsabhängigen Effekte auswirken könnten. Die Unterschiede in der topographischen Verteilung der Effekte verweisen weiterhin darauf, dass sich der Vergleich *zwischen Kategorien mit unterschiedlichem Bedeutungsgehalt* nicht in identischer Weise im *Vergleich einer Kategorie in unterschiedlichen motivationalen Zuständen* in den kortikalen Maßen der Reizverarbeitung nachverfolgen lässt.

Ungeachtet der Besonderheiten, die möglicherweise mit der Kategorie der Nahrungsreize zusammenhängen, verweisen die Parallelen in Bezug auf eine Verstärkung in visuellen Arealen in Abhängigkeit der Bedeutsamkeit der Essensbilder darauf, dass die Zunahme später positiver Potentiale in analoger Weise mit impliziten Aufmerksamkeitsprozessen im Zusammenhang stehen könnten, wie es für die Verarbeitung emotionaler Bilder angenommen wird.

Wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, findet man späte positive Potentialveränderungen sowohl in Untersuchungen zur expliziten (Johnson, 1988) als auch zur impliziten (Cuthbert et al., 2000; Schupp et al., 2000; Schupp, Cuthbert et al., 2004) Aufmerksamkeitslenkung. Erhöhte LPP-Amplituden bei Darbietung relevanter Bilder werden als Hinweise auf eine verstärkte Verarbeitung dieser Reize und der Repräsentation im Arbeitsgedächtnis verstanden (Donchin & Coles, 1988). Bei der Präsentation emotional bedeutsamer Bilder ohne explizite Aufgabenstellung werden die Modulationen der späten Komponenten auf den höheren Bedeutungsgehalt und die evolutionäre Signifikanz des Dargebotenen zurückgeführt (Schupp et al., im Druck). Im Sinne eines Zugewinns an „Überlebensrelevanz“ für visuelle Essensreize im deprivierten Zustand als Hinweise auf potentielle Nahrungsquellen, können die gefundenen verstärkten späten positiven Potentiale in analoger Weise auf diesen Zuwachs an Bedeutungsgehalt zurückgeführt werden.

Eine Überlegung, wie verstärkte Amplituden bei Darbietung bedeutungshaltiger Reize zustande kommen könnten, liefert die so genannte „LC-P3-Hypothese". Dieser Ansatz geht davon aus, dass die Modulationen in den P3-artigen späten Potentialen auf verstärkte Aktivierungen im noradrenergen System, gesteuert über den Locus Coeruleus (LC)[25] im Hirnstamm, zurückzuführen sind. Nieuwenhuis und Kollegen (2005) beschreiben die Parallelen der Reaktivität des noradrenergen Systems auf *motivational bedeutsame* Reize und der Größe der P3-Amplitude. Sie führen aus, dass zum einen die P3 die phasischen Reaktionen des noradrenergen Systems widerspiegelt. Zum anderen erfüllten diese phasische Aktivitätsänderungen adaptive Funktion, da sie durch verstärkte Ausschüttung von Noradrenalin die Repräsentation motivational relevanter Reize in verschiedenen Kortexstrukturen verstärkten. Dabei betonen die Autoren, dass Bedeutsamkeit durch besondere Reizcharakteristika wie plötzliches Auftreten, durch Aufgabenrelevanz aber eben auch durch inhärente Eigenschaften wie der *motivationalen Bedeutsamkeit* bestimmt sein kann. Foote und Kollegen (1980) haben beispielsweise zeigen können, dass das noradrenerge System bei Primaten bei Darbietung präferierter Nahrung aktiviert wird. Noradrenalin kann als Neuromodulator die Signalübertragung von Nervenzellen beeinflussen und es konnte gezeigt werden, dass hauptsächlich evozierte Neuronenaktivität, also Reaktionen auf externale Reize, verstärkt wird (siehe: Berridge, C. W. & Waterhouse, 2003). Sowohl im Blick auf die Verbindungen zu kortikalen und subkortikalen Strukturen als auch bezogen auf die Sensitivität für die Reizbedeutsamkeit ist ein Einfluss in Änderungen dieses Systems auf die späten Potentiale denkbar. Eine vermehrte Aktivität nach Deprivation in diesem noradrenergen System, dass an der Steuerung der Wachheit und generellen Erregung beteiligt ist, könnte darüber hinaus ein Grund für die subjektiv empfundene stärkere Erregung, gesteigerte Aktivität (bei kurzfristigem Nahrungsentzug) (Carr et al., 2001) und Impulsivität (Eisenberger et al., 1982; Kirk and Logue, 1997) sein. Diese Überlegungen sind bis dato rein spekula-

[25] Der LC ist ein Hirnstammkern mit zahlreichen Efferenzen zu kortikalen und subkortikalen Strukturen und afferenten Verbindungen von anteriorem Cingulum und Orbitofrontalkortex (Aston-Jones & Cohen, 2005).

tiv und bedürfen der weiteren Prüfung. Es wird angenommen (Nieuwenhuis et al., 2005), dass über die Messung der Pupillenweite Rückschlüsse auf die Aktivität des noradrenergen Systems möglich sind, was eine simultane Erfassung mit den ERPs und eine Übertragung auf den hier beschriebenen Kontext der Variation der Motivationslage erlauben könnte.

Unterschiedliche Deprivationseffekte in den späten Potentialen für Essens- und Blumenbilder

Während für die Essensbilder unter Deprivation verstärkte Positivierungen über posterioren Bereichen zu beobachten waren, zeigten die ERPs der *Blumenbilder* negative Differenzen an zentralen Sensoren (siehe Abbildung 56). Die Arbeit von Schaer (2004) berichtet von ähnlichen negativen Differenzen in späten Potentialen für die emotionalen Kontrollbilder im hungrigen Zustand. Dieses Befundmuster könnte auf einen möglichen Wettbewerb um Aufmerksamkeitsressourcen (Desimone, 1998) bei der randomisierten Darbietung von Essens- und Kontrollbildern im hungrigen Zustand hinweisen. Eine derartige Modulation später Potentiale bei den Kontrollbildern war nur in den Bedingungen von gemeinsamer Darbietung mit den zustandsrelevanten Nahrungsreizen zu verzeichnen. Es fanden sich demnach negative Differenzen in den späten Potentialen für die jeweils *innerhalb desselben* Bilderstromes dargebotenen emotionalen Bilder in dem von Schaer (2004) beschriebenen Versuchsteil und für die Blumenbilder aus Studie 2. Aber weder die Kontrollanalysen der späten Potentiale für die in Studie 2 *separat* dargebotenen IAPS-Bilder noch die Berechnungen zur LPP-Replikation ergaben eine solche Verminderung im hungrigen Zustand. Die Frage nach der Bedeutung der zeitnahen „gemeinsamen“ Darbietung von zustandsrelevanten Reizen und Kontrollbildern könnte man in weiterführenden Untersuchungen durch die Variation von randomisierten und geblockten Durchgängen weiterverfolgen.

Eine weitere Möglichkeit, die Unterschiede in den Deprivationseffekten zwischen Essens- und Blumenbildern einzuordnen, liefert die Annahme unterschiedli-

cher Prozesse von Verstärkung und Inhibition. So werden Wirkungen von Aufmerksamkeitslenkung diskutiert, die entweder durch Verstärkung der Repräsentation des jeweils relevanten Reizes (hier: die Essensbilder) oder durch Inhibition der Repräsentation der nicht beachteten Reize (hier: Blumenbilder als „Distraktoren“) zustande kommen (Kanwisher & Wojciulik, 2000). Beide Prozesse können auch in Kombination wirksam werden. Hillyard und Anllo-Vento (1998) verweisen darauf, dass man qualitativ unterschiedliche Prozesse für verstärkende und hemmende Aufmerksamkeitseffekte annehmen kann. Ob man die Blumenbilder in der gewählten Anordnung als „Distraktoren“ verstehen kann, deren Darbietung im hungrigen Zustand Inhibitionsprozesse auslöst, kann in der gewählten Anordnung nicht weiter untersucht werden, bietet aber interessante Ansätze für fortführende Studien.

4.4.2.3 Kontrollanalysen für emotionale Bilder

Die *Kontrollanalysen* für die separat dargebotenen emotionalen Bilder ergaben in analogen Sensor- und Zeitbereichen zwischen 300 und 350 ms eine verstärkte Negativierung für angenehme und neutrale Bilder im hungrigen Zustand. Die Mittelwerte aller Bildkategorien wiesen negative Differenzen in diesem Bereich auf, was als Hinweis auf eine generelle Verstärkung der Reizverarbeitung nach Deprivation verstanden werden kann (entsprechend einer unspezifisch gesteigerten Aktivierung im Sinne Hulls (1943) allgemeiner Triebkonzeption). Interessanterweise zeigt dabei der Vergleich von Studie 1 und 2, dass dieser Trend einer verstärkten posterioren Negativierung nur dann die Signifikanzgrenze erreichte, wenn die Vergleichsbilder in einem separaten Darbietungsblock gezeigt wurden. Bei randomisierter Darbietung mit den zustandsrelevanten Essensbildern im selben Versuchsdurchgang könnte die verstärkte Enkodierung für die emotionalen Bildkategorien im hungrigen Zustand abgeschwächt werden. Allerdings ist an dieser Stelle anzumerken, dass sich zwar in diesem Zeitfenster Änderungen in Abhängigkeit der Deprivation für die emotionalen Kontrollbilder zeigten, jedoch in den Berechnungen zur Replikation der EPN (siehe Abschnitt 4.4.2.3) keinerlei derartige Effekte angezeigt wurden. Das spricht

gegen eine systematische Verstärkung der Verarbeitung der Vergleichsbilder auf der frühen Verarbeitungsstufe. Entsprechend verweisen auch die Kontrollberechnungen zu den späten Potentialen (von 450 bis 600), in denen es *keine* signifikanten Deprivationseffekte bei den emotionalen Bilder gab, auf die Spezifität der Wirkung des Nahrungsentzuges auf die Verarbeitung der zustandsrelevanten Reize.

4.4.2.4 Replikation der emotionalen Modulation

Frühe Posteriore Negativierung

Die ERP-Unterschiede zwischen angenehmen und unangenehmen gegenüber neutralen Bildern bestätigten die Befunde aus Studie 1, dass die emotionale Modulation unabhängig vom motivationalen Zustand ist. Die posteriore Negativierung zwischen 200 und 300 ms war in dieser zweiten Stichprobe für Unangenehme versus Neutrale ebenso stark ausgeprägt wie für Angenehme versus Neutrale und für beide Differenzen sowohl im satten wie hungrigen Zustand gleichermaßen beobachtbar. Die Abbildung 57 illustriert, dass in beiden Studien vergleichbare Strukturen bei der Betrachtung der höher erregenden im Vergleich zu den neutralen Bildern verstärkt aktiv waren.

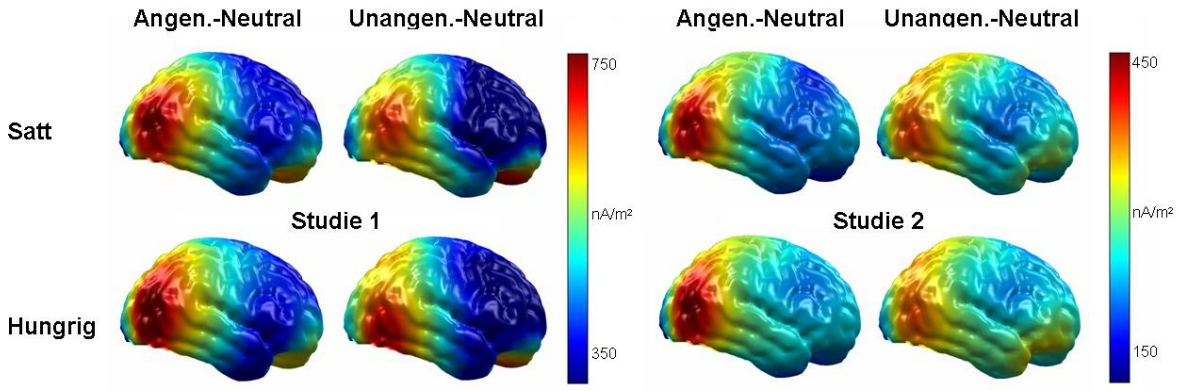


Abbildung 57: Replikation der EPN im Vergleich der beiden Studien. Darstellung der Quellenschätzung der Differenz Emotionaler vs. Neutraler für Studie 1 (links) und 2 (rechts) in sattem (obere Reihe) und hungrigem (untere Reihe) Zustand (Mittel von 200-300 ms).

Obwohl um 200 ms an den temporo-okzipitalen Sensoren eine verstärkte Negativierung für Angenehme und Neutrale in den Kontrollanalysen angezeigt wurde (siehe Abschnitt 4.4.2.4), verweisen die Berechnungen zur Replikation der EPN auf eine hohe Stabilität dieser Komponente über die unterschiedlichen Zustände und auch über die verschiedene Stichproben hinweg. Wie in Abschnitt 2.2.3 beschrieben, wird die EPN als ein Korrelat der größeren *motivationalen Bedeutsamkeit* der erregenderen Bilder verstanden und als Anzeichen einer erleichterten Verarbeitung auf früher Stufe gesehen (Schupp et al., im Druck). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen nun, dass die EPN nicht nur bei zusätzlicher Darbietung aufgabenrelevanter Stimuli (Schupp et al., 2003a) und nach vielfacher Wiederholung (Schupp et al., 2006) unverändert ist, sondern auch stabil[26] unter wechselnden motivationalen Zuständen beobachtbar ist.

Späte Positive Potentiale

Neben der frühen Verarbeitungsstufe, auf der sich die emotionale Modulation beobachten lässt, zeigten in Studie 2 die späten Potentiale ebenfalls erwartungsgemäß deutliche Unterschiede zwischen den Bildkategorien. So waren die positiven Potentialdifferenzen im Zeitbereich von 400 bis 600 ms bei Angenehmen sowie Unangenehmen gegenüber Neutralen erwartungsgemäß über zentro-medialen Sensorbereichen maximal. Diese LPP-Unterschiede waren, ebenso wie die EPN-Differenzen, im satten wie im hungrigen Zustand gleichermaßen deutlich, zeigten sich also ebenfalls unbeeinflusst vom motivationalen Zustand. Diese späten Potentiale werden mit Prozessen der elaborierten Reizverarbeitung und des Arbeitsgedächtnisses in Verbindung gebracht (siehe Abschnitt 2.2.3). Die Verarbeitung bedeutsamer emotionaler Bildreize scheint auch auf dieser „höheren" Verarbeitungsstufe stabil und unabhängig vom Deprivationszustand zu sein.

[26] Zur Stabilität in Bezug auf die zwei Messtage siehe: Schmälzle, 2005.

4.4.2.5 Späte Potentiale im Wiedererkennensabschnitt für Essens- und Blumenbilder

Die Ergebnisse zu den ERPs aus dem Wiedererkennensabschnitt von Studie 2 zeigten zwar deutliche Unterschiede bei dem Vergleich von „Alten“ und „Neuen“ Essensbildern, diese Differenzierung variierte jedoch nicht systematisch in Abhängigkeit der Nahrungsdeprivation. Die späten Potentiale über zentralen Bereichen waren bei den „Alten“ Essensbildern (die im vorangegangenen Versuchsabschnitt in mehrfacher Wiederholung gesehen wurden) deutlich erhöht gegenüber den „Neuen“. Diese späte Positivierung zeigt große Ähnlichkeit mit klassischen „Alt-Neu-Effekten“ aus der Gedächtnisforschung bei Wörtern im Zeitbereich von 400 bis 800 ms (siehe: Rugg, M. D. & Allan, 2000, Curran, 2000). Die zeitliche Dynamik sowie die topographische Verteilung kann dabei je nach Aufgabenstellung („task-set“) variieren. Während dementsprechend in manchen Anordnungen eine frontale Verteilung der Effekte gefunden wird, ist ein Schwerpunkt über zentralen und parietalen Bereichen ebenfalls beschrieben worden (z.B. Johansson, M., Mecklinger & Treese, 2004).

Die Verhaltensleistungen zeigten signifikant höhere Wiedererkennensleistungen für Essensbilder gegenüber Blumenbildern - unabhängig vom motivationalen Zustand. Möglicherweise stehen diese Gedächtnisvorteile im Zusammenhang mit dem ausgeprägteren „Alt-Neu-Effekt“ für die Nahrungsreize. Für die schlechter wiedererkannten Blumenbilder war dieser geringer und hatte eine andere topographische Verteilung mit einem Fokus über frontalen Bereichen.

Die Wiedererkennensleistung für die Essensbilder war im hungrigen Zustand genauso hoch wie in der Studie von Morris und Dolan (2001; siehe Abschnitt 2.3.5). Im Gegensatz zu deren Befunden gab es allerdings keinen Unterschied in Abhängigkeit des motivationalen Zustanden. Dass heißt, die Essensbilder wurden im satten Zustand ebenso häufig korrekt als „Alt“ oder „Neu“ klassifiziert. Dabei kann der Unterschied zwischen den Untersuchungen nicht auf den hohen Anreizwert der Stimuli zurückgeführt werden, der möglicherweise den Essensreizen in der vorliegenden Untersuchung trotz Sättigung einen Erinnerungsvorteil verschafft. Die von

Morris und Dolan (2001) verwendeten Essensbilder bestanden aus appetitlichen Süßspeisen und Vergleichbarem mit ebenfalls hohem Appetenzcharakter. Es ist allerdings denkbar, dass die Unterschiede auf die Versuchsgestaltung zurückzuführen sind. So wurden die Teilnehmer bei Morris und Dolan (2001) instruiert, alle dargebotenen Bilder zu memorieren, während die Wiedererkennensaufgabe in der vorliegenden Studie auf einen Abschnitt des passiven Betrachtens mit zahlreichen Wiederholungen folgte. Des Weiteren wurden in der PET-Studie die Sättigungsphasen direkt in den Ablauf der Messungen eingebunden, sodass die Teilnehmer eventuell im Vergleich zur hiesigen Stichprobe bei der Abfrage satter waren und auf Grund dessen die Wiedererkennensleistung für die Essensbilder auf das Niveau der Vergleichsbilder sank. In den Stroop-Untersuchungen von Channon und Hayward (1990) und Lavy und van den Hout (1993) konnten, entgegen der Annahmen der Autoren, ebenfalls in zusätzlichen Wiedererkennenstests und Freier Wiedergabe keine Gedächtnisvorteile für Essenswörter nach Deprivation nachgewiesen werden.

Zusammengenommen verwies der Untersuchungsabschnitt zum Wiedererkennen von Essen- und Blumenbildern in sattem und hungrigem Zustand auf differentielle Effekte bei der Verarbeitung von Nahrungsreizen. Der Befund, dass Essensreize deutlich besser wieder erkannt werden als Blumenbilder, kann als weiterer Hinweis darauf gesehen werden, dass überlebensrelevante Reize besser erinnert werden als neutrale Reize, ähnlich wie das für emotionale Reize als adaptive Funktion des Organismus beschrieben wird (Dolan, 2002). Die mit den Gedächtnisprozessen assoziierten kortikalen Potentiale zeigten einen Effekt der „Alt-Neu"- Diskriminierung für die Essensbilder, wobei eine verlässliche Interpretation dieser Befundmuster einer weiteren Replikation mit einer größeren Durchgangszahl und/oder Variationen der Aufgabenstellung bedarf.

4.4.3 Ausblick

Die Befunde der vorliegenden Arbeit liefern Hinweise auf eine implizite Aufmerksamkeitslenkung relevanter Essensbilder im hungrigen Zustand über die Erfas-

sung kortikaler Parameter. Die Darstellungen der Quellenschätzungen zu möglichen Generatorstrukturen ergaben Hinweise auf verstärkte Aktivierungen extrastriärer Areale sowie Aktivierungen in parietalen und frontalen Bereichen im hungrigen Zustand. Diese Kortexbereiche sind ebenfalls bei passiver Betrachtung emotionaler Bilder im Zusammenhang mit impliziter Aufmerksamkeitslenkung in Abhängigkeit der *motivationalen Bedeutsamkeit* beschrieben worden. Diese Aktivierungszunahmen könnten in Erweiterung der in Abschnitt 3.4 beschriebenen Überlegungen zum verstärkten Aufforderungscharakter der Essensbilder nach Deprivation mit dem Ausdruck einer *„goal-directed vision"* umschrieben werden - einer Kombination aus verstärkter Reizverarbeitung und einer auf das dargebotene Objekt bezogenen zielgerichteten motorischen Handlungsvorbereitung. Für die hier verwendeten Darstellungen von Essensbildern könnte dies bedeuten, dass durch die Betrachtung der visuellen Hinweisreize spezifische Strukturen für die Vorbereitung der folgenden Annäherung, im Sinne einer verstärkten appetitiven Phase (siehe Abbildung 1), angesprochen werden. Das verweist auf die Idee, dass *Perzeption* nicht zu trennen ist von *Handlung* - einer Vorstellung, die auch mit dem Begriff des „enactive approach" umschrieben wird (Noe, 2004). Noe schreibt dazu: „vision is a mode of exploration of the environment drawing on implicit understanding of sensorimotor regularities" (Seite 30). Der Autor führt aus, dass das visuelle System sich evolutionär aus einem Mechanismus zur motorischen Kontrolle herausentwickelt habe – und entsprechend nicht Repräsentationen von Objekten im klassischen Sinne sondern Handlungsmöglichkeiten kodiert. Wie oben beschrieben, wird die Vorbereitung von Handlung bei der Betrachtung bedeutsamer emotionaler Reize als wesentlich erachtet (Frijda, 1986; Frijda, 1999; Lang et al., 1997). Möglicherweise sind diese Handlungstendenzen bei der Betrachtung von appetitlichen Essensbildern unter Deprivation in der Weise spezifisch, dass nicht nur Verhaltensweisen der appetitiven Phase (Orientierung, Annäherung, Suche) vorbereitet werden, sondern auch direkte Bezüge zu Handlungen der konsummatorischen Phase bestehen (so wie vermehrter Speichelfluss bei Ansicht von Essen einer möglichen folgenden Nahrungsaufnahme dienlich ist).

Anmerkungen

Wie in Abschnitt 2.3 erläutert, beschrieben zwar einige Untersuchungen auf der Verhaltensebene Aufmerksamkeitseffekte für Nahrungsreize im hungrigen Zustand (Channon & Hayward, 1990; Lavy, E. H. & van den Hout, M. A., 1993). Jedoch konnten bisherige ERP-Studien keine zuverlässigen Deprivationseffekte auf perzeptueller Ebene nachweisen, die spezifisch für Nahrungsreize sind (Leland & Pineda, 2006; Hachl et al., 2003). Möglicherweise zeigt sich bei dem Vergleich dieser Studien mit der vorliegenden Arbeit ein Vorteil der Darbietung von Essens*bildern* statt Wörtern. In diesem Zusammenhang könnte eine Untersuchung, in der beide Stimulusarten als Vergleichsbedingungen in einer Anordnung dargeboten werden, weitere Hinweise auf die Bedeutung des Informationskanals (Keil, im Druck) liefern.

Ein weiterer Vorteil der in Studie 2 gewählten Anordnung besteht in dem Vergleich *identischer* Bilder bei Variation des motivationalen Zustandes. Das bedeutet, dass die beschriebenen Differenzen zwischen sattem und hungrigem Zustand nicht auf perzeptuelle Unterschiede der Stimuli zurückgeführt werden können (ein Einwand der häufig bei dem Vergleich emotionaler und neutraler Bilder ins Feld geführt wird).

Allerdings bleibt die Frage bestehen, inwieweit die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Deprivationseffekte von dem verwendeten *Stimulusmaterial* abhängen, das hauptsächlich aus Tellergerichten bestand. Es wäre demnach zu prüfen, ob bei Darbietung andersartiger Nahrungsreize, eventuell einfacherer (Strichzeichnungen) oder komplexerer (beispielsweise Darstellungen essender Menschen o. ä.), vergleichbare Modulationen der kortikalen Potentiale beobachtbar sind.

Wie oben angesprochen, könnte die Differenzierbarkeit zwischen den Nahrungsreizen und den Vergleichsreizen einen Einfluss auf die Deprivationseffekte haben. Darüber hinaus sind Blumen (als Kontrollkategorie der Studie 2) prinzipiell ebenfalls essbar und werden von Rolls (2005) als sekundäre Verstärker geführt, da sie als Hinweisreize für Früchte gesehen werden können. Der Einfluss der gewählten

Vergleichskategorie bietet demnach ebenfalls Raum für weiterführende Fragen zur Abhängigkeit der hier beschriebenen Deprivationseffekte vom Stimulusmaterial.

Natürlich bietet die Präsentation von Essensbildern den Vorteil, die Darbietung zeitgenau zu kontrollieren und die Bedingungen vergleichbar zu halten. Nichtsdestotrotz kann eine *In-Vivo-Präsentation* interessante Unterschiede in Bezug auf die Reaktionen auf Nahrungsreize hervorbringen. So konnten Hawk und Kollegen (Hawk, Baschnagel, Ashare & Epstein, 2004) eine signifikante Reduzierung des Lidschlussreflexes[27] bei Deprivierten beobachten, während diese ein Nahrungsmittel auf einem Teller unmittelbar vor sich hatten. Interessanterweise galt dies nur für Probanden mit hohen „Craving"-Werten, was als Hinweis auf die Bedeutung der Ausprägung des motivationalen Zustandes gesehen werden kann.

Entsprechende *Unterschiede in der Motivationslage* und ein Einfluss auf die kortikale Verarbeitung der Essensbilder können auch für die Teilnehmer der vorliegenden Studien nicht ausgeschlossen werden. Die Nahrungsdeprivation als manipulierte Variable ist nicht in gleichem Maße kontrollierbar wie die Darbietung unterschiedlicher Bildkategorien. Darüber hinaus können die Intensität und der Zeitverlauf der Manipulation zwischen den Personen variieren. Es ist demnach denkbar, dass zwar die errechenbare Stundenanzahl seit der letzten aufgenommenen Mahlzeit vergleichbar war, nicht aber der motivationale Zustand zu den Messzeitpunkten. Einen Hinweis darauf könnten die unterschiedlichen Angaben zum subjektiv empfundenen Hunger und Appetit liefern (siehe Anhang E). So ergaben zwar die Mittelwerte die erwarteten Unterschiede zwischen sattem und hungrigem Zustand, aber die Angaben der einzelnen Personen zeigten, dass einige sich deutlich satter bzw. hungriger einschätzten als andere. Weiterführende Berechnungen, die diese subjektiven Angaben einbeziehen, könnten wichtige Hinweise darauf liefern, ob es Zusammenhänge zwischen der subjektiven Einschätzung der Motivationslage und den beschriebenen ERP-Modulationen gibt.

[27] Im Gegensatz zu Drobes et al., 2001

Eine weitere interessante Fortführung bei der Untersuchung zur Wirkung von Nahrungsdeprivation auf die Verarbeitung von Essensbildern besteht in der zusätzlichen *Variation im Anreizwert der Nahrungsreize*. Zum Beispiel konnten Höfling und Strack (2005) zeigen, dass die Interaktion von internalem (Deprivation) und externalem Faktor (Anreiz) (siehe Abbildung 1) die Handlungstendenzen signifikant beeinflusst. Deren Probanden zeigten im hungrigen Zustand auch für die weniger attraktiven Essensbilder eine Annäherungsbereitschaft. In einer Untersuchung mit Ratten konnten Barbano und Cador (2005) zeigen, dass Deprivation und Anreiz verschiedene Anteile des appetitiven Verhaltens unterschiedlich modulieren. Möglicherweise ist der Relevanzzuwachs für weniger appetitliche Essensbilder nach Deprivation größer als für Bilder mit hohem Anreizwert. Entsprechende Unterschiede könnten sich eventuell sogar in größeren zustandsabhängigen Modulationen in den ERPs niederschlagen als sie in der vorliegenden Arbeit für die sehr appetitlichen Bilder gezeigt wurden.

Neben Variationen im Stimulusmaterial wäre eine *Variation der Deprivationsdauer* ebenfalls von besonderer Relevanz für ein Verständnis der erbrachten Befunde. Eventuell in Kombination mit den subjektiven Einschätzungen der Motivationslage könnte über eine systematische Variation der Restriktionsdauer die Entwicklung der differentiellen Verarbeitung der zustandsrelevanten Essensbilder nachverfolgt werden.

Versteht man die Befunde der vorliegenden Arbeit zu zustandsabhängigen Modulationen der ERP-Komponenten in Bezug auf eine optimierte Handlungsvorbereitung, dann wäre es von besonderem Interesse, zusätzlich *Reaktionen auf der behavioralen Ebene* zu erfassen. Eine simultane Erfassung würde eine Aussage über den Zusammenhang veränderter kortikaler Maße und denkbarer Verarbeitungsvorteile ermöglichen. Beispielsweise könnte man in einer Kategorisierungsanordnung prüfen, ob Essensbilder im hungrigen Zustand schneller und korrekter zugeordnet werden als Blumenbilder. In den ERPs findet man in solchen Anordnungen verstärkte

frühe Negativierungen und späte Positivierungen (Thorpe et al., 1996; Codispoti et al., im Druck), welche auf Einflüsse des Zustandes geprüft werden könnten.

Wie in Abschnitt 2.1 beschrieben, ist die Exploration und Lokalisierung potentieller Nahrungsquellen ein wesentlicher Bestandteil der appetitiven Phase des Essverhaltens. Nimmt man einen Verarbeitungsvorteil für Essensreize im hungrigen Zustand an, so sollten sich verbesserte *Leistungen in visuellen Suchaufgaben* beobachten lassen. Dass bis dato keine reliablen Deprivationseffekte in den räumlichen Aufmerksamkeitsparadigmen nachgewiesen werden konnten, ist, wie oben beschrieben, möglicherweise auf die Verwendung von Wörtern statt Bildern zurückzuführen. In einer Anordnung ähnlich der von Öhman und Kollegen (2001) mit schematischen Gesichtern beschrieben, könnten schematische oder komplexere natürliche Essens- und Blumenbilder abwechselnd als Zielreize und Distraktoren dienen. Ausgehend von der Annahme, dass Essensbilder im hungrigen Zustand erleichtert verarbeitet werden, lässt sich die Vorhersage ableiten, dass diese nach Deprivation in einer Matrix mit Blumenbildern schneller und besser identifiziert werden als umgekehrt.

Da Essverhalten nicht nur ausgesprochen komplex ist, sondern einen großen *Bereich subklinischer und klinischer Störungen* betrifft, sind mögliche Erweiterungen der gewählten Anordnung und eine Übertragung der erbrachten Ergebnisse auf den Störungsbereich von großer Bedeutung. Die vorliegenden Befunde legen nahe, dass Essensbilder bei Normalpersonen nach Nahrungsdeprivation verstärkt verarbeitet werden, und diese Modulationen auf einen zustandsbedingten Relevanzzuwachs zurückgeführt werden kann. Aufschlussreich zum Verständnis der besonderen Bedeutung von Essensreizen für Essgestörte wäre die Untersuchung der Frage, ob sich Relevanzunterschiede für Essensbilder zwischen Gruppen von Essgestörten und gesunden Kontrollen in vergleichbaren Modulationen zeigt. Darüber hinaus wäre es interessant, über die Variation des motivationalen Zustandes zu prüfen, ob es auf perzeptueller Ebene vergleichbar gegenläufige Deprivationseffekte zwischen den Gruppen gibt, wie das Mauler und Kollegen für die peripherphysiologischen Parameter zeigen konnten (siehe auch: Hachl et al., 2003).

Neben den vielfältigen Möglichkeiten der Untersuchung zum Einfluss der Motivationslage auf die Verarbeitung von Essensreizen, bleibt an dieser Stelle noch folgendes zu sagen: Die Beschäftigung mit *Essen* ist nicht nur eine der häufigsten Tätigkeiten im Leben der meisten Organismen, sondern auch Quell vielseitiger Sinnesfreuden (Rozin, 1999). Damit bietet dieses Forschungsfeld die Möglichkeit, hedonische Prozesse beim Menschen zu untersuchen, deren Bedeutung innerhalb der Forschungslandschaft zwar oft betont wurde (Young, 1959), aber erst langsam wieder als Gegenstand empirischer Untersuchungen in den Vordergrund rückt (Kahneman, Diener & Schwarz, 1999; Hetherington, M. M., 2002; Berridge, K. C., 2003).

5 Zusammenfassung

Gegenstand der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung des Einflusses vom motivationalen Zustand auf die kortikale Verarbeitung von Nahrungsreizen. Es ist vielfach nachgewiesen worden, dass relevante Stimuli sowohl durch explizite Instruktion als auch in Abhängigkeit des impliziten Bedeutungsgehaltes vermehrt Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Die Relevanz von Essensreizen ist zustandsabhängig und steigt im hungrigen Zustand. Bei Darbietung emotionaler Bilder konnten bereits stabile Modulationen kortikaler Parameter beschrieben werden, die auf deren unterschiedlichen Bedeutungsgehalt zurückgeführt werden. In Übertragung dieser Befunde auf die Variation des motivationalen Zustandes prüfte die vorliegende Arbeit die Annahme, dass sich für Essensbilder spezifische Modulationen in der kortikalen Verarbeitung nach Nahrungsdeprivation nachverfolgen lassen.

In Studie 1 wurden Essensbilder und emotionale Kontrollbilder in rascher kontinuierlicher Darbietungsweise für jeweils 333 ms im passiven Bildbetrachtungsparadigma gezeigt. Die Probanden (16 Männer) wurden im Abstand einer Woche in balancierter Reihung satt und hungrig untersucht. Die ereigniskorrelierten Potentiale ergaben spezifische Veränderungen bei der Betrachtung von Essensbildern nach Deprivation im Zeitfenster zwischen 180 und 320 ms. Die Skalptopographie der Differenz von hungrigem und sattem Zustand zeigte positive Differenzen über parietalen sowie negative Differenzen über temporo-okzipitalen Bereichen. Diese Verteilung wies einerseits deutliche Unterschiede zur kortikalen Signatur der emotionalen Modulation auf. Andererseits lieferten die Darstellungen zu den potentiellen Generatorstrukturen Hinweise auf eine verstärkte Verarbeitung in visuellen Kortexbereichen für Essensbilder im hungrigen Zustand und zeigten deutliche Parallelen zur Verarbeitung emotionaler gegenüber neutraler Bilder. Diese Befunde sprachen für eine erleichterte Verarbeitung von Essensbildern im hungrigen Zustand.

In Erweiterung dieser ersten Befunde wurden in Studie 2 zusätzlich späte Potentialveränderungen untersucht und Blumenbilder als Kontrollkategorie gezeigt.

Die Darbietungszeit wurde auf 666 ms verlängert und die Stichprobe auf 16 Männer und 16 Frauen erweitert. Die Ergebnisse zu den ereigniskorrelierten Potentialen zeigten im frühen Zeitfenster vergleichbare spezifisch verstärkte posteriore Negativierungen für Essensbilder im hungrigen Zustand wie Studie 1. Die späten Potentiale ergaben erhöhte Amplituden positiver Potentiale über posterioren Bereichen für Essensbilder im hungrigen Zustand. Die Quellenschätzungen zeigten dabei, dass vor allem extrastriäre Bereiche im hungrigen Zustand verstärkt aktiv waren. Diese Ergebnisse können als Hinweis auf eine elaboriertere Verarbeitung zustandsrelevanter Essensbilder nach Nahrungsdeprivation verstanden werden. Eine verstärkte Verarbeitung von Nahrungsreizen im hungrigen Zustand kann im Sinne einer optimierten Exploration der Umgebung und Identifikation potentieller Nährstoffquellen als überlebensrelevanter Mechanismus der menschlichen Wahrnehmung verstanden werden.

Die Befunde der vorliegenden Arbeit sprechen dafür, dass Essensreize nach Nahrungsdeprivation nicht nur auf subjektiver Ebene an motivationaler Bedeutsamkeit gewinnen, sondern auch verstärkt Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Die Ergebnisse zeigten erstmals, dass die systematische Variation des motivationalen Zustandes spezifische Einflüsse in ereigniskorrelierten Potentialen sowohl auf frühe als auch späte Ebenen der visuellen Informationsverarbeitung visueller Nahrungsreize hat.

6 Literaturverzeichnis

Amaral, D. G., Price, J. L., A., P. & Carmichael, S. T. (1992). Anatomical Organization of the Primate Amygdaloid Complex. In J. P. Aggleton (Ed.), *The Amygdala: Neurobiological Aspects of Emotion, Memory, and Mental Dysfunction* (pp. 1-66). New York: Wiley-Liss, Inc.

Anand, B. K. & Brobeck, J. R. (1951). Localization of a "feeding center" in the hypothalamus of the rat. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 77*, 323-324.

Anderson, A. K. & Phelps, E. A. (2001). Lesions of the human amygdala impair enhanced perception of emotionally salient events. *Nature, 411*(6835), 305-309.

Anllo-Vento, L., Luck, S. J. & Hillyard, S. A. (1998). Spatio-temporal dynamics of attention to color: Evidence from human electrophysiology. *Human Brain Mapping, 6*(4), 216-238.

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.

Aston-Jones, G. & Cohen, J. D. (2005). An integrative theory of locus coeruleus-norepinephrine function: Adaptive gain and optimal performance. *Annual Review of Neuroscience, 28*, 403-450.

Baldeweg, T., Ullsperger, P., Pietrowsky, R., Fehm, H. L. & Born, J. (1993). Event-related brain potential correlates of self-reported hunger and satiety. *Psychophysiology, 30*, 23-29.

Barbano, M. F. & Cador, M. (2005). Various Aspects of Feeding Behavior Can Be Partially Dissociated in the Rat by the Incentive Properties of Food and the Physiological State. *Behavioral Neuroscience, 119*(5), 1244-1253.

Baxter, M. G., Parker, A., Lindner, C. C., Izquierdo, A. D. & Murray, E. A. (2000). Control of response selection by reinforcer value requires interaction of amygdala and orbital prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience, 20*(11), 4311-4319.

Behrmann, M., Geng, J. J. & Shomstein, S. (2004). Parietal cortex and attention. *Current Opinion in Neurobiology, 14*(2), 212-217.

Ben-Tovim, D. I., Walker, M. K., Fok, D. & Yap, E. (1989). An adaptation of the Stroop test for measuring shape and food concerns in eating disorders: A quantitative measure of psychopathology? *International Journal of Eating Disorders, 8*, 681–687.

Berridge, C. W. & Waterhouse, B. D. (2003). The locus coeruleus-noradrenergic system: Modulation of behavioral state and state-dependent cognitive processes. *Brain Research Reviews, 42*(1), 33-84.

Berridge, K. C. (2003). Pleasures of the brain. *Brain and Cognition, 52*(1), 106-128.

Bindra, D. (1978). How adaptive behavior is produced: a perceptual-motivational alternative to response-reinforcement. *Behavioral and Brain Sciences, 1*, 41-91.

Birbaumer, N., Elbert, T., Canavan, A. G. & Rockstroh, B. (1990). Slow potentials of the cerebral cortex and behavior. *Physiological Review, 70*(1), 1-41.

Black, C. M. D., Wilson, G. T., Labouvie, E. & Heffernan, K. (1997). Selective processing of eating disorder relevant stimuli: Does the Stroop Test provide an objective measure of bulimia nervosa? *International Journal of Eating Disorders, 22*(3), 329-333.

Bolles, R. C. (1980). Some functionalistic thought about regulation. In F. Toates & T. R. Halliday (Eds.), *Analysis of motivational processes* (pp. 63-75). London: Academic Press.

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. & 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. (2000). Measuring emotion: Behavior, feeling, and physiology. In R. D. Lane & L. Nadel (Eds.), *Cognitive neuroscience of emotion.* (pp. 242-276). London: 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.

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*(1-2), 217-220.

Bulik, C. M. & Brinded, E. C. (1994). The effect of food deprivation on the reinforcing value of food and smoking in bulimic and control women. *Physiology and Behavior, 55*(4), 665-672.

Bulik, C. M., Brinded, E. C. & Lawson, R. H. (1995). The effect of short-term food deprivation on the reinforcing value of coffee in bulimic and control women. *Behaviour Change, 12*(2), 63-68.

Cacioppo, J. T., Berntson, G. G. & Gardner, W. L. (1999). The affect system has parallel and integrative processing components: Form follows function. *Journal of Personality and Social Psychology, 76*, 839-855.

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 and Biobehavioral Reviews, 26*(3), 321-352.

Carr, K. D., Kim, G. Y. & Cabeza de Vaca, S. (2001). Rewarding and locomotor-activating effects of direct dopamine receptor agonists are augmented by chronic food restriction in rats. *Psychopharmacology, 154*(4), 420-428.

Carretié, L., Martin-Loeches, M., Hinojosa, J. A. & Mercado, F. (2001). Emotion and attention interaction studied through event-related potentials. *Journal Of Cognitive Neuroscience, 13*(8), 1109-1128.

Carretié, L., Mercado, F. & Tapia, M. (2000). Parietal ERP activity and appetite. *Motivation and Emotion, 24*(1), 1-12.

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.

Chao, L. L., Haxby, J. V. & Martin, A. (1999). Attribute-based neural substrates in temporal cortex for perceiving and knowing about objects. *Nature Neuroscience, 2*(10), 913-919.

Chausmer, A. L. & Ettenberg, A. (1997). A role for D2, but not D1, dopamine receptors in the response-reinstating effects of food reinforcement. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior, 57*(4), 681-685.

Chelazzi, L., Duncan, J., Miller, E. K. & Desimone, R. (1998). Responses of Neurons in Inferior Temporal Cortex During Memory-Guided Visual Search. *Journal of Neurophysiology, 80*(6), 2918-2940.

Chelazzi, L., Miller, E. K., Duncan, J. & Desimone, R. (2001). Responses of Neurons in Macaque Area V4 During Memory-guided Visual Search. *Cerebral Cortex, 11*(8), 761-772.

Clark, V. P., Fan, S. & Hillyard, S. A. (1995). Identification of Early Visual Evoked Potential Generators by Retinotopic and Topographic Analyses. *Human Brain Mapping, 2*(3), 170-187.

Codispoti, M., Bradley, M. M. & Lang, P. J. (2001). Affective reactions to briefly presented pictures. *Psychophysiology, 38*(3), 474-478.

Codispoti, M., Ferrari, V., Junghöfer, M. & Schupp, H. T. (im Druck). The categorization of natural scenes: Brain attention networks revealed by dense sensor ERPs. *NeuroImage*.

Cooper, M. J., Anastasiades, P. & Fairburn, C. G. (1992). Selective processing of eating-, shape-, and weightrelated words in persons with bulimia nervosa. *Journal of Abnormal Psychology, 101*, 352–355.

Corbetta, M. (1998). Frontoparietal cortical networks for directing attention and the eye to visual locations: Identical, independent, or overlapping neural systems? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 95*(3), 831-838.

Corbetta, M. & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience, 3*(3), 201-215.

Critchley, H. D. & Rolls, E. T. (1996). Hunger and satiety modify the responses of olfactory and visual neurons in the primate orbitofrontal cortex. *Journal of Neurophysiology, 75*(4), 1673-1686.

Curran, T. (2000). Brain potentials of recollection and familiarity. *Memory and Cognition, 28*(6), 923-938.

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.

de Araujo, I. E., Rolls, E. T., Velazco, M. I., Margot, C. & Cayeux, I. (2005). Cognitive modulation of olfactory processing. *Neuron, 46*(4), 671-679.

de Castro, J. M. & Plunkett, S. (2002). A general model of intake regulation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 26*(5), 581-595.

Del Parigi, A., Gautier, J. F., Chen, K., Salbe, A. D., Ravussin, E., Reiman, E. & Tataranni, P. A. (2002). Neuroimaging and obesity: Mapping the brain responses to hunger and satiation in humans using positron emission tomography. *Annals of the New York Academy of Sciences, 967*, 389-397.

Delorme, A., Rousselet, G. A., Mace, M. J. & Fabre-Thorpe, M. (2004). Interaction of top-down and bottom-up processing in the fast visual analysis of natural scenes. *Cognitive Brain Research, 19*(2), 103-113.

Delplanque, S., Lavoie, M. E., Hot, P., Silvert, L. & Sequeira, H. (2004). Modulation of cognitive processing by emotional valence studied through event-related potentials in humans. *Neuroscience Letters, 356*(1), 1-4.

Derryberry, D. & Tucker, D. M. (1991). The adaptive base of the neural hierarchy: Elementary motivational controls on network function. In R. A. Dienstbier (Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation, 1990: Perspectives on motivation* (pp. 289-342). Lincoln: University of Nebraska Press.

Derryberry, D. & Tucker, D. M. (1994). Motivating the focus of attention. In P. M. Niedenthal & S. Kitayama (Eds.), *The Heart's Eye: Emotional Influences In Perception And Attention* (pp. 167-196). San Diego: Academic Press.

Desimone, R. (1998). Visual attention mediated by biased competition in extrastriate visual cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences, 353*(1373), 1245-1255.

Desimone, R. & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience, 18*, 193-222.

Dickinson, A. & Balleine, B. (2002). The role of learning in motivation. In C. R. Gallistel (Ed.), *Steven´s handbook of experimental psychology. Vol. 3. Learning, Motivation and Emotion* (pp. 497-533). New York: Wiley.

Diehl, J. M. & Staufenbiehl, T. (1999). *IEG: Inventar zum Essverhalten und Gewichtsproblemen 2.Auflage* (Vol. 2.Auflage). Eschborn: Verlag Dietmar Klotz.

Dobson, K. S. & Dozois, D. J. (2004). Attentional biases in eating disorders: A meta-analytic review of Stroop performance. *Clinical Psychology Review, 23*(8), 1001-1022.

Dolan, R. J. (2002). Emotion, cognition, and behavior. *Science, 298*(5596), 1191-1194.

Donchin, E. & Coles, M. G. (1988). Is the p300 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Sciences, 11*(1), 357-427.

Downar, J., Crawley, A. P., Mikulis, D. J. & Davis, K. D. (2002). A cortical network sensitive to stimulus salience in a neutral behavioral context across multiple sensory modalities. *Journal of Neurophysiology, 87*(1), 615-620.

Downing, P. E., Jiang, Y., Shuman, M. & Kanwisher, N. (2001). A cortical area selective for visual processing of the human body. *Science, 293*(5539), 2470-2473.

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.

Eisenberger, R., Masterson, F. A. & Lowman, K. (1982). Effects of previous delay of reward, generalized effort, and deprivation on impulsiveness. *Learning and Motivation, 13*, 378–389.

Emery, N. J. & Amaral, D. G. (2000). The Role of the Amygdala in Primate Social Cognition. In E. A. Lane & J. Nadel (Eds.), *Cognitive Neuroscience of Emotion* (pp. 156-191). Oxford: University Press.

Erwin, R. J. & Ferguson, E. D. (1979). The effect of food and water deprivation and satiation on recognition. *American Journal of Psychology, 92*(4), 611-626.

Everitt, B. J. & Robbins, T. W. (2005). Neural systems of reinforcement for drug addiction: From actions to habits to compulsion. *Nature Neuroscience, 8*(11), 1481-1489.

Faunce, G. J. (2002). Eating Disorders and Attentional Bias: A Review. *Eating Disorders, 10*(2), 125-139.

Ferguson, E. D. (1983). The Effect of Motivation and Word Characteristics on Recognition. *American Journal of Psychology, 96*(2), 253-266.

Fessler, D. M. (2003). The implications of starvation induced psychological changes for the ethical treatment of hunger strikers. *Journal of Medical Ethics, 29*, 243-247.

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.

Foote, S. L., Aston-Jones, G. & Bloom, F. E. (1980). Impulse activity of locus coeruleus neurons in awake rats and monkeys is a function of sensory stimulation and arousal. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 77*(5), 3033-3037.

Formea, G. M. & Burns, G. L. (1996). Selective processing of food, weight, and body-shape words in nonpatient women with bulimia nervosa: Interference on the Stroop task. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment, 18*(2), 105-118.

Foxe, J. J. & Simpson, G. V. (2002). Flow of activation from V1 to frontal cortex in humans. A framework for defining "early" visual processing. *Experimental Brain Research, 142*(1), 139-150.

Francis, J. A., Stewart, S. H. & Hounsell, S. (1997). Dietary Restraint and the Selective Processing of Forbidden and Nonforbidden Food Words. *Cognitive Therapy and Research, 21*(6), 633-646.

Francis, S., Rolls, E. T., Bowtell, R., McGlone, F., O'Doherty, J., Browning, A., Clare, S. & Smith, E. (1999). The representation of pleasant touch in the brain and its relationship with taste and olfactory areas. *Neuroreport, 10*(3), 453-459.

Frijda, N. H. (1986). *The Emotions*. Cambridge: Cambridge University Press.

Frijda, N. H. (1999). Emotions and hedonic experience. In D. Kahneman, E. Diener & N. Schwarz (Eds.), *Well-being: The foundations of hedonic psychology* (pp. 190-210). New York: Russell Sage Foundation.

Geisler, M. W. & Polich, J. (1992). P300, food consumption, and memory performance. *Psychophysiology, 29*(1), 76-85.

Gibson, J. J. (1986). *The ecological approach to visual perception*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Glaser, E. M. & Ruchkin, D. S. (1976). *Principles of neurobiological signal analysis*. New York: Academic Press.

Gomez Gonzalez, C. M., Clark, V. P., Fan, S., Luck, S. J. & Hillyard, S. A. (1994). Sources of attention-sensitive visual event-related potentials. *Brain Topography, 7*(1), 41-51.

Gottfried, J. A., O´Doherty, J., & Dolan, R. J. (2003). Encoding predictive reward value in human amygdala and orbitofrontal cortex. *Science, 22*(301), 1104-1107.

Green, M. W., Elliman, N. A. & Rogers, P. J. (1997). The effects of food deprivation and incentive motivation on blood glucose levels and cognitive function. *Psychopharmacology, 134*(1), 88-94.

Green, M. W. & Rogers, P. J. (1993). Selective attention to food and body shape words in dieters and restrained nondieters. *International Journal of Eating Disorders, 14*, 515–517.

Greenhouse, S. W. & Geisser, S. (1959). On methods in the analysis of profile data. *Psychometrika, 24*, 95-112.

Grèzes, J. & Decety, J. (2002). Does visual perception of object afford action? Evidence from a neuroimaging study. *Neuropsychologia, 40*(2), 212-222.

Hachl, P., Hempel, C. & Pietrowsky, R. (2003). ERPs to stimulus identification in persons with restrained eating behavior. *International Journal of Psychophysiology, 49*(2), 111-121.

Hamm, A. O., Schupp, H. T. & Weike, A. I. (2003). Motivational organization of emotions: Autonomic changes, cortical responses, and reflex modulation. In R. J. Davidson, K. Scherer & H. H. Goldsmith (Eds.), *Handbook of affective sciences* (pp. 187-211). Oxford: Oxford University Press.

Handy, T. C., Grafton, S. T., Shroff, N. M., Ketay, S. & Gazzaniga, M. S. (2003). Graspable objects grab attention when the potential for action is recognized. *nature neuroscience, 6*(4), 421-427.

Hautzinger, M., Bailer, M., Worall, H. & Keller, F. (1995). *Beck-Depressions-Inventar (BDI); Testhandbuch* (Vol. 2. Auflage). Bern: Huber Verlag.

Hawk, L. W., Jr., Baschnagel, J. S., Ashare, R. L. & Epstein, L. H. (2004). Craving and startle modification during in vivo exposure to food cues. *Appetite, 43*(3), 285-294.

Haxby, J. V., Gobbini, M. I., Furey, M. L., Ishai, A., Schouten, J. L. & Pietrini, P. (2001). Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex. *Science, 293*(5539), 2425-2430.

Haxby, J. V., Gobbini, M. I. & Montgomery, K. (2004). Spatial and Temporal Distribution of Face and Object Representation in the Human Brain. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neurosciences III* (pp. 889-904). Cambridge: MIT Press.

Herman, C. P., Ostovich, J. M. & Polivy, J. (1999). Effects of attentional focus on subjective hunger ratings. *Appetite, 33*(2), 181-193.

Herman, C. P. & Polivy, J. (1980). Restrained eating. In A. B. Stunkard (Ed.), *Obesity*. Philadelphia: Saunders.

Herrnstein, R. J. & Loveland, D. H. (1974). Hunger and contrast in multiple schedules. *Journal Of The Experimental Analysis Of Behavior, 21*, 511–517.

Hetherington, A. W. & Ranson, S. W. (1940). Hypothalamic lesions and adiposity in the rat. *Anatomical Record, 78*, 149-172.

Hetherington, M. M. (2002). The physiological-psychological dichotomy in the study of food intake. *Proceedings of the Nutrition Society, 61*(4), 497-507.

Hillyard, S. A. & Anllo-Vento, L. (1998). Event-related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 95*(3), 781-787.

Hillyard, S. A. & Picton, T. W. (1987). Electrophysiology of Cognition. In E. Plum (Ed.), *The Handbook of Physiology: Section 1. The Nervous System: Vol. 5. Higher functions of the brain* (pp. 519- 584). Bethesda: Waverly Press.

Hinton, E. C., Parkinson, J. A., Holland, A. J., Arana, F. S., C. Roberts, A. & Owen, A. M. (2004). Neural contributions to the motivational control of appetite in humans. *European Journal of Neuroscience, 20*(5), 1411-1418.

Hoebel, B. G. (1997). Neuroscience and appetitive behavior research: 25 years. *Appetite, 29*(2), 119-133.

Hoffman, L. D. & Polich, J. (1998). EEG, ERPs and food consumption. *Biological Psychology, 48*(2), 139-151.

Höfling, A. & Strack, F. (2005). In der Not frisst der Teufel Fliegen: Der Einfluss von Nahrungsdeprivation auf bewusste Bewertungen von Nahrungsreizen und unmittelbare Verhaltensbereitschaften. In K. W. Lange, K. Bäuml, M. W. Greenlee, M. Hammerl & A. Zimmer (Eds.), *Beiträge zur 47. Tagung experimentell arbeitender Psychologen* (pp. 83). Lengerich: Pabst Science Publishers.

Holland, P. C. & Gallagher, M. (1999). Amygdala circuitry in attentional and representational processes. *Trends in Cognitive Sciences, 3*(2), 65-73.

Hopf, J. M., Luck, S. J., Girelli, M., Hagner, T., Mangun, G. R., Scheich, H. & Heinze, H. J. (2000). Neural sources of focused attention in visual search. *Cerebral Cortex, 10*(12), 1233-1241.

Hopfinger, J. B., Luck, S. J. & Hillyard, S. (2004). Selective Attention: Electrophysiological and Neuromagnetic Studies. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neurosciences (third edition)* (pp. 561-574). Cambridge: MIT Press.

Hopfinger, J. B. & Mangun, G. R. (1998). Reflexive attention modulates processing of visual stimuli in human extrastriate cortex. *Psychological Science, 9*(6), 441-446.

Hull, C. L. (1943). *Principles of behavior*. New York: Appleton.

Ishai, A., Ungerleider, L. G., Martin, A. & Haxby, J. V. (2000). The representation of objects in the human occipital and temporal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience, 12 Suppl 2*, 35-51.

Ito, T. & Urland, G. R. (2005). The influence of processing objectives on the perception of faces: An ERP study of race and gender perception. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience, 5*(1), 21-36.

Johansson, L., Ghaderi, A. & Andersson, G. (2004). The role of sensitivity to external food cues in attentional allocation to food words on dot probe and Stroop tasks. *Eating Behaviors, 5*(3), 261-271.

Johansson, M., Mecklinger, A. & Treese, A. C. (2004). Recognition memory for emotional and neutral faces: An event-related potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience, 16*(10), 1840-1853.

Johnson, R. (1986). A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology, 23*, 367-384.

Johnson, R. (1988). The amplitude of the P300 component of the event-related potential: Review and synthesis. In P. K. Ackles, J. R. Jennings & G. H. Coles (Eds.), *Advances in psychophysiology*. Greenwich: JAI Press, Inc.

Johnson, R. (1993). On the neural generators of the P300 component of the event-related potential. *Psychophysiology, 30*(1), 90-97.

Johnston, V. S., Miller, D. R. & Burleson, M. H. (1986). Multiple P3s to emotional stimuli and their theoretical significance. *Psychophysiology, 23*(6), 684-694.

Junghöfer, M., Bradley, M. M., Elbert, T. & Lang, P. J. (2001). Fleeting images: A new look at early emotion discrimination. *Psychophysiology, 38*(2), 175-178.

Junghöfer, M., Elbert, T., Tucker, D. M. & Braun, C. (1999). The Polar Effect of Average Reference: A bias in estimating the head surface integral in EEG recording. *Clinical Neurophysiology, 110*(6), 1149-1155.

Junghöfer, M., Elbert, T., Tucker, D. M. & Rockstroh, B. (2000). Statistical control of artifacts in dense array EEG/MEG studies. *Psychophysiology, 37*(4), 523-532.

Junghöfer, M. & Peyk, P. (2004). Analyse und Visualisierung von Hirnstrom- und Hirnmagnetfeld-Messung. *Matlab Select, 2*, 24-28.

Junghöfer, M., Peyk, P., Flaisch, T. & Schupp, H. T. (im Druck). Neuroimaging methods in affective neuroscience: Selected methodological issues. *Progress in Brain Research*.

Junghöfer, M., Sabatinelli, D., Bradley, M. M., Schupp, H. T., Elbert, T. R. & Lang, P. J. (2006). Fleeting images: Rapid affect discrimination in the visual cortex. *Neuroreport, 17*(2), 225-229.

Junghöfer, M., Schupp, H. T., Stark, R. & Vaitl, D. (2005). Neuroimaging of emotion: Empirical effects of proportional global signal scaling in fMRI data analysis. *NeuroImage, 25*(2), 520-526.

Kahneman, D., Diener, E. & Schwarz, N. (1999). *Objective Happiness. Well-Being: The Foundations of Hedonic Psychology*. New York: Russell Sage Foundation.

Kanwisher, N. (2003). The ventral visual object pathway in humans: Evidence from fMRI. In L. M. Chalupa & J. S. Werner (Eds.), *The Visual Neurosciences* (pp. 1179-1189). Cambridge, MA: MIT Press.

Kanwisher, N., McDermott, J. & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: A module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of Neuroscience, 17*(11), 4302-4311.

Kanwisher, N. & Wojciulik, E. (2000). Visual attention: Insights from brain imaging. *Nature Reviews Neuroscience, 1*(2), 91-100.

Kastner, S. & Ungerleider, L. G. (2000). Mechanisms of visual attention in the human cortex. *Annual Review of Neuroscience, 23*, 315-341.

Keil, A. (2004). The role of human prefrontal cortex in motivated perception and behavior: A macroscopic perspective. In S. Otani (Ed.), *Prefrontal cortex: from synaptic plasticity to cognition* (pp. 245-268). Boston: Kluwer Academic Publishers.

Keil, A. (im Druck). Macroscopic Brain Dynamics during Verbal and Pictorial Processing of Affective Stimuli. *Progress in Brain Research*.

Keil, A., Bradley, M. M., Hauk, O., Rockstroh, B., Elbert, T. & Lang, P. J. (2002). Large-scale neural correlates of affective picture processing. *Psychophysiology, 39*(5), 641-649.

Keil, A., Gruber, T., Müller, M. M., Moratti, S., Stolarova, M., Bradley, M. M. & Lang, P. J. (2003). Early modulation of visual perception by emotional arousal: Evidence from steady-state visual evoked brain potentials. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience, 3*(3), 195-206.

Keil, A. & Ihssen, N. (2004). Identification Facilitation for Emotionally Arousing Verbs During the Attentional Blink. *Emotion, 4*(1), 23-35.

Keil, A., Moratti, S., Sabatinelli, D., Bradley, M. M. & Lang, P. J. (2005). Additive Effects of Emotional Content and Spatial Selective Attention on Electrocortical Facilitation. *Cerebral Cortex, 15*(8), 1187-1197.

Kenemans, J. L., Kok, A. & Smulders, F. (1993). Event-related potentials to conjunctions of spatial frequency and orientation as a function of stimulus parameters and response requirements. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 88*(1), 51-63.

Keys, A., Brozek, J., Henschel, A., Mickelsen, O. & Taylor, H. L. (1950). *The Biology of Human Starvation.* Minneapolis: The University of Minnesota Press.

Killgore, W. D., Young, A. D., Femia, L. A., Bogorodzki, P., & Yurgelun-Todd, D. A. (2003). Cortical and limbic activation during viewing of high- versus low-calorie foods. *Neuroimage, 19*(4), 1381-1394.

Klüver, H. & Bucy, P. C. (1939). Preliminary analysis of functions of the temporal lobes in monkeys. *Archives of Neurology and Psychiatry, 42*, 979-1000.

Kollar, E., Slater, G., Palmer, J. & Docter, R. (1964). Measurement of stress in fasting man. *Archives of General Psychiatry, 11*, 113-125.

Kringelbach, M. L. (2004). Food for thought: Hedonic experience beyond homeostasis in the human brain. *Neuroscience, 126*(4), 807-819.

Kringelbach, M. L., O'Doherty, J., Rolls, E. T. & Andrews, C. (2003). Activation of the Human Orbitofrontal Cortex to a Liquid Food Stimulus is Correlated with its Subjective Pleasantness., *Cerebral Cortex* (Vol. 13, pp. 1064-1071): Oxford Univ Press.

LaBar, K. S. & Cabeza, R. (2006). Cognitive neuroscience of emotional memory. *Nature Neuroscience Reviews, 7*(1), 54-64.

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.

Lang, P. J. (1994). The motivational organization of emotions: affect-reflex connections. In S. H. M. van Goozen, N. E. Van de Poll & J. A. Sergeant (Eds.), *Emotions : essays on emotion theory* (pp. 61-93). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Lang, P. J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychologist, 50*(5), 372-385.

Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (1997). Motivated attention: Affect, activation, and action. In P. J. Lang, R. F. Simons & M. Balaban (Eds.), *Attention and Emotion: Sensory and Motivational Processes* (pp. 97-135). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (2005). *International affective picture system (IAPS): Digitized photographs, instruction manual and affective ratings*. University of Florida, Gainesville, FL.

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.

Lappalainen, R. & Epstein, L. H. (1990). A behavioral economics analysis of food choice in humans. *Appetite, 14*(2), 81-93.

Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P. & Spielberger, C. D. (1981). *Das Stait-Trait-Angst-Inventar. Theoretische Grundlagen und Handanweisung*. Beltz: Weinheim.

Lavy, E. & van den Hout, M. (1993). Selective attention evidenced by pictorial and linguistic Stroop tasks. *Behavior Therapy, 24*, 645–657.

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.

LeDoux, J. (2002). *The synaptic self: How our brains become who we are*. New York: Penguin Books.

Leland, D. S. & Pineda, J. A. (2006). Effects of food-related stimuli on visual spatial attention in fasting and nonfasting normal subjects: Behavior and electrophysiology. *Clinical Neurophysiology, 117*(1), 67-84.

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), 1058-1062.

Lozano, D. I., Crites, S. L. J. & Aikman, S. N. (1999). Changes in food attitudes as a function of hunger. *Appetite, 32*(2), 207-218.

Luck, S. J. (2005). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. Cambridge: MIT Press.

Luck, S. J. & Hillyard, S. (1994). Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search. *Psychophysiology, 31*(3), 291-308.

Luck, S. J. & Hillyard, S. (2000). The operation of selective attention at multiple stages of processing: Evindence from human and monkey electrophysiology. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The New Cognitive Neurosciences* (pp. 687-710). Cambridge: MIT Press.

Luck, S. J., Woodman, G. F. & Vogel, E. K. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends in Cognitive Sciences, 4*(11), 432-440.

Lüthy, M., Blumenthal, T. D., Langewitz, W., Kiss, A., Keller, U. & Schächinger, H. (2003). Prepulse inhibition of the human startle eye blink response by visual food cues. *Appetite, 41*(2), 191-195.

Lutzenberger, W., Elbert, T., Rockstroh, B. (1987). A brief tutorial of volume conduction for the interpretation of EEG. *Journal of Psychophysiology, 1*, 81-89.

MacLeod, C., Mathews, A. & Tata, P. (1986). Attentional bias in emotional disorders. *Journal of Abnormal Psychology, 95*(1), 15-20.

Mangun, G. R. & Hillyard, S. (1995). Mechanisms and models of selective attention. In M. D. Rugg & G. H. Coles (Eds.), *Electrophysiology of Mind. Event-related Brain Potentials and Cognition* (pp. 41-85). Oxford: Oxford University Press.

Martel, P. & Fantino, M. (1996). Mesolimbic dopaminergic system activity as a function of food reward: a microdialysis study. *Pharmacology Biochemistry and Behavior, 53*(1), 221-226.

Martin, A., Wiggs, C. L., Ungerleider, L. G. & Haxby, J. V. (1996). Neural correlates of category-specific knowledge. *Nature, 379*(6566), 649-652.

Martinez, A., Anllo-Vento, L., Sereno, M. I., Frank, L. R., Buxton, R. B., Dubowitz, D. J., Wong, E. C., Hinrichs, H., Heinze, H. J. & Hillyard, S. A. (1999). Involvement of striate and extrastriate visual cortical areas in spatial attention. *Nature Neuroscience, 2*(4), 364-369.

Martinez, A., Teder-Salejarvi, W., Vazquez, M., Molholm, S., Foxe, J. J., Javitt, D. C., Di Russo, F., Worden, M. S. & Hillyard, S. A. (2006). Objects are highlighted by spatial attention. *Journal Cognitive Neuroscience, 18*(2), 298-310.

Mathews, A. & MacLeod, C. (1994). Cognitive approaches to emotion and emotional disorders. *Annual Review of Psychology, 45*, 25-50.

Mauler, B. I., Hamm, A. O., Weike, A. I. & Tuschen-Caffier, B. (im Druck). Affect Regulation and Food Intake in Bulimia Nervosa: Emotional Responding to Food Cues after Deprivation and Subsequent Eating. *Journal Of Abnormal Psychology*.

Michie, P. T., Karayanidis, F., Smith, G. L., Barrett, N. A., Large, M. M., O'Sullivan, B. T. & Kavanagh, D. J. (1999). An exploration of varieties of visual attention: ERP findings. *Cognitive Brain Research, 7*(4), 419-450.

Miller, N. E. (1959). Learnable drives and rewards. In S. S. Stevens (Ed.), *Handbook of experimental psychology* (pp. 435-472). New York: Wiley.

Mogg, K. & Bradley, B. P. (1999). Selective attention and anxiety: A cognitive-motivational perspective. In T. Dalgleish & M. J. Power (Eds.), *Handbook of Cognition and Emotion* (pp. 145-170). Chichester: Wiley.

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* (Vol. 36, pp. 227-237): Elsevier Science.

Moore, C. J. & Price, C. (1999). A functional neuroimaging study of the variables that generate category-specific object processing differences. *Brain, 122*, 943-962.

Moratti, S., Keil, A. & Stolarova, M. (2004). Motivated attention in emotional picture processing is reflected by activity modulation in cortical attention networks. *NeuroImage, 21*(3), 954-964.

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.

Morris, J. S., Friston, K. J., Buchel, C., Frith, C. D., Young, A. W., Calder, A. J. & Dolan, R. J. (1998). A neuromodulatory role for the human amygdala in processing emotional facial expressions. *Brain, 121 (Pt 1)*, 47-57.

Murray, E. A., Gaffan, E. A. & Flint, R. W. j. (1996). Anterior rhinal cortex and amygdala: dissociation of their contributions to memory and food preference in rhesus monkeys. *Behavioral Neuroscience, 110*(1), 30-42.

Näätänen, R. (1992). *Attention and Brain Function*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Nader, K., Bechara, A. & van der Kooy, D. (1997). Neurobiological constraints on behavioral models of motivation. *Annual Review of Psychology, 48*, 85-114.

Naghavi, H. R. & Nyberg, L. (2005). Common fronto-parietal activity in attention, memory, and consciousness: Shared demands on integration? *Consciousness and Cognition, 14*(2), 390-425.

Nieuwenhuis, S., Aston-Jones, G. & Cohen, J. D. (2005). Decision making, the P3, and the locus coeruleus-norepinephrine system. *Psychological Bulletin, 131*(4), 510-532.

Nobre, A. C. (2001). The attentive homunculus: Now you see it, now you don't. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 25*(6), 477-496.

Nobre, A. C., Coull, J. T., Maquet, P., Frith, C. D., Vandenberghe, R. & Mesulam, M. M. (2004). Orienting attention to locations in perceptual versus mental representations. *Journal of Cognitive Neuroscience, 16*(3), 363-373.

Noe, A. (2004). *Action in Perception*. Cambridge: MIT Press.

Nowend, K. L., M., A., Carlson, B. B. & Salamone, J. D. (2001). D1 or D2 antagonism in nucleus accumbens core or dorsomedial shell suppresses lever pressing for food but leads to compensatory increases in chow consumption. *Pharmacology Biochemistry and Behavior, 69*(3-4), 373-382.

Nunez, P. L. & Katznelson, R. D. (1981). *Electric fields of the brain: the neurophysics of EEG*. New York: Oxford University Press.

O'Doherty, J. (2004). Reward representations and reward-related learning in the human brain: Insights from neuroimaging. *Current Opinion in Neurobiology, 14*(6), 769-776.

O'Doherty, J., Rolls, E. T., Francis, S., Bowtell, R., McGlone, F., Kobal, G., Renner, B. & Ahne, G. (2000). Sensory-specific satiety-related olfactory activation of the human orbitofrontal cortex. *Neuroreport, 11*(4), 893-897.

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 & G. Ahern (Eds.), *Cognitive Neuroscience of Emotion* (pp. 296-327). New York: Oxford University Press.

Öhman, A., Hamm, A. O. & Hudgdahl, K. (2000). Cognition and the autonomic nervous system: Orienting, anticipation, and conditioning. In J. T. Caccioppo, L. G. Tassinary & G. Bernston (Eds.), *Handbook of psychophysiology (2nd edition)* (pp. 533-575). Cambridge: University Press.

Ono, T. & Nishijo, H. (1992). Neurophysiological basis of the Klüver-Bucy syndrome: response of monkey amygdaloid neurons to biologically significant objects. In J. P. Aggleton (Ed.), *The Amygdala: Neurobiological Aspects of Emotion, Memory, and Mental Dysfunction* (pp. 167-190). New York: Wiley-Liss, Inc.

Ono, T., Tamura, R., Nishijo, H., Nakamura, K. & Tabuchi, E. (1989). Contribution of amygdalar and lateral hypothalamic neurons to visual information processing of food and nonfood in monkey. *Physiology and Behavior, 45*(2), 411-421.

Overduin, J. & Jansen, A. (1996). Food cue reactivity in fasting and non-fasting subjects. *European Eating Disorders Review, 39*, 146-160.

Overduin, J., Jansen, A. & Louwerse, E. (1995). Stroop interference and food intake. *International Journal of Eating Disorders, 18*(3), 277-285.

Palomba, D., Angrilli, A. & Mini, A. (1997). Visual evoked potentials, heart rate responses and memory to emotional pictorial stimuli. *International Journal of Psychophysiology, 27*(1), 55-67.

Pangborn, R. M. (1959). Influence of hunger on sweetness preferences and taste thresholds. *American Journal of Clinical Nutrition, 7*(3), 280-287.

Pasquet, P., Monneuse, M. O., Simmen, B., Marez, A. & Hladik, C. M. (2006). Relationship between taste thresholds and hunger under debate. *Appetite, 46*, 63-66.

Paton, J. J., Belova, M. A., Morrison, S. E. & Salzman, C. D. (2006). The primate amygdala represents the positive and negative value of visual stimuli during learning. *Nature, 439*(7078), 865-870.

Perpina, C., Hemsley, D., Treasure, J. & de Silva, P. (1993). Is the selective information processing of food and body words specific to patients with eating disorders? *International Journal of Eating Disorders, 14*(3), 359-366.

Petrovich, G. D., Holland, P. C. & Gallagher, M. (2005). Amygdalar and prefrontal pathways to the lateral hypothalamus are activated by a learned cue that stimulates eating. *Journal of Neuroscience, 25*(36), 8295-8302.

Petrovsky, N. (2006). *Motivational Modulation of the Attentional Blink*. Konstanz: Universität (Diplomarbeit).

Picton, T. W. (1992). The P300 wave of the human event-related potential. *Journal of Clinical Neurophysiology, 9*(4), 456-479.

Picton, T. W., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S. A., Johnson, R. J., Miller, G. A., Ritter, W., Ruchkin, D. S., Rugg, M. D. & Taylor, M. J. (2000). Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria. *Psychophysiology, 37*(2), 127-152.

Picton, T. W., Lins, O. G. & Scherg, M. (1995). The recording and analysis of event-related potentials. In F. Boller & J. Grafman (Eds.), *Handbook of Neuropsychology* (Vol. 10, pp. 3-73). Amsterdam: Elsevier.

Pietrowsky, R., Specht, G., Fehm, H. L. & Born, J. (1994). Comparison of satiating effects of ceruletide and food intake using behavioral and electrophysiological indicators of memory. *International Journal of Psychophysiology, 17*, 79-89.

Placanica, J. L., Faunce, G. J. & Soames Job, R. F. (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), 79-90.

Plihal, W., Haenschel, C., Hachl, P., Born, J. & Pietrowsky, R. (2001). The effect of food deprivaition on ERP during identification of tachistoscopically presented food-related words. *Journal of Psychophysiology, 15*, 163-172.

Polich, J. & Kok, A. (1995). Cognitive and biological determinants of P300: An integrative review. *Biological Psychology, 41*(2), 103-146.

Polivy, J. (1996). Psychological consequences of food restriction. *Journal of the American Dietetic Association, 96*(6), 589-592; quiz 593-584.

Posner, M. I. & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci, 13*, 25-42.

Posner, M. I. & Raichle, M. E. (1994). *Images of Mind*. Cambridge MA: Cambridge University Press.

Potter, M. C. (1999). Understanding sentences and scenes: The role of conceptual short-term memory. In V. Coltheart (Ed.), *Fleeting Memories* (pp. 13-46). Cambridge: MIT Press.

Potts, G. F. & Tucker, D. M. (2001). Frontal evaluation and posterior representation in target detection. *Cognitive Brain Research, 11*(1), 147-156.

Pourtois, G., Grandjean, D., Sander, D. & Vuilleumier, P. (2004). Electrophysiological correlates of rapid spatial orienting towards fearful faces. *Cerebral Cortex, 14*(6), 619-633.

Pudel, V. & Westenhoefer, J. (1991). *Ernährungspsychologie*. Göttingen: Hogrefe.

Raynor, H. A. & Epstein, L. H. (2003). The relative-reinforcing value of food under differing levels of food deprivation and restriction. *Appetite, 40*(1), 15-24.

Redd, M. & de Castro, J. M. (1992). Social facilitation of eating: Effects of social instruction on food intake. *Physiology and Behavior, 52*(4), 749-754.

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.

Rizzolatti, G. & Matelli, M. (2003). Two different streams form the dorsal visual system: Anatomy and functions. *Experimental Brain Research, 153*(2), 146-157.

Robbins, T. W. & Everitt, B. J. (1996). Neurobehavioural mechanisms of reward and motivation. *Current Opinion in Neurobiology, 6*(2), 228-236.

Robbins, T. W. & Everitt, B. J. (2003). Motivation and Reward. In L. R. Squire, F. E. Bloom, S. K. Connell, J. L. Roberts, N. C. Spitzer & M. J. Zigmond (Eds.), *Fundamental Neuroscience (Second edition)*. San Diego: Elsevier Science.

Rolls, B. J. (1990). The role of sensory-specific satiety in food intake and food selection. In E. D. Capaldi & T. L. Powley (Eds.), *Taste, experience and feeling* (pp. 28-42). Washington: American Psychological Association.

Rolls, E. T. (1994). Neural processing related to feeding in primates. In C. R. Legg & D. A. Booth (Eds.), *Appetite: Neural and Behavioural Bases* (pp. 11-53). Oxford: Oxford University Press.

Rolls, E. T. (1999). *The Brain and Emotion*. Oxford: University Press.

Rolls, E. T. (2005). *Emotion explained*. Oxford: University Press.

Rolls, E. T., Critchley, H. D., Browning, A. S., Hernadi, I. & Lenard, L. (1999). Responses to the sensory properties of fat of neurons in the primate orbitofrontal cortex. *Journal of Neuroscience, 19*(4), 1532-1540.

Rolls, E. T., Murzi, E., Yaxley, S., Thorpe, S. J. & Simpson, S. J. (1986). Sensory-specific satiety: Food-specific reduction in responsiveness of ventral forebrain neurons after feeding in the monkey. *Brain Research, 368*(1), 79-86.

Rolls, E. T., Sienkiewicz, Z. J. & Yaxley, S. (1989). Hunger modulates the responses to gustatory stimuli of single neurons in the caudolateral orbitofrontal cortex of the macaque monkey. *European Journal of Neuroscience, 1*(1), 53-60.

Rousselet, G. A., Fabre-Thorpe, M. & Thorpe, S. J. (2002). Parallel processing in high-level categorization of natural images. *Nature Neuroscience, 5*(7), 629-630.

Rozin, P. (1999). Food is fundamental, fun, frightening, and far-reaching. *Social Research, 66*, 9-30.

Rugg, M. D. & Allan, K. (2000). Event-related potential studies of memory. In E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *The Oxford handbook of memory* (pp. 521-537). New York: Oxford University Press.

Rugg, M. D. & Coles, G. H. (1995). *Electrophysiology of Mind: Event-Related Brain Potentials and Cognition*. Oxford: Oxford University Press.

Sabatinelli, D., Bradley, M. M., Fitzsimmons, J. R. & Lang, P. J. (2005). Parallel amygdala and inferotemporal activation reflect emotional intensity and fear relevance. *NeuroImage, 24*(4), 1265-1270.

Sanghera, M. K., Rolls, E. T. & Roper-Hall, A. (1979). Visual responses of neurons in the dorsolateral amygdala of the alert monkey. *Experimental Neurology, 63*(3), 610-626.

Saper, C. B., Chou, T. C. & Elmquist, J. K. (2002). The need to feed: Homeostatic and hedonic control of eating. *Neuron, 36*(2), 199-211.

Schaer, T. (2004). *Motivationsgesteuerte Aufmerksamkeit: Visuelle Verarbeitung von Nahrungsreizen im Hungerzustand*. Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald: Diplomarbeit.

Schmälzle, R. (2005). *Effekte von Nahrungsdeprivation auf die Verarbeitung visueller Reize: eine ERP-Studie*. Universität Konstanz: Diplomarbeit.

Schneirla, T. (1959). An evolutionary and developmental theory of biphasic processes underlying approach and withdrawal. In M. R. Jones (Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation* (pp. 1-42). Lincoln: University of Nebraska Press.

Schultz-Gambard, E. (1988). *Indikatoren von Hunger: Psychophysiologische Untersuchung zur Wirkung einer 24-stündigen Nahrungsdeprivation*. Bielefeld: Universität, Dissertation.

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., Hillman, C. H., Hamm, A. O. & Lang, P. J. (2004). Brain processes in emotional perception: Motivated attention. *Cognition and Emotion, 18*(5), 593-611.

Schupp, H. T., Flaisch, T. & Stockburger, J. (im Druck). Emotion and Attention: Event-related brain potential studies. *Progress in Brain Research*.

Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I. & Hamm, A. O. (2003a). Attention and emotion: an ERP analysis of facilitated emotional stimulus processing. *Neuroreport, 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., Öhman, A., Junghöfer, M., Weike, A. I., Stockburger, J. & Hamm, A. O. (2004). 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. (2006). Stimulus novelty and emotion perception: The near absence of habituation in the visual cortex. *Neuroreport, 17*(4), 365-369.

Schupp, H. T., Stockburger, J., Codispoti, M., Junghöfer, M., Weike, A. I. & Hamm, A. O. (eingereicht). Selective visual attention to emotion.

Schwartz, M. W., Woods, S. C., Porte, D., Jr., Seeley, R. J. & Baskin, D. G. (2000). Central nervous system control of food intake. *Nature, 404*(6778), 661-671.

Seibt, B., Häfner, M. & Deutsch, R. (eingereicht). Prepared to eat: How immediate affective and motivational responses to food cues are influenced by food deprivation.

Serences, J. T. & Yantis, S. (2006). Selective visual attention and perceptual coherence. *Trends in Cognitive Sciences, 10*(1), 38-45.

Shapiro, K. (1997). The Attentional Blink. *Trends in Cognitive Sciences, 1*(8), 291-296.

Simmons, W. K., Martin, A. & Barsalou, L. W. (2005). Pictures of appetizing foods activate gustatory cortices for taste and reward. *Cerebral Cortex, 15*(10), 1602-1608.

Small, D. M., Zatorre, R. J., Dagher, A., Evans, A. C. & Jones-Gotman, M. (2001). Changes in brain activity related to eating chocolate: From pleasure to aversion. *Brain, 124*(Pt 9), 1720-1733.

Smid, H. G., Jakob, A. & Heinze, H. J. (1999). An event-related brain potential study of visual selective attention to conjunctions of color and shape. *Psychophysiology, 36*(2), 264-279.

Squires, N. K., Squires, K. C. & Hillyard, S. A. (1975). Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 38*(4), 387-401.

Staats, A. & Hammond, O. (1972). Natural words a physiological conditioned stimuli: food-word-elicited salivation and deprivation effects. *Journal of Experimental Psychology, 96*, 206-208.

Stanley, B. G., Ha, L. H., Spears, L. C. & Dee, M. G. (1993). Lateral hypothalamic injections of glutamate, kainic acid, D,L-alpha-amino-3-hydroxy-5-methyl-isoxazole propionic acid or N-methyl-D-aspartic acid rapidly elicit intense transient eating in rats. *Brain Research, 613*(1), 88-95.

Stellar. (1954). The Physiology of Motivation. *Psychological Review, 61*, 5-22.

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.

Steyer, R., Schwenkmezger, P., Notz, P. & Eid, M. (1997). *Der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen (MDBF)*. Göttingen: Hogrefe.

Stolarova, M., Keil, A. & Moratti, S. (2006). Modulation of the C1 Visual Event-related Component by Conditioned Stimuli: Evidence for Sensory Plasticity in Early Affective Perception. *Cerebral Cortex, 8*, 876-887.

Sutton, S., Braren, M., Zubin, J. & John, E. R. (1965). Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science, 150*(700), 1187-1188.

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 Sciences of the United States of America, 96*(8), 4569-4574.

Thorpe, S. J., Fize, D. & Marlot, C. (1996). Speed of processing in the human visual system. *Nature, 381*(6582), 520-522.

Thorpe, S. J., Rolls, E. T. & Maddison, S. (1983). The orbitofrontal cortex: Neuronal activity in the behaving monkey. *Experimental Brain Research, 49*(1), 93-115.

Toates, F. (1981). The control of ingestive behaviour by internal and external stimuli - theoretical review. *Appetite, 2*, 35-50.

Tucker, D. M. (1993). Spatial sampling of head electrical fields: The geodesic sensor net. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 87*(3), 154-163.

Volkow, N. D., Wang, G. J., Fowler, J. S., Logan, J., Jayne, M., Franceschi, D., Wong, C., Gatley, S. J., Gifford, A. N., Ding, Y. S. & Pappas, N. (2002). "Nonhedonic" food motivation in humans involves dopamine in the dorsal striatum and methylphenidate amplifies this effect. *Synapse, 44*(3), 175-180.

Wickelgren, I. (1997). Getting the brain's attention. *Science, 278*, 35–37.

Wijers, A. A., Mulder, G., Okita, T., Mulder, L. J. M. & Scheffers, M. K. (1989). Attention to color: An analysis of selection, controlled search and motor activation, using event-related potentials. *Psychophysiology, 26*, 89–109.

Wispé, L. G. & Drambarean, N. C. (1953). Physiological need, word frequency, and visual duration thresholds. *Journal of Experimental Psychology, 46*(1), 25-31.

Wooley, O. & Wooley, S. (1981). Relationships of salivation in humans to deprivation, inhibition, and encephalization of hunger. *Appetite, 2*, 331-350.

Yantis, S. (2000). Goal-directed and stimulus-driven determinants of attentional control. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Attention and Performance* (Vol. 18, pp. 73-103). Cambridge, MA: MIT Press.

Yaxley, S., Rolls, E. T. & Sienkiewicz, Z. J. (1988). The responsiveness of neurons in the insular gustatory cortex of the macaque monkey is independent of hunger. *Physiology and Behaviour, 42*(3), 223-229.

Yaxley, S., Rolls, E. T., Sienkiewicz, Z. J. & Scott, T. R. (1985). Satiety does not affect gustatory activity in the nucleus of the solitary tract of the alert monkey. *Brain Research, 347*(1), 85-93.

Young, P. T. (1959). The role of affective processes in learning and motivation. *Psychological Review, 66*, 104-125.

Zald, D. H. (2003). The human amygdala and the emotional evaluation of sensory stimuli. *Brain Research, 41*(1), 88-123.

Zverev, Y. P. (2004). Effects of caloric deprivation and satiety on sensitivity of the gustatory system. *BMC Neuroscience, 5*(1), 5.

ANHANG

Inhaltsverzeichnis:

Studie 1:

A 1 Bildmaterial

B 1 Unterlagen

C 1 Instruktionen

D 1 Sensorgruppen

Studie 2:

A 2 Bildmaterial

B 2 Unterlagen

C 2 Instruktionen

D 2 Sensorgruppen

Studie 1/2:

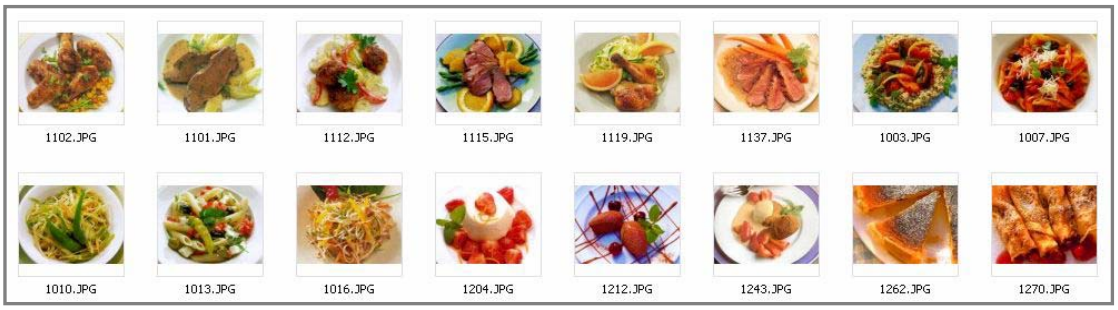
E Hunger- und Appetiteinschätzungen

F Übersicht zum Ernährungs-Fragebogen (IEG)

A 1 Bildmaterial

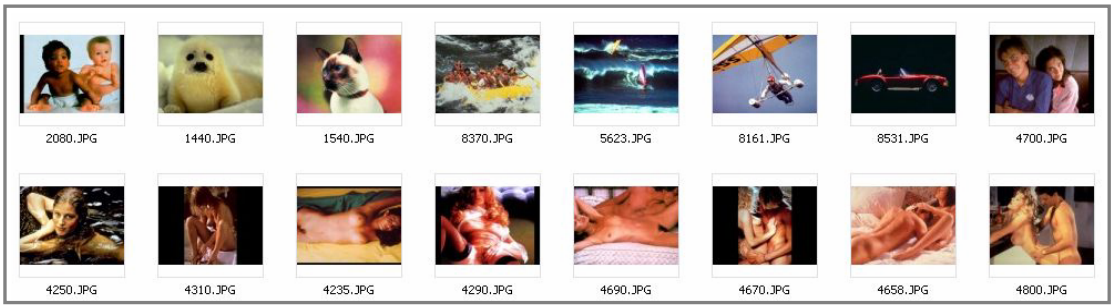
Bildersatz A -- Kategorie Essen

Bildersatz B -- Kategorie Essen



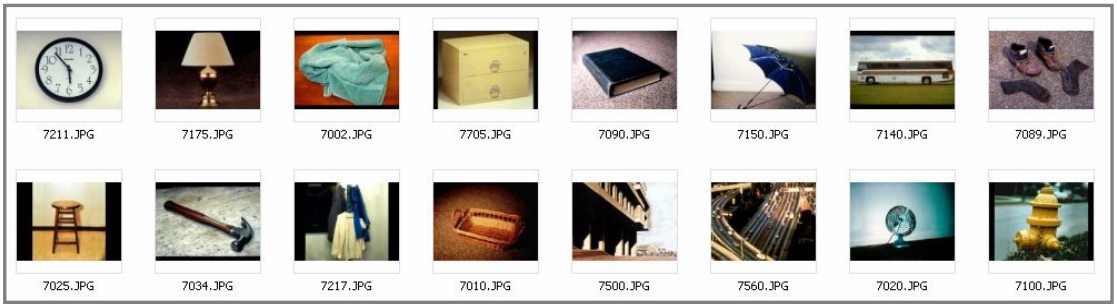
Bildersatz A -- Kategorie Positiv

Bildersatz B -- Kategorie Positiv



A 1 Bildmaterial

Bildersatz A -- Kategorie Neutral



Bildersatz B -- Kategorie Neutral

Bildersatz A -- Kategorie Negativ

Bildersatz B -- Kategorie Negativ

B 1 Unterlagen

Screening Bogen für das Telefoninterview / Ernährungstagebuch

DEPRIVATION SCREENING

Datum des Anrufs: _____ Anrufer: _____

Ich möchte zunächst ein paar kurze Fragen stellen, um zu sehen, ob Du für diese Untersuchung in Frage kommst. Alle Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt.

Name / Vorname:	
Telefon:	
Alter:	
Hast oder hattest Du ernste Probleme mit Deiner Gesundheit? (Beschreiben lassen)	
Nimmst Du derzeit Medikamente, die vom Arzt verschrieben wurden oder die Du auch ohne Vorschreibung des Arztes einnimmst? (Welche und wofür?)	
Leidest Du unter einer Stoffwechselerkrankung? z.B. Diabetes Mellitus	
- unter einer Schilddrüsenerkrankung?	
- unter einer Epilepsie?	
Wie groß bist Du?	_____ cm
Wie viel wiegst Du?	_____ kg (→ **BMI** = _____)
Führst Du zur Zeit eine Diät durch?	nein ja
Ernährst Du Dich vegetarisch? Nach einer anderen besonderen Kostform?	
Hattest Du schon einmal Essanfälle oder Heißhungeranfälle, während derer Du in kurzer Zeit sehr viel gegessen hast?	nein ja
Trägst Du eine Brille? - Kontaktlinsen	

ERNÄHRUNGSTAGEBUCH

DATUM: _____

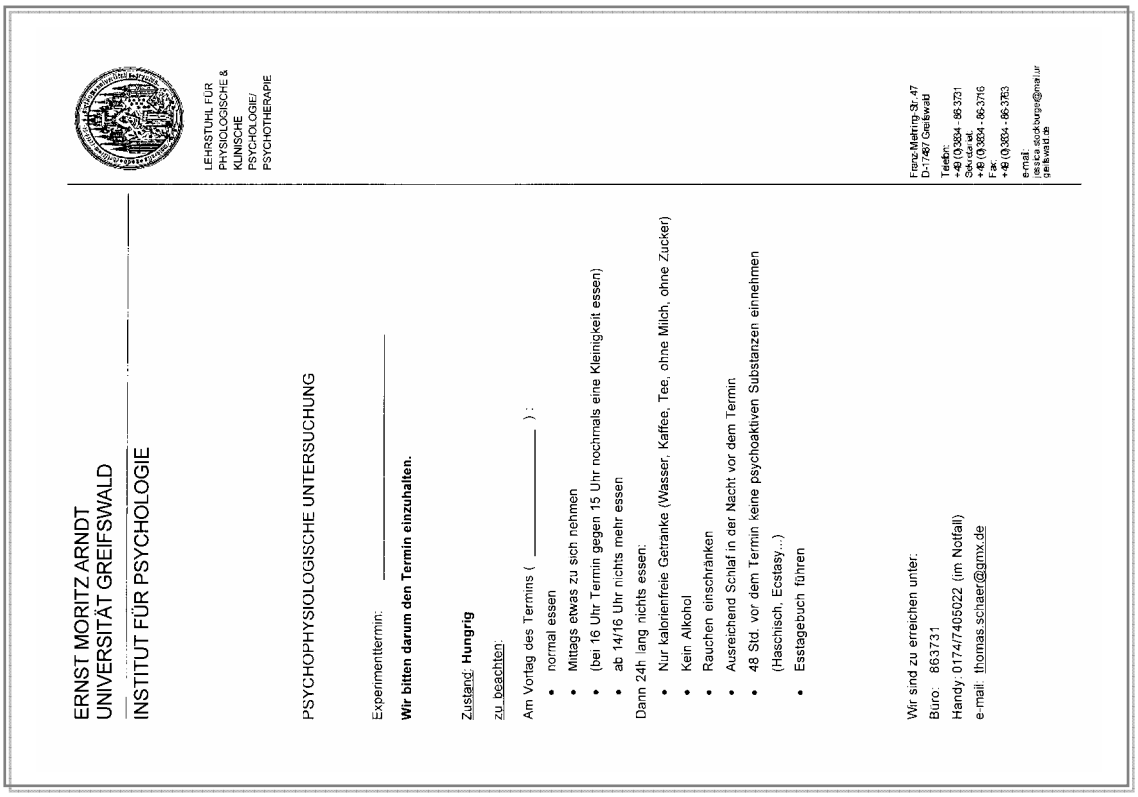
Uhrzeit	Art und Menge der Nahrungsmittel / Getränke / Rauchen

DATUM: _____

Uhrzeit	Art und Menge der Nahrungsmittel / Getränke / Rauchen

B 1 Unterlagen

Informationsblätter zu Ernährungsregeln zu hungrigem und sattem Zustand



ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD

INSTITUT FÜR PSYCHOLOGIE

LEHRSTUHL FÜR
PHYSIOLOGISCHE &
KLINISCHE
PSYCHOLOGIE/
PSYCHOTHERAPIE

PSYCHOPHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNG

Experimenttermin: _____

Wir bitten darum den Termin einzuhalten.

Zustand: **Hungrig**

zu beachten:

Am Vortag des Termins (_____) :

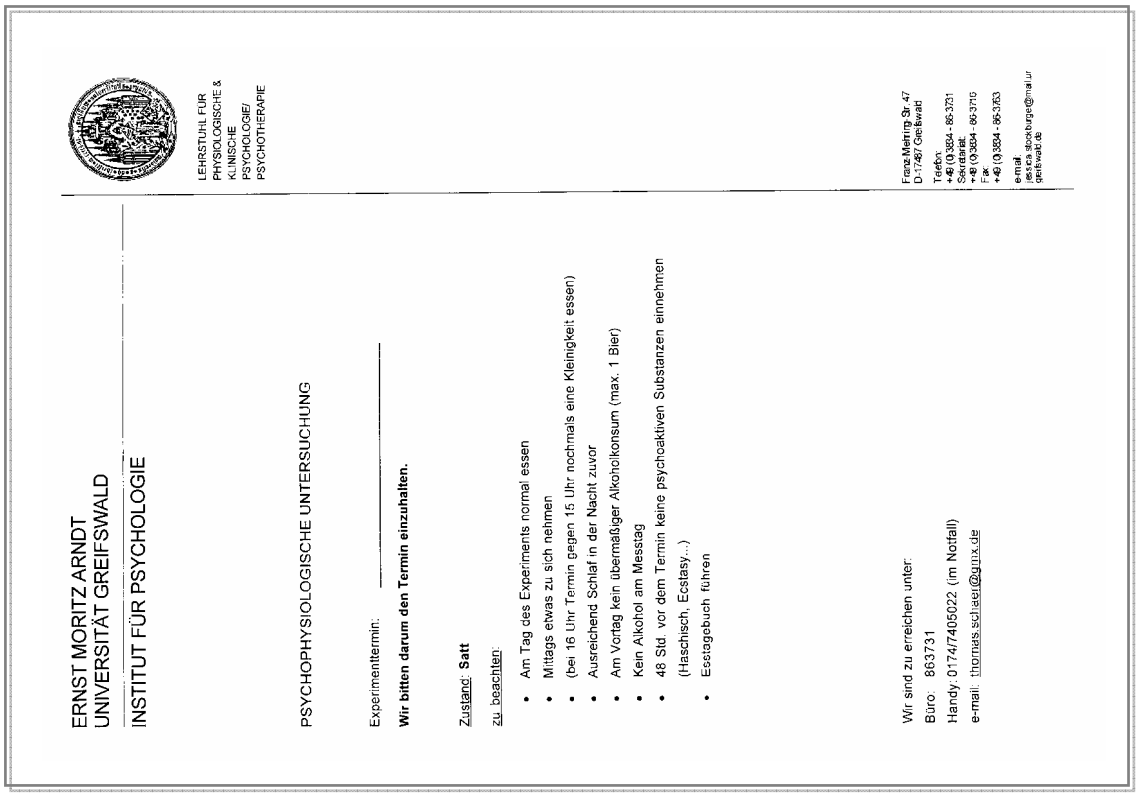
- normal essen
- Mittags etwas zu sich nehmen
- (bei 16 Uhr Termin gegen 15 Uhr nochmals eine Kleinigkeit essen)
- ab 14/16 Uhr nichts mehr essen

Dann 24h lang nichts essen:

- Nur kalorienfreie Getranke (Wasser, Kaffee, Tee, ohne Milch, ohne Zucker)
- Kein Alkohol
- Rauchen einschränken
- Ausreichend Schlaf in der Nacht vor dem Termin
- 48 Std. vor dem Termin keine psychoaktiven Substanzen einnehmen (Haschisch, Ecstasy...)
- Esstagebuch führen

Wir sind zu erreichen unter:
Büro: 863731
Handy: 0174/7405022 (im Notfall)
e-mail: thomas.schaer@gmx.de

Franz-Mehring-Str. 47
D-17487 Greifswald
Telefon:
+49 (0)3834 - 86-3731
Sekretariat:
+49 (0)3834 - 86-3716
Fax
+49 (0)3834 - 86-3783
e-mail:
jessica.stockburger@mail.uni-greifswald.de



ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD

INSTITUT FÜR PSYCHOLOGIE

LEHRSTUHL FÜR
PHYSIOLOGISCHE &
KLINISCHE
PSYCHOLOGIE/
PSYCHOTHERAPIE

PSYCHOPHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNG

Experimenttermin: _____

Wir bitten darum den Termin einzuhalten.

Zustand: **Satt**

zu beachten:

- Am Tag des Experiments normal essen
- Mittags etwas zu sich nehmen
- (bei 16 Uhr Termin gegen 15 Uhr nochmals eine Kleinigkeit essen)
- Ausreichend Schlaf in der Nacht zuvor
- Am Vortag kein übermäßiger Alkoholkonsum (max. 1 Bier)
- Kein Alkohol am Messtag
- 48 Std. vor dem Termin keine psychoaktiven Substanzen einnehmen (Haschisch, Ecstasy...)
- Esstagebuch führen

Wir sind zu erreichen unter:
Büro: 863731
Handy: 0174/7405022 (im Notfall)
e-mail: thomas.schaer@gmx.de

Franz-Mehring-Str. 47
D-17487 Greifswald
Telefon:
+49 (0)3834 - 86-3731
Sekretariat:
+49 (0)3834 - 86-3716
Fax
+49 (0)3834 - 86-3783
e-mail:
jessica.stockburger@mail.uni-greifswald.de

B 1 Unterlagen

Informationsblatt zur Studie / Einverständniserklärung

Informationsblatt zur Studie

Die Studie an der Du teilnimmst, untersucht Deine Gehirnaktivität beim Wahrnehmen von Bildern und Geräuschen.

Um dies zu erreichen, werden wir Dir verschiedene Bildinhalte präsentieren, wie sie auch häufig im Fernsehen zu sehen sind. Unter den Bildern befinden sich neutrale und erotische Szenen, aber auch einige Bilder, die teilweise sehr abstoßende Verletzungen und Verstümmelungen darstellen.

Wenn Du Probleme mit solchen Bildinhalten haben solltest, ist diese Studie für Dich nicht geeignet und wir möchten Dich bitten dem/r VersuchsleiterIn Bescheid zu geben.

Beispielbilder:

Während der gesamten Untersuchung wirst Du darüber informiert, was als nächstes passiert. Jeder einzelne Abschnitt der Studie wird Dir genau erläutert.

Es ist wichtig, daß Du weißt, daß keine Reize präsentiert werden, die wir Dir nicht vorher angekündigt haben.

Die gesamte Studie dauert etwa 1,5 – 2 Stunden, wobei die ersten 20 Minuten der Vorbereitung dienen.

Falls Du im Augenblick noch weitere Fragen hast, wende Dich bitte an den/die VersuchsleiterIn!

Einverständniserklärung

Ich erkläre mich hiermit zur Teilnahme an dieser Studie bereit. Ich bin darüber informiert, daß im Rahmen der Untersuchung physiologische Reaktionen durch Oberflächensensoren aufgezeichnet werden. Während der Untersuchung werden Bilder unterschiedlichen Inhalts sowie Geräusche dargeboten.

Ich wurde darüber aufgeklärt, dass ich die Durchführung der Studie jederzeit und ohne Angaben von Gründen abbrechen kann.

Die Anonymisierung der erhobenen Daten wird durch die MitarbeiterInnen der Abteilung Physiologische und Klinische Psychologie / Psychotherapie gewährleistet.

Greifswald, den _____ _____

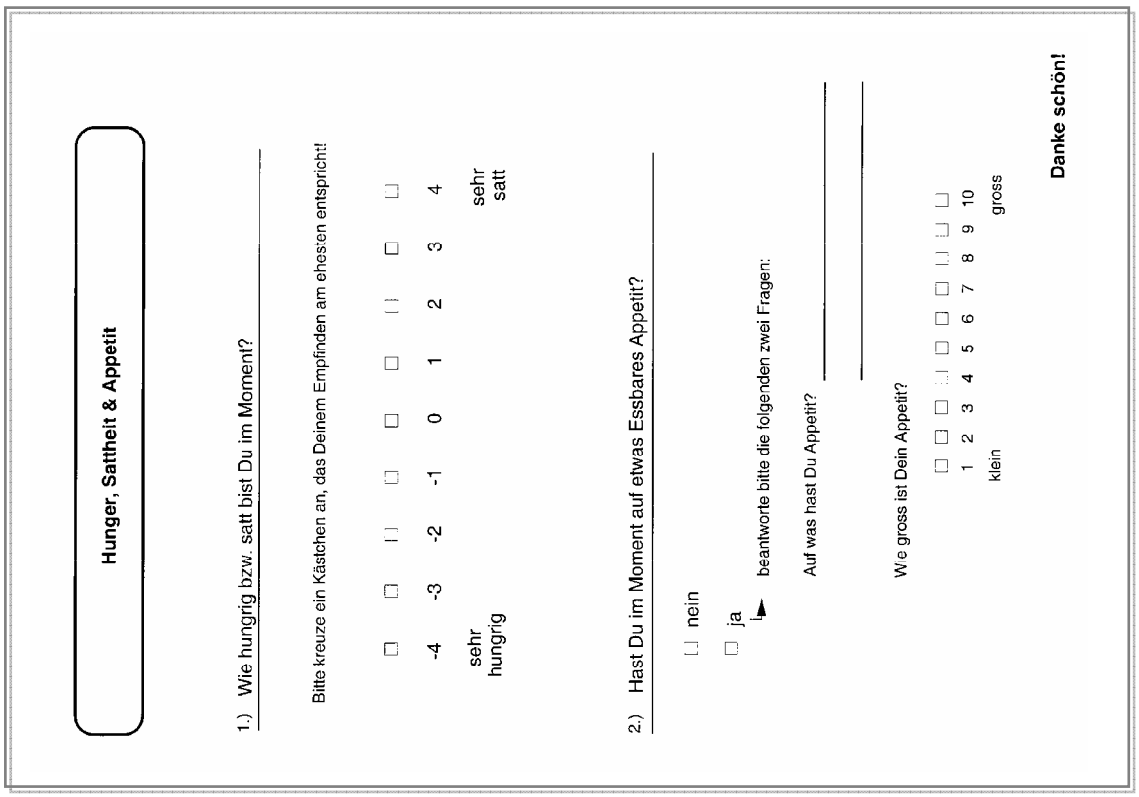
Unterschrift

_____

Nachname in Druckschrift

B 1 Unterlagen

Fragebogen zu Hunger und Appetit



Hunger, Sattheit & Appetit

1.) Wie hungrig bzw. satt bist Du im Moment?

Bitte kreuze ein Kästchen an, das Deinem Empfinden am ehesten entspricht!

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

-4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4

sehr hungrig — sehr satt

2.) Hast Du im Moment auf etwas Essbares Appetit?

☐ nein

☐ ja

↳ beantworte bitte die folgenden zwei Fragen:

Auf was hast Du Appetit? _____

_____

Wie gross ist Dein Appetit?

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

klein — gross

Danke schön!

C 1 Instruktionen

DEPRIVAT Instruktion „Probedurchgang“

Während der folgenden Untersuchung bist du alleine in diesem Raum, wobei ich dich über eine **Kamera** sehen kann und Du jederzeit (falls etwas Besonderes sein sollte) mit mir über die **Gegensprechanlage** Kontakt aufnehmen kannst.

Auf dem Monitor werden dir im folgenden verschiedene **Bilder** präsentiert. Jedes einzelne Bild wird durch ein **weisses Kreuz** in der Mitte des Bildschirms angekündigt, das Dir helfen soll, auf die Mitte zu schauen. Ab und zu wirst du ein **Geräusch** hören, das wie ein Knacken oder Krachen klingt.

Damit die Messung aussagekräftig ist, bitte ich dich folgende Dinge zu beachten:

- Du sollst die Bilder **aufmerksam betrachten**, das Geräusch brauchst du nicht weiter zu beachten.
- Dabei solltest du möglichst **entspannt sitzen**, und dich wenig bewegen. Wenn du dich einmal bewegen solltest, achte bitte auf die Kabel.
- Deine **Augen** sollten auf die Mitte des Monitors gerichtet sein, auch wenn in den Pausen zwischen den Bilddarbietungen nur ein schwarzer Bildschirm zu sehen ist.
- Und bitte **nicht auf die Zähne beißen**.

Hast du hierzu noch Fragen?

Es folgen nun einige **Probedurchgänge**, in deren Verlauf hauptsächlich Geräusche zu hören sind und einige Bilder gezeigt werden. Darauf folgt der erste Versuchsdurchgang, der etwa 20 **Minuten** dauert.

Nach den Probedurchgängen werde ich noch einmal kurz hereinkommen.

DEPRIVAT Instruktion „View“

Hast du die **Bilder gesehen**?
Hast du die **Geräusche gehört**?

Es wird im gesamten folgenden Versuchsabschnitt **nichts Neues** hinzukommen.

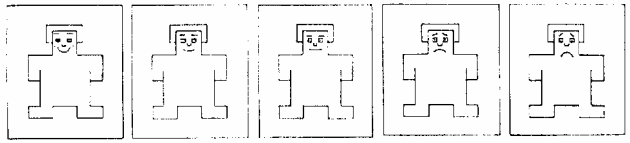
Alles klar? Hast du hierzu noch Fragen?

Dann werde ich in Kürze den Versuchsdurchgang starten.

Instruktion für den SAM

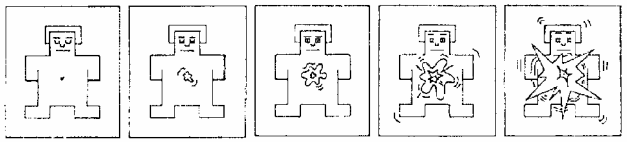
In dieser Phase des Experiments geht es um Deine persönliche Einschätzung der gezeigten Bilder. Hierzu werden die zwei Dimensionen der Valenz und der Erregung verwendet. Sie werden durch den „SAM" dargestellt.

Die erste Dimension zur Beschreibung der Bilder ist die **Valenz**-Dimension. Sie reicht von "sehr angenehm, glücklich, erfreut" (SAM mit nach oben zeigenden Mundwinkeln) bis zu "sehr unangenehm, unglücklich, traurig" (SAM mit nach unten zeigenden Mundwinkeln).



1 2 3 4 5 6 7 8 9

Die zweite Dimension zur Beschreibung der Bilder stellt die **Erregung** dar. Sie geht von "sehr ruhig und entspannt" (SAM mit geschlossenen Augen) bis zum anderen Extrem "sehr aufgeregt, stimuliert, rasend, angeregt, erregt" ('explodierender' SAM).



1 2 3 4 5 6 7 8 9

Bitte betrachte jedes einzelne Bild, solange Du möchtest und drücke dann die „Weiter-Taste" um die Einschätzungen abzugeben. Dafür kannst Du jeweils eine Ziffer von 1 bis 9 auf der Tastatur wählen!

DEPRIVAT Instruktion „Movie"

Nun folgt noch ein **zweiter kürzerer Versuchsabschnitt**.

Du bekommst die **gleichen Bilder** noch einmal zu sehen. Diesmal aber in **schnellerer Abfolge**. Es werden jetzt **keine Geräusche** mehr kommen – Nur noch Bilder.

Ich bitte dich wieder:

- die Bilder **aufmerksam zu betrachten**.
- möglichst **entspannt zu sitzen** und dich wenig zu bewegen.
- die **Augen** auf den Monitor zu richten
- nicht auf die **Zähne** zu beißen.
- Und versuche diesmal auch **möglichst wenig zu blinzeln**

Alles klar?

Das Experiment wird nur wenige **Minuten** dauern. Nach dem Experiment werde ich wieder hereinkommen.

Hast du hierzu noch Fragen?

D 1 Sensorgruppen

Sensornummern für Zeitbereich 50 – 80 ms:

	Ausgewählte Sensoren	
Sensorgruppe	links	rechts
Parietal	32, 38, 43, 52, 53, 54, 60, 61, 67	78, 79, 80, 81, 86, 87, 88, 93, 94

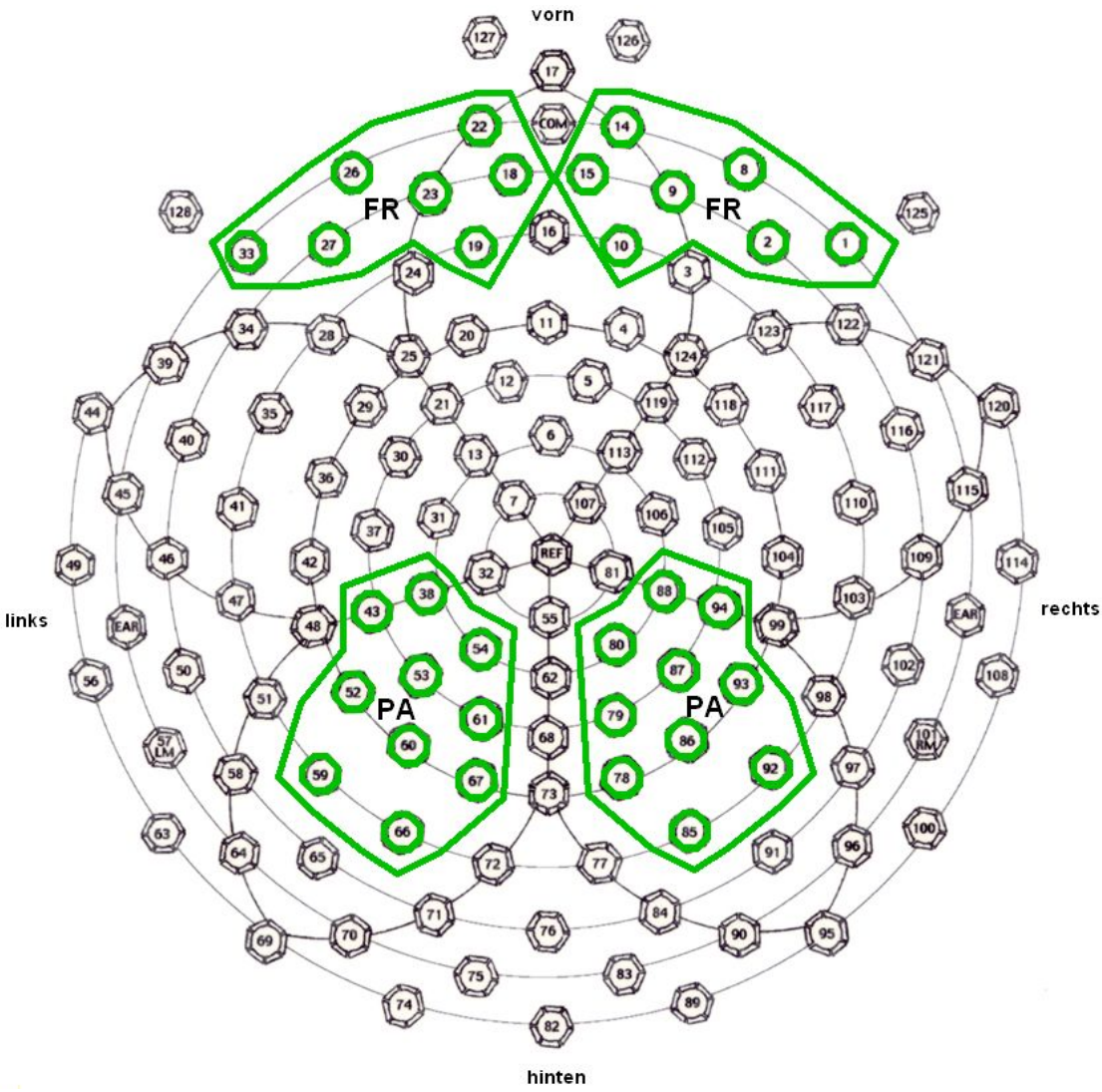


Abbildung 1: Sensorgruppen für den Zeitbereich 184-212 ms

	Ausgewählte Sensoren	
Sensorgruppe	links	rechts
Parietal	38, 43, 52, 53, 54, 59, 60, 61, 66, 67	78, 79, 80, 85, 86, 87, 88, 92, 93, 94
Frontal	18, 19, 22, 23, 26, 27, 33	1, 2, 8, 9, 10, 14, 15

D 1 Sensorgruppen

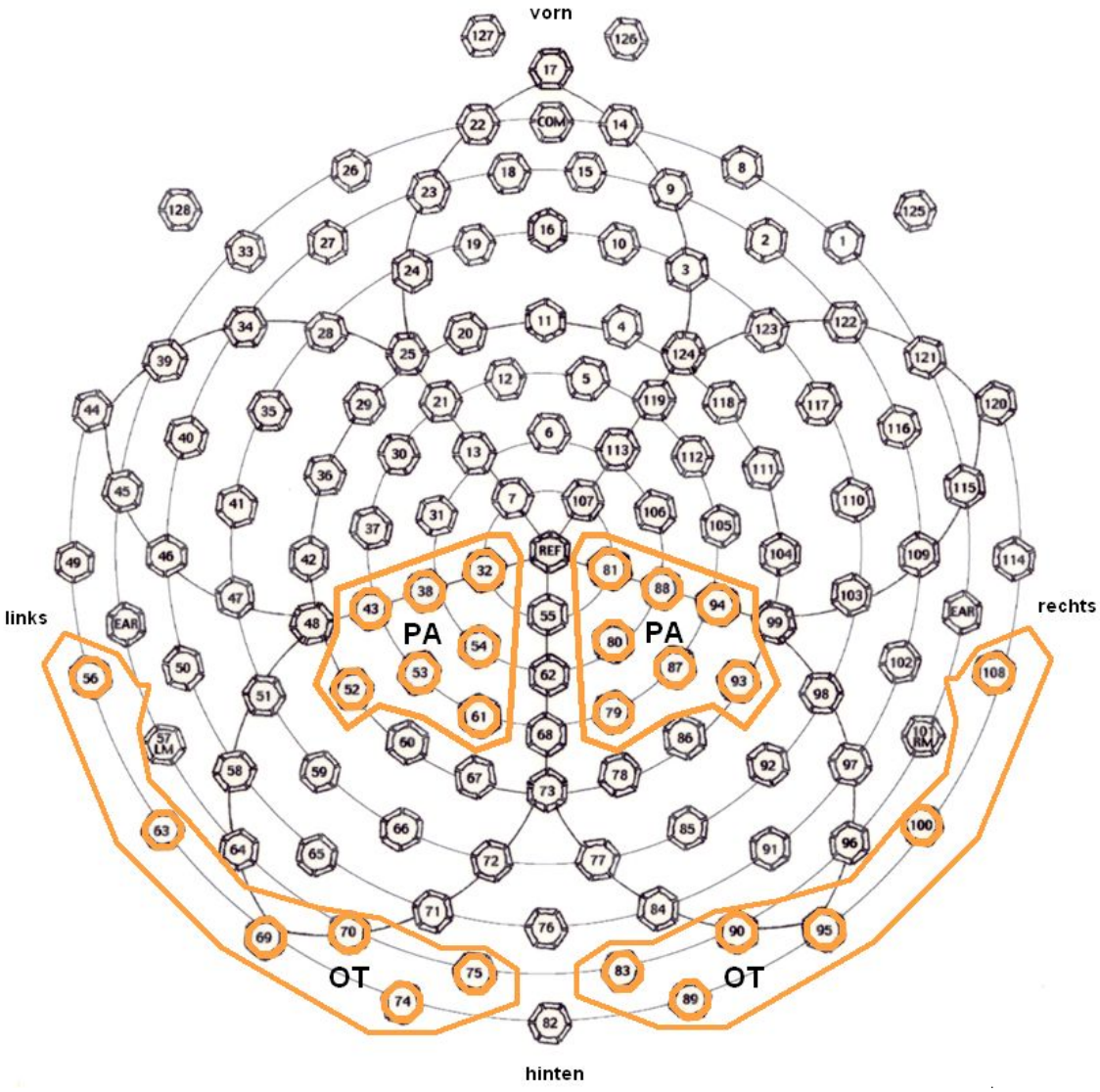


Abbildung 2: Sensorgruppen für den Zeitbereich 280-330 ms

	Ausgewählte Sensoren	
Sensorgruppe	links	rechts
Okz.-temp.	56, 63, 69,70, 74, 75	83, 89, 90, 95, 100, 108
Parietal	32, 38, 43, 52, 53, 54, 61	79, 80, 81, 87, 88, 93, 94

D 1 Sensorgruppen

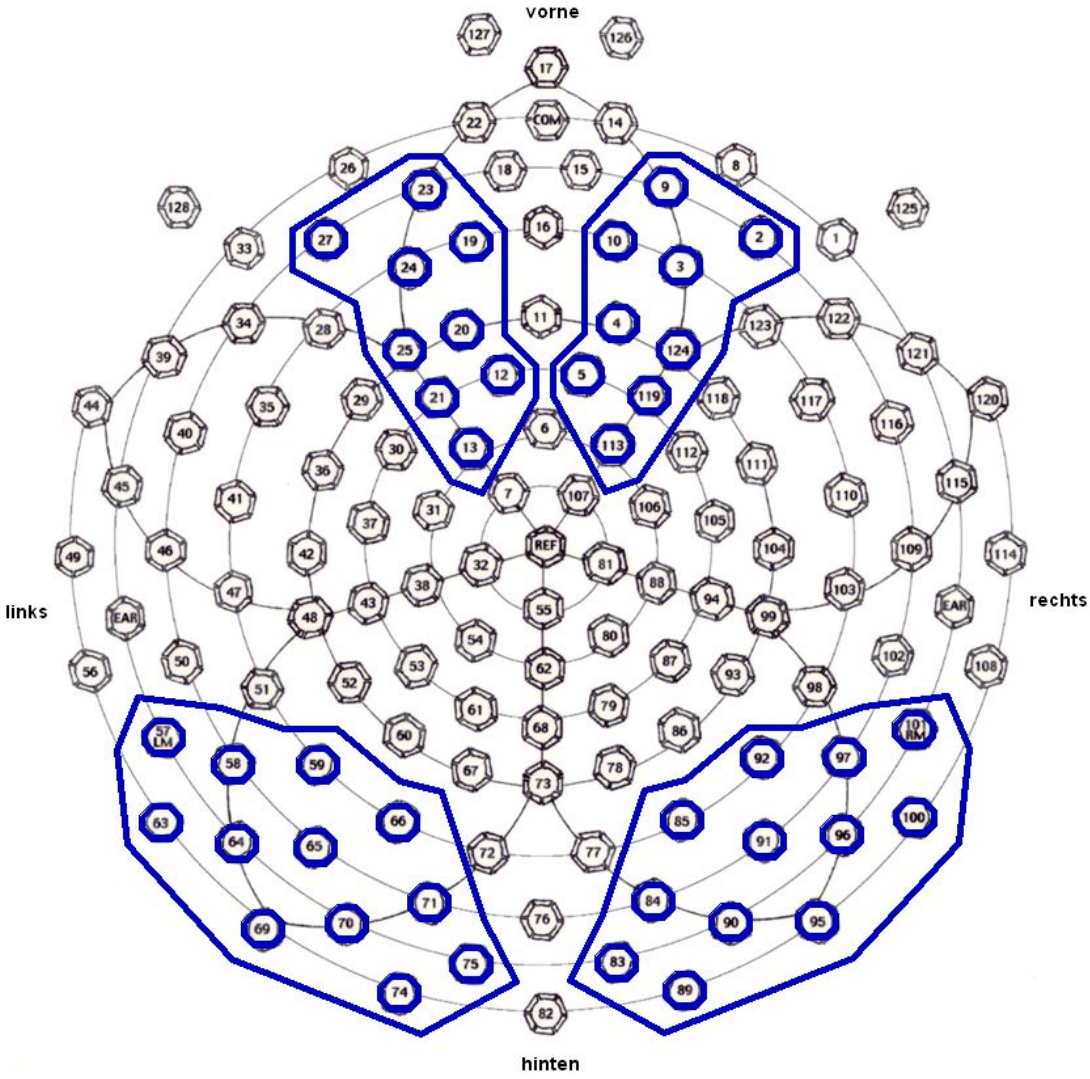
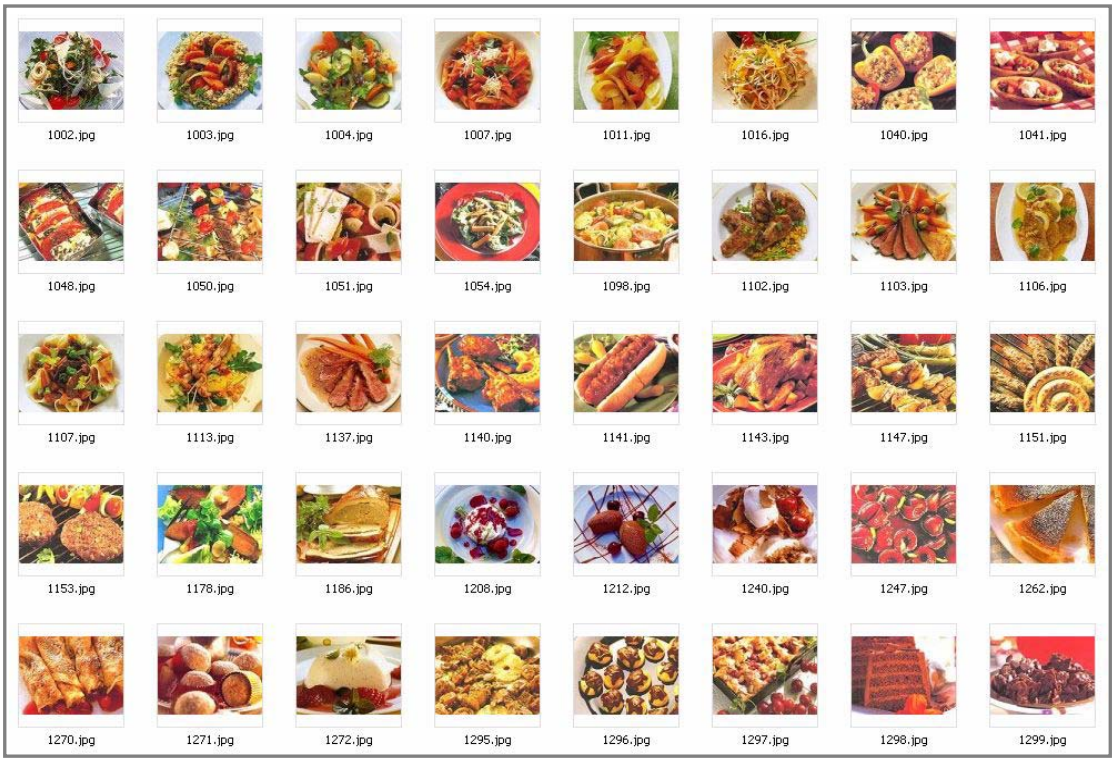


Abbildung 3: Sensorgruppen für den Zeitbereich von 200 bis 300 ms (Replikation der EPN)

	Ausgewählte Sensoren	
Sensorgruppe	links	rechts
Temp.-okz.	57, 58, 59, 63, 64, 65, 66, 69,70, 71, 74, 75	83, 84, 85, 89, 90, 91, 92, 95, 96, 97, 100, 101
Frontal	12, 13, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 27	2, 3, 4, 5, 9, 10, 113, 119, 124

A 2 Bildmaterial

Kategorie Essen

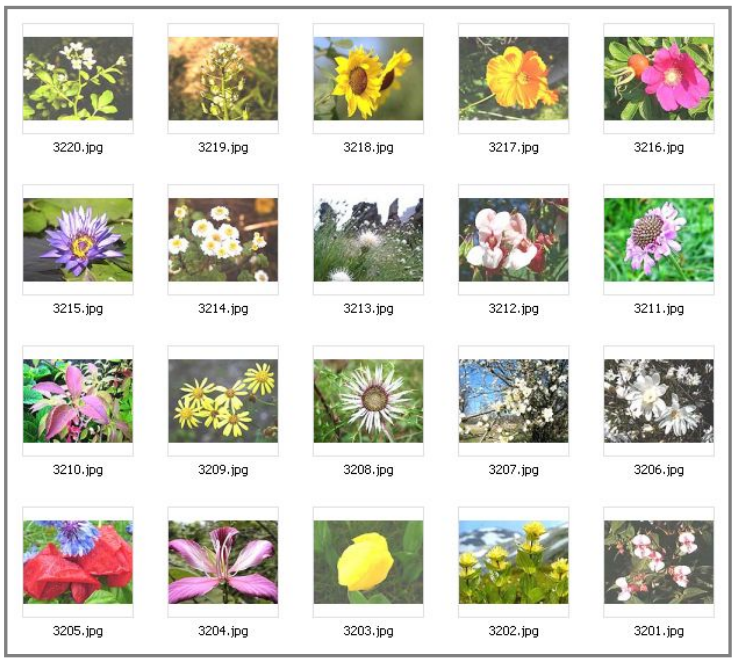


Kategorie Blumen

A 2 Bildmaterial

Kategorie Essen Wiedererkennen „NEUE“

Kategorie Blumen Wiedererkennen „NEUE“



A 2 Bildmaterial

Bildnummern der "Alten" Bilder für Wiedererkennensabschnitt (siehe Seite XII):

"Alte" Essensbilder	1003, 1007, 1016, 1041, 1050, 1054, 1102, 1106, 1113, 1140, 1143, 1151, 1178, 1208, 1240, 1262, 1270, 1272, 1296, 1298
"Alte" Blumenbilder	2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2013, 2015, 2017, 2019, 2021, 2025, 2029, 2032, 2034, 2036, 2038, 2040, 2095, 2097, 2099

Bildnummern des Abschnittes „Emotionale Bilder" (IAPS Bildnummern)

Angenehm	2070, 1722, 1710, 8400, 8080, 5621, 8510, 4610, 4533, 4561, 4210, 4232, 4611, 4680, 4659, 4810, 2080, 1440, 1540, 8370, 5623, 8161, 8531, 4700, 4250, 4550, 4235, 4530, 4690, 4670, 4658, 4800, 1811, 2092, 2311, 2530, 4641, 8040, 8210, 8496
Neutral	7211, 7175, 7002, 7705, 7090, 7150, 7140, 7089, 7025, 7034, 7217, 7010, 7500, 7560, 7020, 7100, 7190, 7170, 7950, 7224, 7040, 7030, 7130, 7031, 7235, 7110, 7234, 7050, 7510, 7590, 6150, 7060, 2190, 2200, 2383, 2575, 5455, 7503, 7550, 8010
Unangenehm	1931, 1321, 1302, 1052, 6260, 6350, 6250, 6510, 3120, 3110, 3064, 3130, 2900, 9001, 9140, 9220, 1930, 1300, 1301, 1120, 6230, 6550, 6244, 6560, 3071, 3102, 3015, 3010, 2700, 9000, 9570, 2205, 1201, 3022, 3530, 6940, 9500, 9561, 9611, 9921

Universität Konstanz – Allgemeine Psychologie

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: VPNr.: __ HS/SH: __

Universität Konstanz – Allgemeine Psychologie - Deprivation II

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)	
$BMI = \frac{Gewicht(kg)}{(Größe(m))^2}$	
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.: ____

B 2 Unterlagen

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: VPNr.: __ T1/T2: __ HS/SH: __*

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: __*

INFORMATIONSBLATT ZUR STUDIE

Die Studie an der Du teilnimmst, untersucht Deine Gehirnaktivität beim Wahrnehmen von Bildern.

Bilder

Wir werden Dir dazu verschiedene Bilder darbieten, wie sie auch häufig im Fernsehen zu sehen sind. Unter den Bildern befinden sich neutrale und erotische Szenen, aber auch einige Bilder, die sehr abstoßende Verletzungen und Verstümmelungen zeigen.

Wenn Du Probleme damit hast, Dir solche Bilder anzusehen, bist Du für diese Studie nicht geeignet. Bitte melde es dem Versuchsleiter, wenn Du Dir die Bilder nicht ansehen kannst.

Beispielbilder:

Fasten

Die Untersuchung wird an zwei Terminen jeweils am Nachmittag durchgeführt. Zwischen den Terminen liegt genau eine Woche. Vor einem der beiden Termine sollst Du normal essen und gesättigt erscheinen, vor dem anderen Termin dürfen ab 24 Stunden vor Beginn der Messung keine kalorienhaltigen Nahrungsmittel und Getränke mehr aufgenommen werden.

Viele Menschen haben irgendwann in Ihrem Leben – sei es aus religiösen, gesundheitlichen oder sonstigen Gründen – schon einmal eine zeitlang gefastet. Dieses Fasten ist normalerweise völlig ungefährlich.

Falls Du aber zum Messtermin körperlich erkrankst oder Dich nicht fit fühlst, solltest Du den Termin verschieben und zunächst nicht fasten. Außerdem ist es wichtig, dass Du mit uns einen Termin vereinbarst, an dem Du Dich auf das Fasten gut einstellen kannst. Das sollte ein Tag sein, an dem Du möglichst wenig Stress hast. **Wenn Du währenddessen feststellen solltest, dass es Dir nicht gut geht (starkes Unwohlsein), dann solltest Du auf jeden Fall abbrechen.**

Blutprobe

Zur Feststellung des körperlichen Nahrungsdeprivationszustandes wird bei jeder Messung eine kleine Blutprobe entnommen. Es wird dafür nur eine sehr kleine Menge Blut benötigt (1 Tropfen). Vielleicht kennst Du die Geräte mit denen Diabetiker ihren Blutzucker messen? Solch ein Gerät werden wir verwenden.

EEG

Während Du die dargebotenen Bilder betrachtest, werden wir Dein EEG (Elektroencephalogramm, „Hirnstrommessung") messen. Dazu bekommst Du ein Netz mit 256 Elektroden auf den Kopf gesetzt. Diese Messung ist völlig ungefährlich.

Fragebögen

Im Rahmen der Studie werden Dir auch Fragebögen vorgelegt, die z. B. nach Deinem Essverhalten und weiteren psychologischen Variablen fragen. Zu jeder der beiden EEG-Messungen werden außerdem einige Fragen zum aktuellen Befinden gestellt.

Falls Du im Augenblick weitere Fragen hast, wende Dich bitte an den/die VersuchsleiterIn.

Universität Konstanz – Allgemeine Psychologie

EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich mich zur Teilnahme an der Studie bereit.

Ich wurde darüber informiert, dass im Rahmen der Studie physiologische Reaktionen (Elektroencephalogramm) aufgezeichnet werden während ich Bilder betrachte.

Ich erkläre mich bereit, 24 Stunden vor einem der beiden Termine auf das Essen und Trinken kalorienhaltiger Nahrungsmittel zu verzichten. Zudem bin ich damit einverstanden, dass zur Bestimmung meines Ketonspiegels bei jedem Termin eine Blutprobe (Blutstropfen) entnommen wird.

Darüber hinaus werden mir einige generelle Fragen zum Essverhalten und weiteren psychologischen Variablen vorgelegt. Bei jeder der beiden Messungen werden Fragen zum aktuellen Befinden gestellt.

Alle meine Fragen bezüglich der Durchführung der Studie und der verwendeten Bildinhalte wurden beantwortet.

Alle Daten werden anonym behandelt und nicht an Dritte weitergegeben.

Ich wurde darüber aufgeklärt, dass ich die Teilnahme an der Studie jederzeit auf eigenen Wunsch beenden kann.

_____
Ort, Datum

_____ _____
Unterschrift TeilnehmerIn Unterschrift VersuchsleiterIn

Universität Konstanz – Allgemeine Psychologie

HUNGER UND APPETIT

Wie hungrig bist Du im Moment?

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
sehr hungrig								sehr satt

Hast Du im Moment auf etwas Essbares Appetit?

☐ nein

☐ ja, auf _____

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
klein									gross

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

C 2 Instruktionen

Universität Konstanz – Allgemeine Psychologie -

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.

C 2 Instruktionen

Universität Konstanz – Allgemeine Psychologie

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".

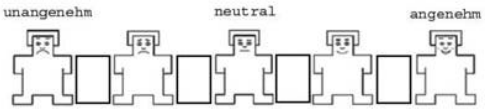
Nachdem Du die Maustaste gedrückt hast, kommt eine kurze Pause und danach gleich das nächste Bild. Zwischen den Bildern sollst Du immer wieder auf das Fixationskreuz in der Mitte des Bildschirms achten.

Ich schliesse jetzt die Türe wieder und starte das Experiment.

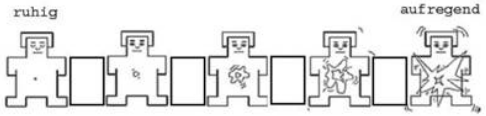
Universität Konstanz – Allgemeine Psychologie -

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.

D 2 Sensorgruppen

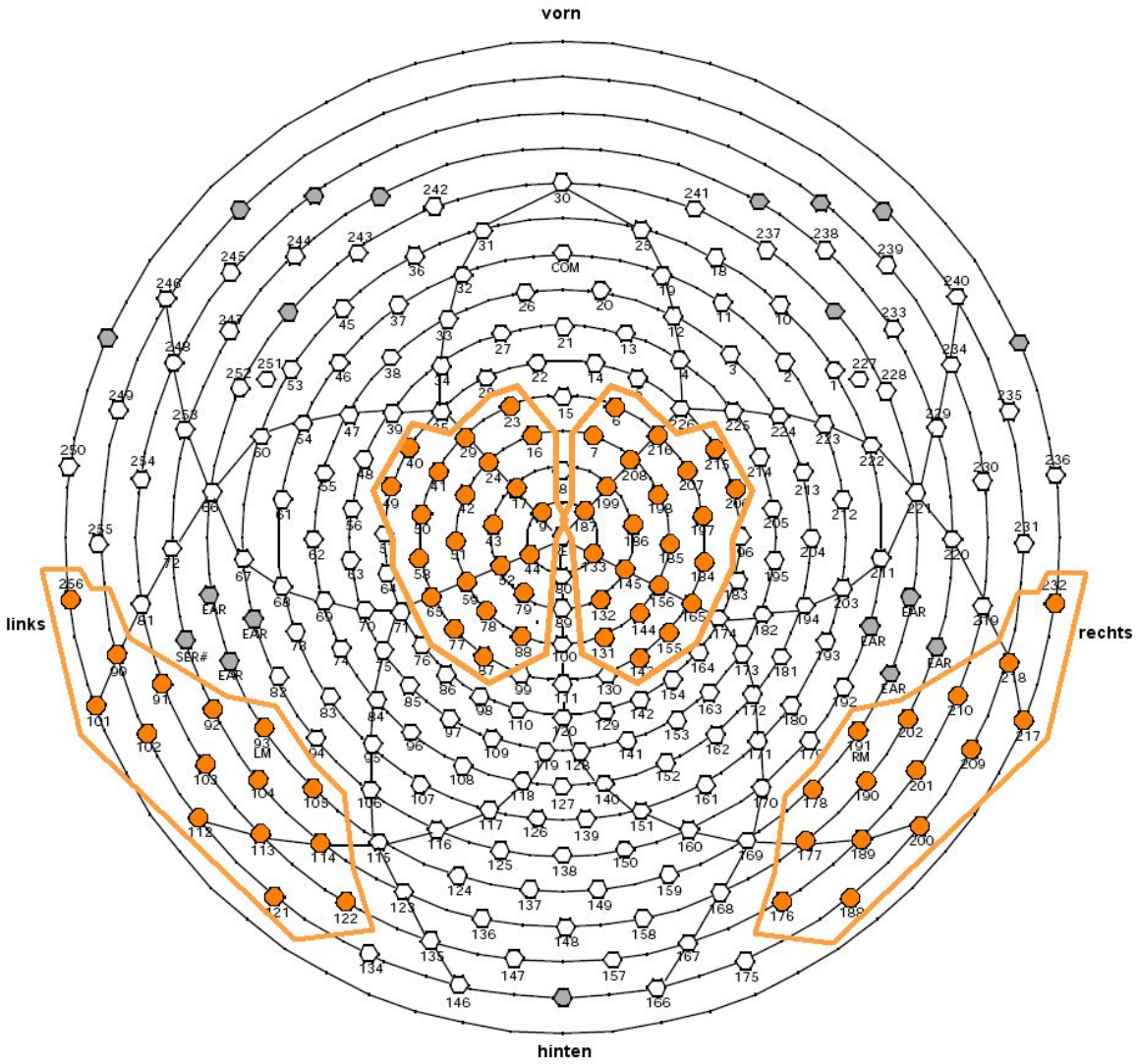
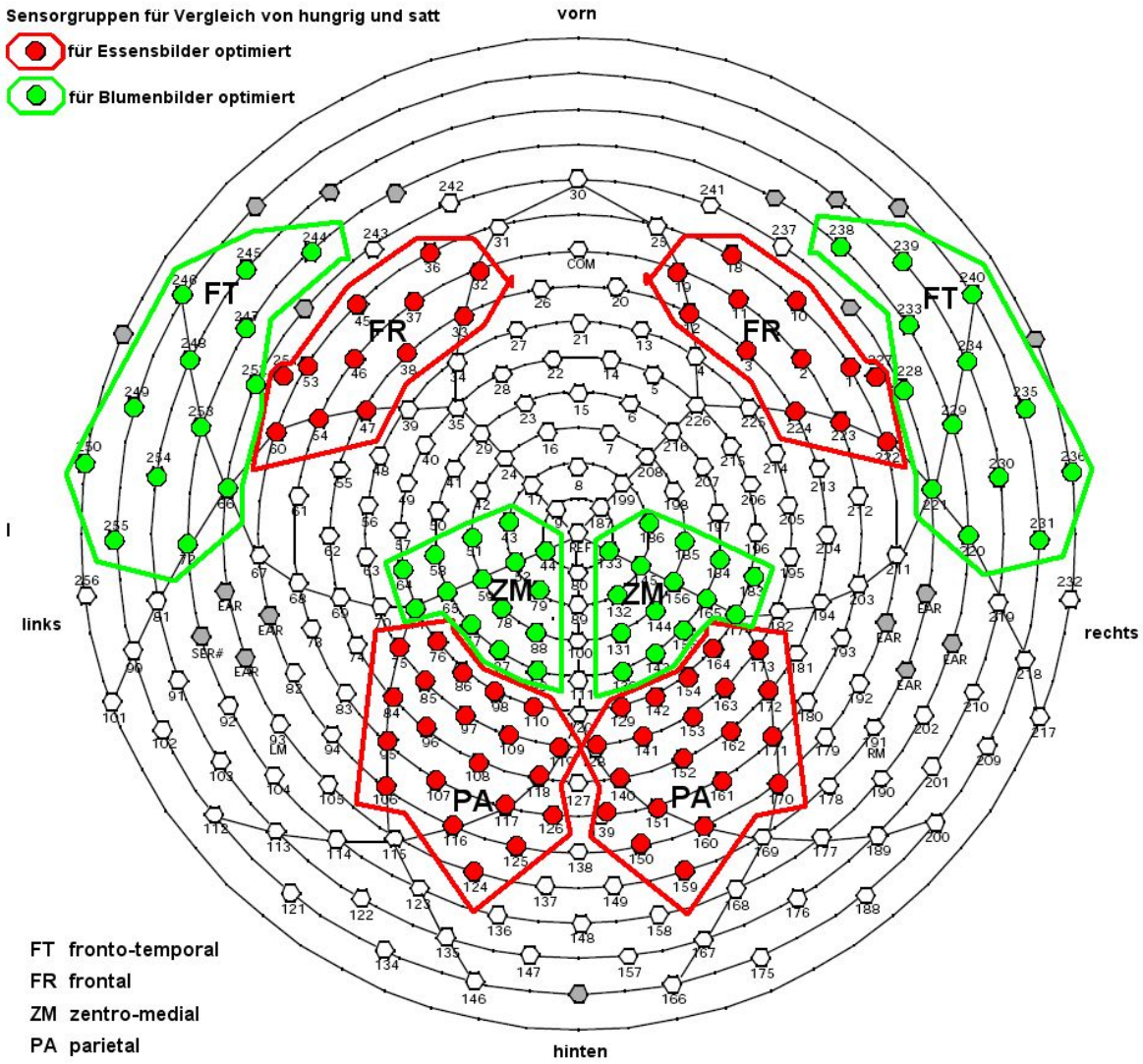


Abbildung 4: Sensorgruppen für den Zeitbereich von 300 – 360 ms

	Ausgewählte Sensoren	
Sensorgruppe	links	rechts
Temporo-okzipital	90, 91, 92, 93, 101, 102, 103, 104, 105, 112, 113, 114, 121, 122, 256	176, 177, 178, 188, 189, 190, 191, 200, 201, 202, 209, 210, 217, 218, 232,
Zentro-medial	9, 16, 17, 23, 24, 29, 40, 41, 42, 43, 44, 49, 50, 51, 52, 58, 59, 65, 77, 78, 79, 87, 88	6, 7, 131, 132, 133, 144, 143, 145, 155, 156, 165, 184, 185, 186, 187, 197, 198, 199, 206, 207, 208, 215, 216

D 2 Sensorgruppen



	Ausgewählte Sensoren	
Sensorgruppe	links	rechts
FT	66, 72, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 252, 253, 254, 255	220, 221, 228, 229, 230, 231, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 240,
FR	32, 33, 36, 37, 38, 45, 46, 47, 53, 54, 60, 251	1, 2, 3, 10, 11, 12, 18, 19, 222, 223, 224
ZM	43, 44, 51, 52, 58, 59, 64, 65, 71, 77, 78, 79, 87, 88, 99	130, 131, 132, 133, 143, 144, 145, 155, 156, 165, 174, 183, 184, 185, 186
PA	75, 76, 84, 85, 85, 86, 95, 96, 97, 98, 106, 107, 108, 109, 110, 116, 117, 118, 119, 124, 125, 126	128,129, 139, 140, 141, 142, 150, 151, 152, 153, 154, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 170, 171, 172, 173

D 2 Sensorgruppen

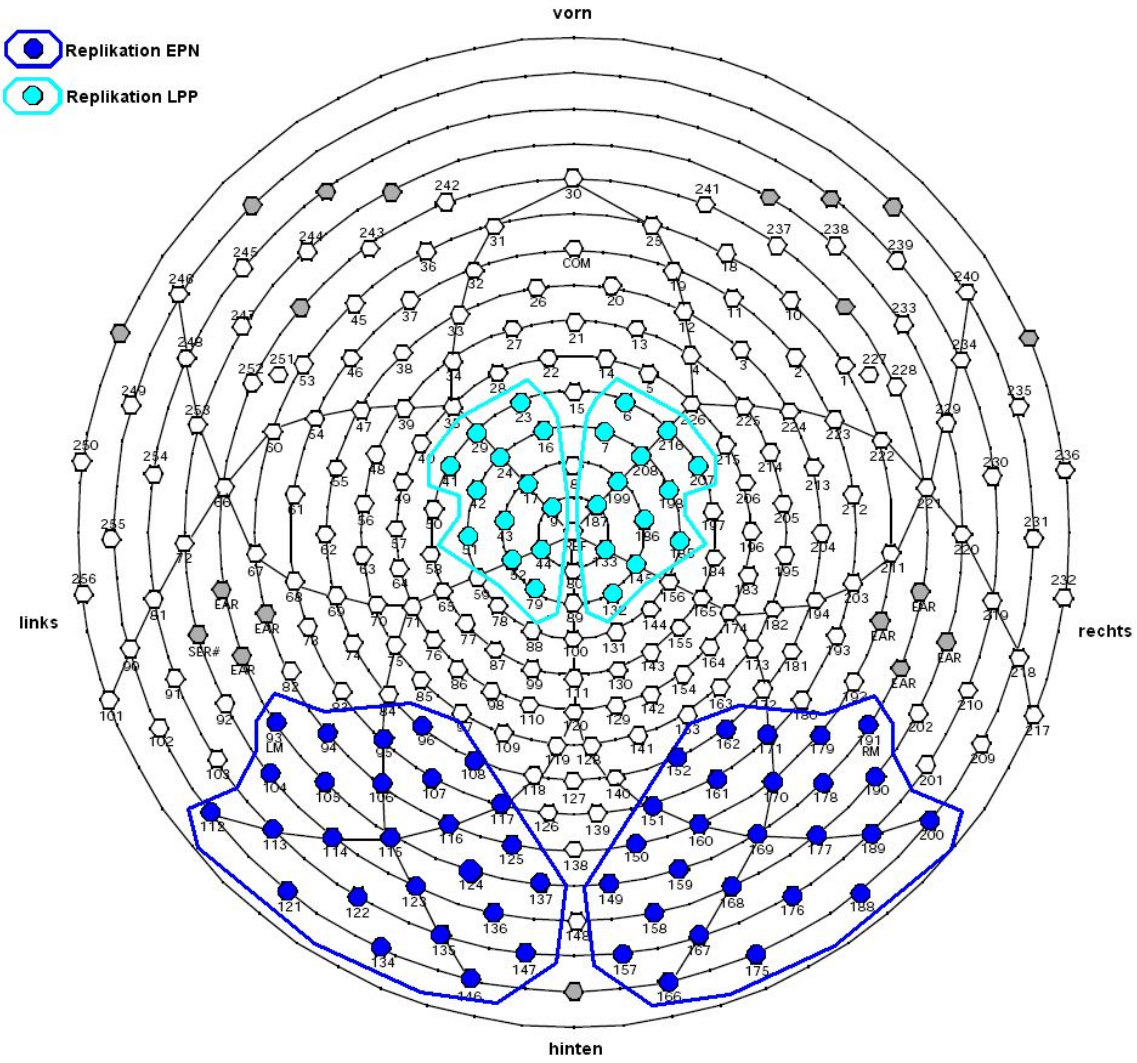


Abbildung 5: Sensorgruppen für die Replikation von EPN (200-300ms) und LPP (400-600ms).

	Ausgewählte Sensoren	
Sensorgruppe	links	rechts
Tempo-okzipital	93, 94, 95, 96, 104, 105, 106, 107, 108, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 121, 122, 123, 124, 125, 134, 135, 136, 137, 146, 147	149, 150, 151, 152, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 175, 176, 177, 178, 179, 188, 189, 190, 191, 200
Zentro-medial	9, 16, 17, 23, 24, 29, 41, 42, 43, 44, 51, 52, 79	6, 7, 132, 133, 145, 185, 186, 187, 198, 199, 207, 208, 216

D 2 Sensorgruppen

Sensornummern für Kontrollberechnungen zu frühen Deprivationseffekten in Studie 2 (vor 300 ms):

	Ausgewählte Sensoren	
Sensorgruppe	links	rechts
50-80 ms	107, 108, 116, 117, 118, 125, 126,	139, 140, 150, 151, 152, 160, 161
200-270 ms	85, 86, 96, 97, 98, 107, 108, 109	141, 142, 152, 153, 154, 161, 162, 163

Sensornummern für Wiedererkennensabschnitt in Studie 2:

	Ausgewählte Sensoren
Sensorgruppe	
Zentral	9, 43, 44, 52, 78, 79, 80, 88, 89, 100, 131, 132, 133, 144, 145, 186, 187, 257
Frontal	4, 5, 11, 12, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 32, 33, 37

E Hunger- und Appetiteinschätzungen

Studie 1

	Zustand: Satt						Zustand: Hungrig					
	PRÄ			POST			PRÄ			POST		
VP	Hunger	Appetit	… auf was	Hunger	Appetit	…auf was	Hunger	Appetit	… auf was	Hunger	Appetit	…auf was
1	1	0		2	3	Eis	8	8	Kuchen	8	9	Pizza
2	2	0		2	2		8	8	Schweinebraten mit Rotkohl und Kartoffeln	9	10	Stullen
3	2	0	Eis	6	7	Fleisch	7	8	Hähnchenfilet mit Sahne-Lauch-Soße	8	8	Fleisch
4	2	3	Eis bzw. Eisbecher	4	4	Fast Food	9	10	Broiler, Salat; 5 Gänge Menu	9	10	Spanferkel, Eisbein, Schnitzel, Eis, Bratkartoffeln
5	2	0	Zitroneneis	4	3	Zitroneneis	7	0		8	8	Brot, Salat, Würstchen
6	2	0		2	0		7	9	Mittagessen (herzhaft) oder Pizza	8	9	Braten mit Gemüse, Salat, Vanilleeis mit Himbeeren
7	2	0		4	4	Schokolade, Kekse, Kakao	8	10	egal: Hauptsache warm (Nudeln, Fleisch)	9	10	warme Mahlzeit; viel Fleisch
8	2	0		2	0		7	5	Vollkornbrot, Wurst, Käse	8	9	Spaghetti, Fleisch
9	2	0		3	3	vielleicht Eis	8	8	alles: egal ob süß, sauer, kalt, warm, herb	7	8	wie vorhin: auf alles; süß, herb, kalt, warm…
10	2	0		5	4	Pudding mit Himbeeren	8	8	Erdbeeren	9	10	Früchte
11	2	0		6	0		6	7	Cocopops mit Milch	8	8	Reis mit ?
12	2	0		4	0		8	9	Torte, Salat, Steak	8	9	Salat, Brötchen, Kuchen
13	2	0		2	0		8	9	Nudeln	8	10	Nudeln
14	3	0		2	0		8	8	Mittagessen -> Steak	8	9	Mittagessen -> Steak, Kartoffeln, …
15	4	0		6	0		8	8	Fleisch	8	8	Fleisch
16	2	0		3	5	Fast Food, Kekse	9	9	Pizza, Schokolade, Fast Food, Kakao, Broiler	9	10	Pizza, Schokolade, Kartoffelsalat, Fast Food

Studie 2

	Zustand: Satt						Zustand: Hungrig					
	PRÄ			POST			PRÄ			POST		
VP	Hunger	Appetit	… auf was	Hunger	Appetit	…auf was	Hunger	Appetit	… auf was	Hunger	Appetit	…auf was
1	2	0		3	0		6	0		5	7	Butterbrezel
2	2	0		2	0		7	1	eine volle Mahlzeit	2	7	eine volle Mahlzeit
3	6	0		6	0		7	0		8	0	
4	2	3		2	2		9	10		9	10	
5	2	0		2	0		8	8	Pizza	8	8	Hähnchen,Nudeln,Salat
6	2	0		4	2	etwas Süßes	9	5	alles	9	7	alles
7	4	0		6	0	etwas Süßes	5	0		7	7	eine Gemüsepfanne
8	5	0		7	5	Pizza	9	10	Maccaroni mit Käse und Schinken	9	10	Maccaroni mit Käse und Schinken
9	2	0		3	0		8	8	Spaghetti/Nudeln	7	4	Lasagne
10	1	0		2	0		5	0		7	1	Frikadellen
11	2	0		5	3		7	6	Spaghetti	8	7	Spaghetti
12	1	0		4	3		9	9		8	9	
13	1	0		4	2		8	8	alles	9	10	alles
14	5	0		5	0		7	5	alles	7	7	Chinesisch + Pizza
15	5	0		6	0		8	7	alles	8	7	alles
16	1	0		2	1		7	7	Schokolade, Käsebrot, o. ä.	8	8	Pizza, Süßes, alles
17	2	0		3	0		7	10	Schlachtplatte	8	10	Schlachtplatte mit Salat
18	5	1	ein wenig Salat	7	7	Hot Dog	8	6	Kuchen	9	8	Steak im Wecken
19	3	2	Nachtisch	3	2	Nachtisch (mit Schokolade)	9	7	alles	9	9	alles (wenn möglich salzig)
20	3	1	Süßes	3	0		8	8	Fleisch	9	10	Fleisch, Nudeln, Käse, Nachtisch
21	3	0		6	7	Pudding	5	4	eine Apfeltasche	8	8	Nudeln in Tomatensoße
22	2	1	Obst	2	0		8	10	einiges!	9	10	irgendetwas Herzhaftes...
23	6	3		6	5		8	10		9	10	
24	2	0		2	0		8	7		9	7	Sandwich
25	4	0		2	0		8	8	alles	8	9	alles
26	4	0		3	0		8	6	alles	9	7	alles
27	2	0		4	9	Süßes (Schokoladenkuchen)	7	7	Schnitzel, Pommes	8	9	Fleisch (Braten)
28	2	0		5	0		8	7	Pizza	8	8	Pizza
29	5	7	Vanillepudding	3	4	Lendchen	8	8	Rinderrouladen mit Kartoffelsalat	7		Schokolade
30	2	0		3	0		7	7	alles	8	10	Fleisch in jeder Form, Süßes
31	3	0		6	5	egal	8	9	egal	8	9	egal
32	3	0		8	9		7	7		8	9	

Beschreibung:
Subjektive Angaben zu Hunger und Appetit vor (PRÄ) und nach (POST) den Messungen in sattem und hungrigem Zustand. Die Skala zum Hunger reichte von +4 (entspricht 1: sehr satt) bis -4 (entspricht 9: sehr hungrig); siehe B_1/B_2. Die Skala zum Appetit reichte von 0 (kein Appetit) bis 10 (grosser Appetit); siehe B_1/B_2.

F Übersicht zum Ernährungs-Fragebogen (IEG)

Studie 1

VP	CODE	A	G	BMI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	D1-01	23	m	23,6	15,0	17,6	20,0	13,3	8,5	15,7	10,9	17,0	18,6	20,0	8,0	2,5	30,0	4,4	16,7	23,3	6,7	2,0	16,7	6,7	20,0	22,0	8,0
2	D1-02	19	m	22,5	24,0	14,1	11,3	20,0	0,5	0,7	2,7	5,0	18,6	3,6	22,0	7,5	6,7		3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	14,0	2,0	12,0
3	D1-03	23	m	22,2	26,0	18,8	23,8	22,2	14,0	6,4	7,3	6,0	8,6	11,8	16,0	17,5	16,7		10,0	8,3	11,7	6,0	13,3	11,7	22,0	10,0	16,0
4	D1-05	24	m	25,1	12,0	11,2	23,8	11,1	3,0	2,1	3,6	7,0	22,9	10,0	4,0	5,0	26,7		3,3	8,3	1,7	0,0	3,3	5,0	18,0	12,0	4,0
5	D1-06	26	m	21,0	19,0	11,8	13,8	16,7	4,5	10,0	5,5	17,0	21,4	4,5	20,0	2,5	6,7	1,9	0,0	6,7	0,0	0,0	3,3	3,3	12,0	14,0	2,0
6	D1-07	22	m	28,1	26,0	12,9	18,8	16,7	6,0	18,6	6,4	10,0	25,7	13,6	4,0	10,0	26,7	10,0	3,3	21,7	1,7	0,0	0,0	5,0	26,0	22,0	10,0
7	D1-09	24	m	25,6	17,0	13,5	15,0	21,1	6,0	10,0	4,0	15,0	12,9	13,6	10,0	0,0	16,7	3,1						3,0	10,0	8,0	3,0
8	D1-10	21	m	20,9	17,0	12,9	17,5	11,1	2,5	2,9	1,8	12,0	20,0	4,5	10,0	2,5	10,0		3,3	5,0	3,3	2,0	3,3	5,0	16,0	16,0	2,0
9	D1-11	23	m	23,0	22,0	13,5	13,8	12,2	2,5	10,0	5,5	15,0	11,0	12,0	9,0	2,0	1,0	0,0	6,0	9,0	6,0	0,0	0,0	6,0	9,0	5,0	5,0
10	D1-13	24	m	22,0	21,0	11,8	15,0	18,9	1,0	0,7	0,0	18,0	21,4	14,5	12,0	10,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	2,0	0,0
11	D1-14	27	m	21,5	13,0	14,7	20,0	18,9	2,5	2,1	15,5	24,0	15,7	12,7	16,0	7,5	20,0		5,0	0,0	8,3	0,0	3,3	6,7	18,0	14,0	16,0
12	D1-15	27	m	18,9	19,0	8,2	5,0	6,7	3,0	2,1	0,0	20,0	27,1	8,2	18,0	12,5	0,0		0,0	5,0	0,0	0,0	6,7	3,3	12,0	12,0	4,0
13	D1-16	40	m	24,0	22,0	21,2	25,0	17,8	18,0	7,1	0,9	23,0	17,1	8,2	20,0	10,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	1,7	14,0	14,0	10,0
14	D1-20	25	m	22,3	8,0	11,8	11,3	10,0	2,0	2,1	0,9	12,0	24,3	15,5	10,0	10,0	20,0		1,7	0,0	1,7	2,0	6,7	5,0	14,0	6,0	4,0
15	D1-24	21	m	24,9	12,0	11,2	2,5	4,4	0,0	5,0	9,1	22,0	30,0	21,8	25,0	5,0	0,0		1,7	0,0	1,7	0,0	0,0	3,3	14,0	6,0	4,0
16	D1-25	20	m	25,0	26,0	21,2	27,5	22,2	14,5	10,0	10,0	14,0	18,6	10,9	20,0	27,5	13,3	8,1	1,7	6,7	1,7	0,0	3,3	5,0	18,0	4,0	8,0

Studie 2

VP	CODE	A	G	BMI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	D2-01	25	w	21,6	17,0	12,9	22,5	14,4	2,0	5,7	1,8	9,0	18,6	20,9	10,0	7,5	3,3		0,0	5,0	0,0	0,0	16,7	8,3	24,0	12,0	6,0
2	D2-02	26	w	22,5	21,0	13,5	11,3	20,0	13,5	12,9	8,2	20,0	18,6	19,1	20,0	7,5	0,0	6,3	8,3	11,7	11,7	2,0	0,0	6,7	4,0	12,0	12,0
3	D2-03	22	w	20,7	10,0	10,6	21,3	14,4	1,5	0,7	3,6	25,0	20,0	8,2	30,0	7,5	0,0	0,0	13,3	6,7	0,0	2,0	0,0	5,0	22,0	0,0	8,0
4	D2-04	19	w	23,4	20,0	14,1	20,0	14,4	23,5	5,0	1,8	18,0	30,0	10,9	22,0	0,0	3,3	0,6	1,7	13,3	0,0	4,0	0,0	8,3	16,0	14,0	26,0
5	D2-05	26	w	22,5	20,0	2,4	22,5	14,4	0,5	8,6	0,0	25,0	21,4	4,5	8,0	0,0	0,0	1,3						5,0	26,0	20,0	4,0
6	D2-06	24	w	20,5	21,0	11,8	12,5	21,1	5,5	13,6	11,8	19,0	11,4	4,5	14,0	2,5	10,0	1,9	15,0	10,0	5,0	0,0	0,0	8,3	16,0	8,0	2,0
7	D2-07	33	w	21,2	26,0	12,9	22,5	17,8	5,0	5,7	5,5	28,0	27,1	14,5	8,0	5,0	20,0	0,0						10,0	12,0	6,0	8,0
8	D2-08	21	w	20,5	11,0	11,8	11,3	2,2	0,0	7,1	8,2	28,0	30,0	8,2	18,0	0,0	0,0	0,0						1,7	16,0	4,0	6,0
9	D2-09	20	w	21,7	22,0	10,0	12,5	21,1	0,0	5,0	7,3	19,0	24,3	0,0	16,0	2,5	16,7	0,6									
10	D2-10	22	w	19,8	21,0	8,8	8,8	12,2	3,0	2,9	3,6	17,0	21,4	14,5	14,0	2,5	3,3	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	8,0	0,0
11	D2-11	19	w	20,5	23,0	13,5	17,5	14,4	9,0	8,6	7,3	11,0	27,1	2,7	6,0	5,0	0,0		1,7	6,7	0,0	0,0	0,0	11,7	24,0	6,0	12,0
12	D2-12	24	w	22,7	12,0	10,0	16,3	14,4	0,5	9,3	6,4	16,0	25,7	7,3	14,0	0,0	10,0	0,0						1,7	16,0	16,0	2,0
13	D2-13	22	w	20,9	28,0	4,1	10,0	25,6	0,0	0,0	2,7	27,0	15,7	2,7	20,0	2,5	20,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0	2,0	0,0
14	D2-14	21	w	20,1	12,0	11,2	13,8	14,4	10,0	4,3	2,7	17,0	25,7	0,9	20,0	10,0	16,7	0,0	5,0	3,3	8,3	2,0	16,7	11,7	14,0	14,0	18,0
15	D2-15	23	w	20,2	14,0	8,2	5,0	7,8	1,0	16,9	20,0	24,0	15,7	9,1	16,0	5,0	13,3	3,1	25,0	28,3	8,3	6,0	3,3	8,3	28,0	10,0	8,0
16	D2-16	20	w	20,3	23,0	8,8	25,0	16,7	8,5	4,3	9,1	26,0	24,3	7,3	12,0	2,5	6,7	0,0	8,3	10,0	0,0	0,0	0,0	1,7	20,0	6,0	2,0
17	D2-17	27	m	23,5	24,0	6,5	15,0	15,6	0,0	3,6	2,7	29,0	15,7	0,9	20,0	0,0	16,7		0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	1,7	20,0	4,0	0,0
18	D2-18	22	m	23,8	22,0	12,9	21,3	22,2	4,5	17,9	11,8	23,0	17,1	17,3	10,0	5,0	20,0	2,5	13,3	18,3	1,7	2,0	0,0	5,0	24,0	0,0	12,0
19	D2-19	20	m	21,0	22,0	11,9	10,0	15,6	0,5	5,7	6,4	20,0	27,1	10,9	14,0	2,5	6,7	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	5,0	12,0	4,0	8,0
20	D2-20	21	m	23,3	27,0	19,4	15,0	22,0	12,5	5,7	7,3	16,0	12,9	2,7	26,0	2,5	10,0	0,6	5,0	6,7	1,7	0,0	6,7	11,7	14,0	12,0	14,0
21	D2-21	21	m	22,7	20,0	15,3	13,8	17,8	2,5	7,1	16,4	14,0	12,9	20,0	20,0	7,5	13,3	0,0						5,0	18,0	8,0	6,0
22	D2-22	23	m	22,4	11,0	8,2	15,0	15,6	1,0	7,1	3,6	22,0	17,1	16,4	8,0	5,0	13,3	0,6						6,7	22,0	18,0	0,0
23	D2-23	24	m	22,2	24,0	14,1	16,3	15,6	1,0	2,1	2,7	13,0	24,3	17,3	18,0	5,0	16,7		0,0	5,0	0,0	0,0	10,0	10,0	24,0	24,0	12,0
24	D2-24	24	m	19,9	20,0	14,7	26,3	16,7	10,5	5,0	7,3	13,0	21,4	23,6	18,0	5,0	6,7	0,0						6,7	14,0	10,0	10,0
25	D2-25	22	m	20,7	22,0	5,9	15,0	16,7	2,0	3,6	2,7	17,0	28,6	7,3	6,0	2,5	3,3	0,0						6,7	16,0	8,0	4,0
26	D2-26	21	m	19,9	13,0	12,9	15,0	20,0	0,0	2,1	0,0	23,0	25,7	18,2	8,0	0,0	3,3		0,0	3,3	0,0	0,0	3,3	10,0	16,0	20,0	10,0
27	D2-27	33	m	24,9	22,0	14,1	13,8	10,0	9,5	10,0	0,9	15,0	28,6	8,2	24,0	10,0	20,0	0,0						6,7	12,0	6,0	2,0
28	D2-28	26	m	21,3	10,0	10,0	15,0	12,2	2,1	2,1	1,8	8,0	17,1	11,8	12,0	10,0	13,3		0,0	3,3	0,0	0,0	20,0	8,3	18,0	12,0	6,0
29	D2-28	24	m	22,7	21,0	20,0	17,5	22,2	16,5	15,7	8,2	21,0	11,4	11,8	26,0	10,0	0,0	4,4	16,7	15,0	16,7	2,0	0,0	13,3	18,0	12,0	6,0
30	D2-30	23	m	22,0	6,0	2,9	15,0	6,7	0,0	0,7	2,7	16,0	12,9	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	5,0	0,0	0,0	3,3	1,7	14,0	10,0	0,0
31	D2-31	24	m	22,8	21,0	14,1	13,8	17,8	2,0	2,3	0,9	16,0	21,4	24,5	20,0	17,5	13,3	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	8,3	28,0	12,0	10,0
32	D2-32	25	m	20,2	27,0	8,2	6,3	20,0	0,0	9,3	8,2	16,0	17,1	10,0	2,0	2,5	3,3	0,0	8,3	0,0	1,7	0,0	6,7	10,0	14,0	10,0	10,0

Bedeutung der Skalen:

Skala	Bedeutung	Skala	Bedeutung
A	Alter	11	Essen zwischen den Mahlzeiten
G	Geschlecht	12	Nächtliches Essen
BMI	Body Mass Index	13	Esszwänge in der Kindheit
		14	Belastung durch Übergewicht
1	Einstellung zum Essen (Stellenwert des Essens)	15	Angst vor Gewichtszunahme
2	Stärke und Auslösbarkeit des Essbedürfnisses	16	Unzufriedenheit mit der Figur
3	Sozial-situative Auslöser für Mehressen	17	Bulimie (Ess-/Fressanfälle)
4	Wirkung des Essens	18	Übelkeit und Erbrechen nach dem Essen
5	Essen als Mittel gegen (emotionale) Belastung	19	Gefühl „äußerer Esszwänge"
6	Essen und Gewicht als Problem	20	Überforderungs- und Minderwertigkeitsgefühle
7	Zügelung des Essens	21	Perfektionismus und Leistungsmotiviertheit
8	Einstellung zur gesunden Ernährung	22	Zwischenmenschliche Verschlossenheit
9	Einstellung zu Übergewichtigen	23	Angst vor den eigenen Gefühlen
10	Essgeschwindigkeit		

Anmerkungen:

Einzelskalen von 0 bis 30 (standardisierte Kennwerte):
0 = trifft nicht zu
10 = trifft überwiegend nicht zu
20 = trifft überwiegend zu
30 = trifft zu

Kennzeichnung:
(ohne) **0-10**
10-20
20-30

leere Zellen in Skalen 14-23: bei vorhergehender Verneinung indizierender Items
Einzelheiten zu den Skalen siehe: Diehl & Staufenbiehl (1999)

Abstract (english)

In two consecutive studies it was investigated whether food deprivation influences the cortical processing of food pictures. Participants viewed series of appetitive food and various control pictures in two sessions, one in satiated state and one after 24 hours of food deprivation. The pictures were shown in rapid continuous streams in pseudo-randomized order with a duration of 333 ms per picture in the first and 666 ms in the second study. Results revealed modulations in the event-related potential in early (180 - 320 ms) and late (450 - 600 ms) processing stages. Analyses of the control pictures revealed that the effects of deprivation were specific for the state-relevant category of food cues. The findings of the two studies provide evidence for the enhanced processing of food pictures when being food deprived. These alterations in cortical processing of relevant stimuli can be due to an evolutionary useful mechanism in order to optimize the search and identification of possible food sources.

Key words:
Food cues, deprivation, event-related potentials, rapid serial visual presentation

Abstract (deutsch)

Die vorliegende Arbeit untersuchte den Einfluss des motivationalen Zustandes auf die Verarbeitung von Nahrungsreizen. Die Relevanz von Essensreizen ist zustandsabhängig und steigt im hungrigen Zustand. Diese Arbeit prüfte die Annahme, dass sich für Essensbilder spezifische Modulationen in der kortikalen Verarbeitung nach Nahrungsdeprivation beobachten lassen. In einer ersten Studie wurden Essensbilder in rascher Darbietungsweise gezeigt. Die Probanden wurden im Abstand einer Woche in balancierter Reihung satt und hungrig untersucht. Die ereigniskorrelierten Potentiale ergaben spezifische Veränderungen bei der Betrachtung von Essensbildern nach Deprivation im Zeitfenster zwischen 180 und 320 ms. Die Topographie der Differenz von hungrigem und sattem Zustand zeigte positive Differenzen über parietalen sowie negative Differenzen über temporo-okzipitalen Bereichen. Die Darstellungen potentieller Generatorstrukturen lieferten Hinweise auf eine verstärkte Verarbeitung in visuellen Kortexbereichen für Essensbilder im hungrigen Zustand. Diese Befunde sprachen für eine erleichterte Verarbeitung von Essensbildern nach Deprivation. In einer zweiten Studie wurden zusätzlich späte Potentialveränderungen untersucht. Diese späten Potentiale ergaben erhöhte Amplituden positiver Potentiale über posterioren Bereichen für Essensbilder im hungrigen Zustand. Die Quellenschätzungen zeigten, dass vor allem extrastriäre Bereiche im hungrigen Zustand verstärkt aktiv waren. Diese Ergebnisse können als Hinweis auf eine elaboriertere Verarbeitung zustandsrelevanter Essensbilder nach Nahrungsdeprivation verstanden werden. Eine verstärkte Verarbeitung von Nahrungsreizen im hungrigen Zustand kann im Sinne einer optimierten Exploration der Umgebung und Identifikation potentieller Nährstoffquellen als überlebensrelevanter Mechanismus der menschlichen Wahrnehmung verstanden werden.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.
Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät vorgelegt worden.
Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Anerkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

_____

Jessica Stockburger

Lebenslauf

Jessica Stockburger

Alter Wall 6
78467 Konstanz
nezours@gmx.de
geb.: 19.05.1977 in Trier/Rheinland-Pfalz

Schulausbildung

1983 bis 1987	Grundschule Trier-Ehrang
1987 bis 1996	Friedrich-Spee-Gymnasium Trier Abschluß: Abitur

Berufsausbildung

Oktober 1996 bis November 2001	Hauptfachstudium Psychologie Wahlpflichtfach: Psychiatrie Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald Abschluß: Diplom

Berufstätigkeit

Dezember 2001 bis November 2003	Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald Physiologische und Klinische Psychologie / Psychotherapie 17487 Greifswald Anstellung: wiss. Mitarbeiterin
November 2003 bis Dezember 2006	Universität Konstanz Allgemeine Psychologie 78457 Konstanz Anstellung: wiss. Mitarbeiterin

_____

Jessica Stockburger