

**Die Wahrnehmung der affektiven Ausdrücke
von Ärger und Angst:
Hinweise auf schnelle und langsame Verarbeitung
bedrohlicher Gesichter**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Philosophischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität
zu Kiel

vorgelegt von

Ole Traupe

Kiel
(2012)

Erstgutachter: Prof. Dr. Christian Kaernbach

Zweitgutachter: Prof. Dr. Günter Köhnken

Drittgutachterin: Prof. Dr. Katja Werheid

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Mai 2012

Durch den zweiten Prodekan, Prof. Dr. Michael Düring

zum Druck genehmigt am: 30. Mai 2012

Danksagung

Meinen liebenden Eltern, meinem unschätzbar wertvollen Bruder und seiner wunderbaren Frau für ihr Verständnis, ihre Unterstützung und ihren beständigen Rückhalt.

Meinen Freundinnen und Freunden, Sportkolleginnen und -kollegen für ihre Geduld mit einem Promovenden, der die verschiedenen Stadien einer mehrjährigen wissenschaftlichen Arbeit durchläuft.

Meinem Betreuer Christian Kaernbach für die verschiedensten Dinge, von denen ich sicher einige längst vergessen habe: für sein Vertrauen, für Anregungen und Freiheiten, für nahezu unbegrenzte Möglichkeiten; für elaborierte (und bisweilen etwas verspielte) Methoden und nicht zuletzt natürlich auch für seine finanzielle Unterstützung in Bezug auf Ausstattung und Tagungsbesuche.

Meinem zweiten Betreuer Christian Wiesner, der sicher nicht erwartet hatte, dass die Zusage seiner profunden (!) Unterstützung für die Durchführung eines fMRT-Experiments – über unsere Freundschaft hinaus – über mehrere Jahre einen intensiven beruflichen Kontakt, einen (hoffentlich für beiden Seiten) fruchtbaren Dialog zur Folge hat.

Unserer perfekt organisierten, ebenso umsichtigen und allwissenden Claudia Gegner.

Meinem guten Freund und ehemaligen Kollegen Mathias Benedek für seine Expertise hinsichtlich Matlab und EDA; vor allem aber für Verständnis, Ruhe und Geduld.

Meinen derzeitigen und ehemaligen Kolleginnen und Kollegen, den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, Hiwis und Hiwinen, Praktikantinnen und Praktikanten des Instituts für Psychologie der CAU Kiel und unserer Arbeitsgruppe, die mich in meiner Arbeit unterstützt haben; insbesondere Joachim Zietlow, Bernd Sojka, Sven Form, Anne Pacho, Marc Allgeier, Yumin Liang, Soraida Velazquez-Revé, Kai-Philip Otte, Jessica Wichmann...

Den Professoren und den weiteren Lehrenden des Instituts für Psychologie der CAU Kiel, die durch ihre Sicht auf die Welt und auf die Psychologie mein Denken und meine Forschungsinteressen wesentlich mitbestimmt haben; insbesondere Herrn Mausfeld, Herrn Andres, Herrn Köhnken und Herrn Simon.

Der Leitung und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Neuroradiologie des Universitätsklinikums Kiel; insbesondere Dipl.-Phys. Stephan Wolff, Prof. Dr. Olaf Jansen, und Dipl.-Phys. Michael Helle.

Thilo van Eimeren und Til Ole Bergmann aus der Arbeitsgruppe „Funktionelle Bildgebung“ der Klinik für Neurologie des Universitätsklinikums Kiel.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Rechenzentrums der CAU Kiel, die mich in meinen Tätigkeiten während meiner Promotionszeit hervorragend unterstützt haben; insbesondere Larisa Rebelein und dem Team vom PC-Support.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern von MindMedia BV für die verlässliche Unterstützung bei physiologischen Messaufbauten; insbesondere Thomas Baumgartner und Angelique Smeets (ehem. van der Ben).

Dem Entwicklungsteam der PsychToolbox für Matlab; stellvertretend Mario Kleiner.

Nicht zuletzt Rolf Waßhausen für seine Unterstützung in sämtlichen Lebenslagen.

Meiner Familie

Vorwort

Die vorliegende Form der Dissertation ist gewissermaßen ein Zwitterwesen, das aus unterschiedlichen Traditionen für die Veröffentlichung wissenschaftlicher Ergebnisse hervorgeht. Der Hauptteil der Arbeit entspricht mit seiner Artikelform der in der psychologischen Grundlagenforschung verbreiteten Praxis, möglichst früh in der wissenschaftlichen Karriere mit der Veröffentlichung von Forschungsergebnissen in internationalen Fachmagazinen zu beginnen. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass in der Fachwelt allein aus Ökonomiegründen eher Arbeiten gelesen und zitiert werden, die von ihrer Struktur, ihrem Umfang und nicht zuletzt hinsichtlich ihrer Sprache für ihre vergleichsweise schnelle Erschließung optimiert sind. An psychologischen Themen forscht nicht nur die Psychologie selbst, sondern neben der Philosophie, der Soziologie, der Pädagogik, den Musikwissenschaften, den Wirtschaftswissenschaften etc. unter anderem auch die Medizin und nicht zuletzt die integrativen Neurowissenschaften. Gerade für die letzten beiden Disziplinen sind jedoch Veröffentlichungen von Forschungsergebnissen in Fachmagazinen von vorrangiger Bedeutung. Sollen also die Ergebnisse psychologischer Forschung eine vergleichbare Beachtung finden, müssen ihre Veröffentlichungen dieser Vorgehensweise angepasst werden.

Diese Veröffentlichungen sind jedoch meist in sehr kondensierter Form geschrieben und mit einer Vielzahl von Bezügen auf andere Arbeiten versehen, sodass ihre Lesbarkeit für ein fachfremdes Publikum nicht unbedingt gegeben ist. Aus diesem Grund ist diese Arbeit mit einem Rahmentext versehen worden, der es einer möglichst breiten Leserschaft ermöglichen soll, die wesentlichen Aspekte von theoretischer und empirischer Ausgangslage, methodischen Überlegungen und Versuchsergebnissen einschließlich ihrer Interpretation nachzuvollziehen. Dieser Rahmentext ist gemäß der Tradition der Philosophischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität (CAU) zu Kiel in deutscher Sprache abgefasst.

Der erste Teil dieses Rahmentextes zeigt unter anderem auf, wie sich die Psychologie mit unbewussten Verarbeitungsprozessen befasst, skizziert hierin grob den Wandel im Verlauf des letzten Jahrhunderts und berücksichtigt dabei insbesondere die Verwendung affektiver Gesichtsausdrücke als Reizmaterial. Hieraus wird schließlich die Hauptfragestellung abgeleitet, die ihrerseits in getrennt untersuchbare Teilfragestellungen zerfällt. Diese Darstellung führt in relevante Teile der Bewusstseinsforschung ein und fügt dabei diejenigen Informationen zusammen, die zur Durchführung des Projekts geführt haben.

Naturgemäß wird diese Einführung nicht an jeder Stelle bis ins Detail mit Literaturverweisen unterlegt. In Teilen führt sie eine Reihe eigener Gedanken und Argumentationslinien auf, die sich im Laufe des Projektes ergeben haben. Es wird jedoch gekennzeichnet, welche Sichtweisen von der Fachwelt weitgehend geteilt werden bzw. in wie weit sie kontrovers sind, und welche Bereiche lediglich Schlussfolgerungen oder Spekulationen darstellen. Und natürlich werden Literaturverweise an Stellen aufgeführt, die sich explizit auf die Arbeiten bestimmter Forscher beziehen.

Der zweite Teil nennt zunächst diejenigen theoretischen und empirischen Hintergründe, die für die Planung des Gesamtprojektes berücksichtigt werden mussten. Anschließend legt er dar, anhand welcher Methoden die Untersuchung vorgenommen wurde, welche konkreten Teilexperimente sich aus der Planung ergaben, und welche Erkenntnisse von ihnen erwartet werden konnten. Dabei wurden Hypothesen formuliert, sofern der Hintergrund solche zugelassen hat. Insbesondere wird erläutert, welche grundsätzlichen methodischen Entscheidungen getroffen werden mussten, welche Gründe für die gewählten Alternativen vorlagen, und wie sich diese Entscheidungen auf die Versuchsplanung ausgewirkt haben. Dieser Teil nimmt detaillierten Bezug auf bisherige Befunde.

Nach der nun folgenden, in sich geschlossenen, Beschreibung der Teilexperimente und ihrer Ergebnisse kehrt ein übergreifender Diskussionsteil zur Fragestellung zurück und zeigt auf, wieweit sie beantwortet wurde, welche wesentlichen Probleme hierbei auftraten, wie diese möglicherweise lösbar sind, und welche Bedeutung die erzielten Ergebnisse für die künftige psychologische Forschung haben.

Zusammenfassung

Ein Gesichtsausdruck von Ärger wird leichter erkannt und löst eine stärkere affektive Reaktion in einem Betrachter aus, wenn Blickkontakt vorliegt. Ein angstvoller Ausdruck hat hingegen eine stärkere Wirkung, wenn der Blick der betrachteten Person auf die Umgebung gerichtet ist. Eine Interpretation dieses Befundes zielt auf die Bedrohlichkeit der betrachteten Gesichter ab: Ärger legt bei direktem Blick eine unmittelbare Bedrohung nahe, Angst weist bei abgewandtem Blick auf eine mögliche Bedrohung in einer geteilten Umwelt hin. Die Verarbeitung von Bedrohungsinformationen aus Gesichtern könnte durch ein spezialisiertes mentales und hirnpfysiologisches Organ, ein sogenanntes „Modul“ erfolgen, das unabhängig von Bewusstsein operiert und in dem die Amygdala eine zentrale Rolle einnimmt. Die Amygdala ist eine Hirnstruktur, die mit schneller Gefahrenerkennung und unwillkürlichen Schutzreaktionen in Verbindung gebracht wird. Unklar war bislang, ob sich die genannten Reize tatsächlich durch eine vergleichsweise stärkere Bedrohlichkeit auszeichnen, und ob der obige Interaktionsbefund – hinsichtlich der Aktivierung der Amygdala und des Verhalten von Versuchspersonen – auch in Abwesenheit voll ausgeprägten Reizbewusstseins vorliegt. Das Projekt hat diese Fragen untersucht.

Zunächst konnte gezeigt werden, dass die Stärke der Schreckreaktion, die während der Betrachtung von Bildern ausgelöst wird, die Bedrohlichkeit widerspiegelt, die Versuchspersonen subjektiv durch sie empfinden. Anhand der Schreckreaktion als einem objektiven Bedrohungsmaß konnte anschließend bestätigt werden, dass Ärgerausdrücke mit direktem Blick (Blickkontakt) und Angstausdrücke mit abgewandtem Blick eine stärkere Bedrohung hervorrufen als die beiden komplementären Reizbedingungen. In einem dritten Experiment wurden diese Reize schließlich so präsentiert, dass sie keinen voll ausgeprägten Bewusstheitseindruck hervorrufen konnten. Dies geschah durch ihre sehr kurze Darbietung einschließlich eines unmittelbar darauf folgenden zweiten Reizes, der den Eindruck des ersten zeitlich überlagerte. Trotz dieser erschwerten Sehbedingungen zeigten Versuchspersonen im Erkennen der Reizkategorien Unterschiede, die mit der bevorzugten Verarbeitung besonders bedrohlicher Gesichter – Ärgerausdrücke mit direktem und Angstausdrücke mit abgewandtem Blick – kompatibel sind.

Zusätzlich wurde in diesem dritten Experiment die Beteiligung verschiedener Hirnstrukturen untersucht. Für die Amygdala zeigte sich ein uneinheitlicher Befund: Während Ärgerausdrücke die Amygdala unabhängig von einem bewussten Seheindruck zu aktivieren

schienen, waren Angsausdrücke offenbar auf einen solchen angewiesen. Dieses zweite Ergebnis passt zu Befunden anderer Forscher, die eine Aktivierung der Amygdala durch beobachtete Angst (im Gegensatz zu Ärger) mit der aufmerksamkeitsbasierten Lokalisation möglicher Gefahren in Verbindung bringen.

Somit legt diese Arbeit nahe, dass zumindest für Ärgerausdrücke der Einfluss der Blickrichtung auf ihre Verarbeitung auf der Funktionsweise eines spezialisierten Moduls zur Bedrohungsermittlung beruht. Blickrichtungseinflüsse auf die Angstwahrnehmung hingegen scheinen anteilig auf bewusster Reizverarbeitung zu beruhen, auch wenn diese ebenfalls zu gesteigerter Bedrohlichkeit führen kann. Für die funktionale Rolle der Amygdala muss dies kein Widerspruch sein, da sie eine komplexe Struktur ist und daher an unterschiedlichen Hirnfunktionen beteiligt sein kann.

Inhaltsverzeichnis

Teil 1: Einleitung.....	1
a) Bewusstsein und unbewusste Verarbeitung: Arbeitsdefinitionen.....	3
b) Erschütterungen des anthropozentrischen Weltbilds.....	5
c) Evolutionäre Anpassungsleistungen als Kandidaten für unbewusste Verarbeitung.....	9
d) Affektive Gesichtsausdrücke als zentrale und invariante Informationsquelle.....	16
e) Fragestellung des Projekts.....	20
Literatur.....	25
Teil 2: Hintergrund.....	29
a) Übergreifender theoretischer und empirischer Hintergrund.....	31
b) Wesentliche methodische Entscheidungen und Aufgliederung in Teilerperimente.....	48
c) Zusammenfassung von Hintergrund und Methode, Formulierung von Hypothesen.....	68
Literatur.....	70
Teil 3: Experiment I: Threat Determines Affective Startle Modification.....	77
a) Introduction.....	79
b) Method.....	80
c) Results.....	83
d) Discussion.....	86
References.....	91
Teil 4: Experiment II: Gaze Influences on Startle Modification by Affective Faces.....	93
a) Introduction.....	95
b) Method.....	96
c) Results.....	98
d) Discussion.....	99
References.....	105
Teil 5: Experiment III: An fMRI investigation of backward masked facial displays of threat.....	109
a) Introduction.....	111
b) Method.....	113
c) Results.....	116
d) Discussion.....	121
References.....	129

Teil 6: Diskussion.....	135
a) Experiment I: Threat Determines Affective Startle Modification	138
b) Experiment II: Gaze Influences on Startle Modification by Affective Faces.....	145
c) Experiment III: An fMRI investigation of backward masked facial displays of threat .	156
d) Übergreifende Diskussion der Projektergebnisse	175
e) Fazit und Zukunftsperspektiven	183
Literatur	186

Teil 1: Einleitung

Die Untersuchung unbewusster mentaler Vorgänge in der Psychologie: von der Ich-Vorstellung Sigmund Freuds zu einem Modul für die unwillkürliche Interpretation affektiver Gesichtsausdrücke.

Inhalt

a) Bewusstsein und unbewusste Verarbeitung: Arbeitsdefinitionen.....	3
b) Erschütterungen des anthropozentrischen Weltbilds.....	5
c) Evolutionäre Anpassungsleistungen als Kandidaten für unbewusste Verarbeitung.....	9
d) Affektive Gesichtsausdrücke als zentrale und invariante Informationsquelle.....	16
e) Fragestellung des Projekts.....	20
Literatur.....	25

a) *Bewusstsein und unbewusste Verarbeitung: Arbeitsdefinitionen*

Da das Konzept der „unbewussten Verarbeitung“ eine zentrale Position in dieser Arbeit einnimmt, muss zunächst geklärt werden, was im Folgenden mit Bewusstsein gemeint sein soll. Viele Autoren vermeiden die Verwendung des Bewusstseinsbegriffs, weil mit ihm sehr unterschiedliche Konzepte verbunden werden, die – nicht nur im Rahmen von *psychologischen* Experimenten – sehr verschiedene Implikationen besitzen und Vorhersagen liefern. Stattdessen verwenden sie etwa Formulierungen wie „vorbewusst“: ein Begriff, der hervorheben soll, dass damit gemeinte Informationen an einem unbewussten Vorgang beteiligt sind, grundsätzlich aber bewusst werden können; „präattentiv“: ein vergleichsweise unzugänglicher Zustand von Informationen, dessen Benennung darauf abzielt, dass Aufmerksamkeitsprozesse nur auf bewusste Informationen fokussieren können; oder einfach „unbemerkt“: eine vergleichsweise sparsame Sicht auf unbewusste Verarbeitung, die lediglich erfordert, dass mit der Verhaltenswirksamkeit von Sinnesinformationen kein feststellbares Erleben einhergeht.

Ein bekanntes Beispiel für unterschiedliche Implikationen von Bewusstseinsbegriffen ist die Unterscheidung von erlebensbezogenem und verarbeitungswirksamem Bewusstsein (Block, 1998). Erlebensbezogenes oder *phänomenales Bewusstsein* (engl.: phenomenal consciousness) entsteht demnach in der Regel im Zuge der Wahrnehmung von (in Bezug auf den Organismus) internen oder externen Zuständen oder Vorgängen (kurz: Ereignissen) und zeichnet sich durch einen unmittelbar empfundenen Eindruck des Ereignisses und seiner Beziehung zum Wahrnehmenden aus. Im Gegensatz dazu stellt verarbeitungswirksames oder *Zugangsbewusstsein* (engl.: access consciousness) die Basis für eine übergeordnete und flexible mentale Informationsverarbeitung dar. Zugangsbewusstsein von mentalen Inhalten entsteht nach dieser Sichtweise dadurch, dass Informationen, ihrerseits selbst Ergebnisse von Verarbeitungsprozessen, in einer unspezifischen Weise vielen weiteren möglichen Prozessen zur Verfügung gestellt werden, und zwar in einem informationalen Format, das keine Spezifität für bestimmte mentale Instanzen aufweist.

Ein illustratives Beispiel zur Unterscheidung von phänomenalem und Zugangsbewusstsein ist die Wahrnehmung eines kontinuierlichen Geräusches, das erst in dem Augenblick bewusst zu werden scheint, in dem es aufhört (beispielsweise das Summen eines Kühlschrankkompressors; Block, 1998). Während diese Beschreibung unser Alltagsverständnis von Bewusstsein sehr genau trifft, würde die Unterscheidung von phänomenalem und Zugangsbewusstsein für diesen Fall bedeuten, dass ohne Weiteres über

die gesamte Dauer des wahrnehmbaren Geräusches phänomenales Bewusstsein vorgelegen haben kann. Erst sein Verstummen hätte jedoch eine hinreichende Signalwirkung, sodass die Information über den relativ überdauernden Sinneseindruck (und sein plötzliches Ausbleiben) anderen mentalen Instanzen zur Verfügung gestellt wird. Erst dann könnten viele weitere mentale Operationen wie bspw. Aufmerksamkeitsrichtung, Gedächtnisbildung etc. auf diesen Informationen ausgeführt werden. Eine wesentliche Implikation dieser beiden Facetten von Bewusstsein ist somit, dass sie nicht zwangsläufig gemeinsam auftreten müssen, und dass ein Fokussieren weder auf den einen noch den anderen Aspekt geeignet ist zu entscheiden, ob ein Individuum zu einem bestimmten Zeitpunkt Bewusstheit bzgl. wahrgenommener Ereignisse aufweist. Man könnte sogar behaupten, dass der Versuch einer einheitlichen Definition des Bewusstseinskonzepts aufgrund seiner offenkundigen Heterogenität grundsätzlich zum Scheitern verurteilt sein muss.

Zwei Gründe sprechen aber dafür, den Bewusstseinsbegriff in dieser Einleitung zu verwenden: Einerseits richtet sie sich an ein breites Publikum, und es wäre ihrem Zweck nicht dienlich, wenn sie mit einer Unterscheidung von Konzepten beginnen würde, die selbst etablierte Forscher nicht immer durchhalten können. Darüber hinaus erscheint es bei genauerer Betrachtung häufig so, dass viele alternative Begriffe, gleichsam durch die Hintertür, genau diejenigen Konzepte wieder einführen, die mit dem Bewusstseinsbegriff assoziiert sind und die, zum Zwecke einer sparsamen und widerspruchsfreien Theoriebildung, zu Beginn der jeweiligen Betrachtung „über Bord geworfen“ wurden. Dennoch soll hier der Versuch einer eher sparsamen, und somit möglichst unkontroversen, Arbeitsdefinition von Bewusstsein unternommen werden. Bewusstsein wird im Folgenden als eine Art unmittelbarer Erfahrung mentaler Inhalte verstanden, die häufig mit Wahrnehmungs- und Denkvorgängen einhergeht, und die sich vermutlich entwickelt hat, um solche Verarbeitungsprozesse zu unterstützen, für die phylogenetisch entwickelte, spezialisierte, eigenständig und abgeschlossen operierende Module zu einer nicht mehr ganz angemessenen Lösung für viele Anpassungsprobleme geführt haben. Eine genauer Beschreibung des Modulbegriffs (vgl. Fodor, 1983) findet sich weiter unten.

Zu dieser Definition passend, und von den oben genannten Alternativen am ehesten mit dem Begriff der „Unbemertheit“ verwandt, soll unbewusste Verarbeitung im Folgenden als die Verarbeitung wahrgenommener Informationen verstanden werden, die im Rahmen eines psychologischen Experiments in Form von Variablen definiert werden können, und die zu messbaren, in Form von Hypothesen erwarteten, Verhaltensergebnissen führen, sodass Versuchspersonen weder explizite noch implizite Hinweis für die (ggf. vorübergehende)

Erfahrung dieser Informationen aufweisen. Diese Definition ist sinnvoll, da man sich klar machen muss, dass unbewusste Informationsverarbeitung als solche an den verschiedensten Stellen jedes lebenden Organismus stattfindet. Beispielsweise beginnt die visuelle Wahrnehmung im menschlichen Auge mit der Übertragung elektrischer Signale von mit Sehpigment ausgestatteten Rezeptorzellen (über Zwischenschritte) auf nachfolgende Ganglienzellen. Letztere integrieren Sinnesinformationen von ganzen Populationen von Rezeptoren auf der Netzhaut und bilden mit ihren Nervenfortsätzen den Sehnerv. Bevor die visuellen Informationen allerdings über dieses Bündel von Nervenfasern das Auge verlassen, findet bereits eine Verrechnung durch sogenannte Horizontalzellen statt, die unter anderem der Kontrastverstärkung dienen. Und weder gibt es auf dieser sehr frühen Ebene der Informationsverarbeitung eine neuronale Basis, noch einen guten Grund dafür, dass der Vorgang oder das Ergebnis dieser Kontrastverstärkung unmittelbar bewusst wird. Diese frühe Verarbeitung lässt noch kein Erkennen von Umweltaspekten zu, auf die gezielt reagiert werden könnte, da die zunächst noch getrennt verarbeiteten unterschiedlichen Reizmerkmale (Intensität, Farbe, Kontrast etc.) erst zu kohärenten Empfindungen verbunden werden müssen (Bartels & Zeki, 2006). Die Forderung der Verhaltenswirksamkeit zielt darauf ab, dass am der Verarbeitung nicht nur sehr „frühe“, sensorische Anteile des Nervensystems mitwirken, sondern dass Informationsverarbeitung auch auf „höheren“ kognitiven Ebenen auftritt.

b) Erschütterungen des anthropozentrischen Weltbilds

In der Geschichte der psychologischen Forschung hat es über das letzte Jahrhundert wesentliche Wendungen hinsichtlich der Rolle des menschlichen Bewusstseins gegeben. Unsere alltägliche Erfahrung suggeriert uns seit jeher, wir wären „Herr im eigenen Haus“ und hätten unmittelbaren Zugang zu den in uns ablaufenden mentalen Vorgängen der Wahrnehmung, des Denkens (einschließlich der Aufmerksamkeitsrichtung, der Gedächtnisbildung etc.) und der Verhaltenssteuerung. Konträr zu dieser Sichtweise konzentriert sich indes ein Teil der jüngeren psychologischen Forschung mehr und mehr auf mentale Vorgänge, die sich in der Regel – teilweise vermutlich sogar grundsätzlich – der bewussten Betrachtung entziehen. Wie es dazu gekommen ist, soll kurz skizziert werden.

Nach der ersten großen „Kränkung“ der Menschheit, die Erde – und damit der Mensch – sei nicht das Zentrum des Universums und damit jeglicher Existenz (vgl. Blumenberg, 1965), und der zweiten, der Mensch sei Teil eines übergreifenden und andauernden evolutionären Prozesses und habe letztlich gemeinsame Vorfahren mit jedem Lebewesen auf der Erde (Darwin, 1871), richtete sich der dritte Angriff auf das anthropozentrisches Weltbild

gegen die Überzeugung, es gäbe keine mentalen Vorgängen im Menschen, die nicht der bewussten Beobachtung unterliegen und einem introspektiven Verstehensprozess unterzogen werden können. Sigmund Freud (1923) lieferte einen wesentlichen Beitrag zu dieser letzten Sichtweise, als er seine Überzeugungen hinsichtlich der verschiedenen Anteile der menschlichen Psyche darlegte. Mit der Unterteilung des mentalen Apparats in „Es“ (unbewusste, triebhafte Instanz), „Über-Ich“ (bewusste, normative Instanz) und „Ich“ (weitgehend bewusste, vermittelnde Instanz), schuf er eine bedeutende theoretische Grundlage für die Erklärung und Behandlung pathologischer psychischer Symptomatiken. Diesem Modell wird bisweilen eine gewisse Unangemessenheit bescheinigt, die ihre Wurzeln vermutlich einer ausgeprägter Metaphorik und ästhetisch motiviertem Symmetriebedürfnis hatte (vgl. hierzu die Konzepte von Ödipus- und Elektra-Komplex in Bezug auf körperliche Zuneigung zu Elternteilen bei Jungen bzw. Mädchen). Andererseits schuf Freud damit die Grundlage für die weitgehende Akzeptanz unbewusster mentaler Vorgänge und ihrer wissenschaftlichen Untersuchung.

Die Loslösung von der Vorstellung eines vollständig bewussten mentalen Apparats kulminierte kurzfristig in der heute extrem anmutenden behavioristischen Sicht, eine Berücksichtigung bewusster Vorgänge sei nicht nur irrelevant für einen erkenntnisorientierten Zugang zu biologischer Informationsverarbeitung und Verhaltenssteuerung, sondern schade ihr sogar (vgl. Skinner, 1974). Letztlich fand die psychologische Gemeinschaft jedoch zu einer weniger paradigmatischen Praxis, die unter anderem dadurch gekennzeichnet ist, dass die Frage nach der Bewusstheit oder Unbewusstheit psychischer Vorgänge selten an erster Stelle steht. Es hat den Anschein, dass sich die psychologische Forschung gewissermaßen über die Einnahme verschiedener extremer Positionen von einem ursprünglichen Bewusstheitsdogma emanzipiert hat, von der daraus hervorgegangen Kränkung genesen ist, und darüber zu einer offeneren Weltsicht gelangt ist, in der die Bewusstseinsfrage vornehmlich dort gestellt wird, wo man sich von ihrer Klärung einen gesteigerten Erkenntnisgewinn verspricht.

Es kann spekuliert werden, dass die ursprüngliche Ansicht eines uneingeschränkten bewussten Zugangs zu den eigenen mentalen Vorgängen wesentlich daraus hervor gegangen ist, dass Überleben und Entwicklung in einer vielfältigen und veränderlichen Umwelt an die Ermittlung von Verursachungen gebunden ist. Nur wenn Organismen ihre Welt verstehen – und das bedeutet zu verstehen, durch wen oder was, warum und auf welche Weise Ereignisse in ihrer Umwelt hervorgerufen werden – sind sie in der Lage sich ihren Gesetzmäßigkeiten anzupassen und so Möglichkeiten (z.B. Ressourcen) zu erwarten und effizient zu nutzen,

sowie Hindernisse (z.B. Gefahren) zu erkennen, um sie unbeeinträchtigt zu überwinden. Für die beobachtende Instanz stellen jedoch sowohl interne (mentale, physiologische) als auch externe (physikalische, biologische etc.) Ereignisse gleichermaßen eine Umwelt dar, deren Verursachungen untersucht werden können.

In Bezug auf uns Menschen geht hiermit die Vermutung einher, dass das Ausmaß, in dem wir unsere Umwelt zu verstehen glauben, einen Großteil der Motivation ausmacht, uns den Widrigkeiten des Lebens zu stellen und uns der Aufklärung bislang unaufgeklärter Verursachungen zu widmen. Das Verständnis der Vorgänge in der Umwelt ist ein wesentlicher Faktor für die Erwartung positiver, d.h. zielgemäßer, Konsequenzen von Handlungen und wird unter den Begriff der Selbstwirksamkeit, genauer der Selbstwirksamkeitsüberzeugungen gefasst (z.B. Bandura, 1997). Hinweise für die wichtige Rolle starker Selbstwirksamkeits- und somit Selbstverursachungsüberzeugungen werden durch Befunde gestellt, die der Selbstwirksamkeit einen vermittelnden Einfluss auf die Entstehung und den Verlauf von psychischen Störungen und ihre Folgen zuschreiben. Dies gilt beispielsweise für Depressionen (Blazer, 2002) oder chronische Schmerzen (Arnstein, Caudill, Mandle, Norris & Beasley, 1999), wobei hier insbesondere der „gelernten Hilflosigkeit“ eine wichtige Rolle zugesprochen wird. Dieses Konzept beschreibt den Verlust von Selbstwirksamkeitsüberzeugungen aufgrund wiederholt gemachter Erfahrungen von Kontrollverlust (Seligman, M., 1979). Genauso konnte gezeigt werden, dass der Zusammenhang zwischen depressiver Symptomatik und physischer Gesundheit wesentlich durch den Faktor der Selbstwirksamkeit mitbestimmt wird (Paukert et al., 2010).

Kurz: Der menschlicher Verstand (hier: von „verstehen“) hat sich vermutlich zu einem Apparat entwickelt, dessen Informationsverarbeitung wenigstens drei wesentliche Resultate hervorbringt: (1) die Erkenntnis offenkundiger Verursachungen von Ereignissen, die in der internen und externen Umwelt beobachtet werden; (2) das Aufstellen plausibler Verursachungshypothesen aus einem gegebenen Konzeptraum (z.B.: Verursachungen geschehen durch „lebende“, „geistbehaftete“ Entitäten) im Fall von Ereignissen, die zunächst nicht als verursacht erscheinen oder dessen Komplexität über das Verstandesvermögen hinaus geht; und (3) das Verschleiern von Verursachungen, an die zu glauben einen negativen Einfluss auf die Selbstwirksamkeit hätte.¹ Und dieser dritte Fall wird womöglich weitgehend dadurch realisiert, dass sich viele mentale Vorgänge mittels ihrer spezifischen Phylogenese zu

¹ Unsere empfundene Selbstwirksamkeit hängt nicht nur davon ab, in wie weit wir unsere Umwelt und ihre Reaktionen auf unsere Handlungen vorhersagen können, sondern auch davon in welchem Ausmaß wir davon überzeugt sind, diejenigen Handlungen tatsächlich vollbringen zu können, die für unsere Zielerreichung notwendig sind. In diesem Zusammenhang spielt die Überzeugung, ein eigenständiger, unabhängiger Akteur zu sein, eine wesentliche Rolle (Bandura, 1997).

weiten Teilen unserer Beobachtung entziehen. Unbewusste Informationsverarbeitung könnte somit das Ergebnis eines evolutionären Prozesses sein, dessen Ergebnis dem Menschen eine gewisse (notwendige) Kontrolle über sein Denken und Handeln suggeriert.

Natürlich ist diese Aufzählung von Verstandesleistungen gewissermaßen artifiziell, da die verwendete Einteilung ebenfalls der menschlichen Konzeptstruktur entspringt. Weder hat der menschliche Verstand Zugang zu etwas, das man berechtigterweise als eine „Realität“ bezeichnen könnte, noch hielte die Unterscheidung von „internen“ und „externen“ Ereignissen einer näheren Betrachtung stand. Denn aus der Perspektive des Verstandes als beobachtender Instanz stellen alle diese Ereignisse Elemente einer irgendwie gearteten Um- und somit Außenwelt dar. Ihre Nennung soll nur eine Argumentation verdeutlichen, und zwar dass der Verstand unter anderem eine Hauptfunktion hat: das Vermeiden von Unbestimmtheit, von „losen Kausalfäden“ (scheinbar unverursachten Ereignissen), damit verbunden das Vermeiden von offenkundiger Handlungsunfreiheit (die anteilige Abhängigkeit unserer „Entscheidungen“ von weiteren internen oder externen Gegebenheiten, die zu großen Teilen nicht unserer Kontrolle unterliegen) oder ungewissen Konsequenzen, und somit das Erzielen von tatsächlicher oder wenigstens scheinbarer Vorhersagbarkeit von (eigenen oder fremden, internen oder externen) Ereignissen über die Vehikel der empfundenen Selbstbestimmtheit und des vermeintlichen Verständnisses der Umwelt.

Diese Sichtweise besagt, dass die Zuschreibung von Verursachung – insbesondere der eigenen aktiven, willentlichen Verursachung von Handlungen und Ereignissen, die ihren Ursprung offenbar in uns selbst genommen haben – einen klaren Anpassungsvorteil darstellt. Die Bewusstheit von unklaren Verursachungen bis hin zur Fremdbestimmtheit könnte vom Verstand bisweilen aktiv und selektiv, und häufig aber allein aufgrund seiner entwickelten Funktionsweise, verhindert werden. Sollte unser Verstand tatsächlich so geschaffen sein, bedeutete dies jedenfalls, dass uns die meisten beobachtbaren „internen“ Vorgänge als unzweideutig unserem persönlichen Willen unterworfen vorkämen, und dass alle diejenigen Hinweise, die Zweifel an dieser Sichtweise aufkommen ließen, derart effektiv vor unserer Introspektion verborgen blieben, dass wir Mühe hätten festzustellen, dass sie überhaupt in uns abliefen. Das Erkennen und Verstehen psychischer Vorgänge ist jedenfalls in der Regel ein mühsamer Prozess, der häufig darin seinen Ausgang nimmt, dass für die Aufklärung bestimmter Verarbeitungsleistungen zunächst ein abstraktes Modell entworfen werden muss, das anhand der dem mentalen Apparat zur Verfügung stehenden, begrenzten Informationen überhaupt in der Lage ist, zu den beobachteten Ergebnissen zu kommen. Der zweite, nicht minder wichtige, Schritt ist dann, Verhaltensanteile (einschließlich selbstberichteter

Informationen) zu bestimmen, die als Hinweise für oder gegen dieses Modell gewertet werden können. Derartige Modelle repräsentieren häufig solche mentalen Vorgänge, die für das Bewusstsein anteilig oder vollständig unzugänglich sind. Die wissenschaftliche Praxis steht also zu den dargestellten Überlegungen nicht im Widerspruch.

Bisweilen findet sich übrigens der Verweis auf eine vierte wesentliche Kränkung des Anthropozentrismus: die Sichtweise, dass nicht die Menschen es sind, die aufgrund ihrer biologischen und mentalen Grundausstattung ganz bestimmte notwendige Ziele besitzen und wiederkehrende Verhaltensweisen aufweisen, wie beispielsweise ein intensives reproduktives Bemühen. Vielmehr seien es die Gene, die – sofern man im evolutionären Kontext überhaupt von Zielen ganzer Klassen von Entitäten sprechen mag – das Ziel haben sich selbst oder Teile von ihnen weitest möglich zu verbreiten (vgl. Dawkins, 1976). Aus dieser Perspektive gesehen bringen sie mit dem Menschen einen biologischen Organismus hervor, der (durch einen geeigneten Kompromiss von relativ fest vorgeschriebenen und eher flexibel gehaltenen physiologischen und mentalen Merkmalen) größtmögliche Chancen haben soll, sich gegenüber anderen biologischen Organismen (derselben und anderer Arten) durchzusetzen, d.h. seine reproduktiven Chancen optimal zu nutzen. Während die ersten drei genannten Paradigmenwechsel im Verständnis der menschlichen Existenz vom großen Teil der wissenschaftlichen Gemeinschaft akzeptiert werden, wird die zuletzt dargelegte Sicht bisweilen als absichtlich provokant und überzogen, ja teilweise als pointiert, empfunden und sowohl in ihrer Richtigkeit als auch in ihrer Nützlichkeit bezweifelt. Ob dies schlicht an ihrem noch sehr jungen Bestehen liegt, an der Tatsache, dass es sich hierbei wohl um die fundamentalste der anthropozentrischen Kränkungen handelt, oder daran, dass die alternativen Betrachtungen der Gene oder des Menschen als der sich entwickelnden und ausbreitenden Entitäten „zwei Seiten einer Medaille“ sind, zwischen denen nicht grundsätzlich unterschieden werden kann, braucht hier jedoch nicht weiter vertieft zu werden.

c) Evolutionäre Anpassungsleistungen als Kandidaten für unbewusste Verarbeitung

Für weite Teile der allgemeinspsychologischen Forschung spielt die Bewusstseinsfrage keine wesentliche Rolle mehr.² Es wird akzeptiert, dass die verschiedenen mentalen Vorgänge in unterschiedlichem Maße von Introspektion erreichbar sind, und dass die Bestimmung dieses Anteils oft keinen wesentlichen Mehrwert für ihre Beschreibung sowie

² Im Gegensatz zur differenziellen bzw. Persönlichkeitspsychologie, zur Sozialpsychologie oder auch zur Entwicklungspsychologie befasst sich die Allgemeine Psychologie mit solchen psychischen Merkmalen, die (erwachsenen) Menschen weitgehend gemeinsam sind.

ihre Vorhersage bedeutet. Darüber hinaus sind mit der Untersuchung der Bewusstheit bzw. Unbewusstheit mentaler Vorgänge verschiedene methodologische Schwierigkeiten verbunden, für bislang keine abschließenden und angemessenen Lösungen gefunden werden konnten (siehe Teil 2).

Ein kleiner Teil der Forschergemeinschaft ist jedoch explizit daran interessiert herauszufinden, zu welchen mentalen Leistungen Menschen tatsächlich ohne Beteiligung von Bewusstsein in der Lage sind, und für welche dies mit großer Sicherheit nicht gelten kann. Dieses Interesse kann natürlich im Verständnis bestimmter psychischer Merkmale und in der Vorhersagemöglichkeit von Verhalten begründet sein. Oft ist es jedoch auf das Verständnis von Bewusstsein als solchem ausgerichtet, beziehungsweise auf die wechselseitige Beziehung von bewusster und unbewusster Informationsverarbeitung (Snodgrass, Bernat & Shevrin, 2004). Das Verständnis des menschlichen Bewusstseins ist eines der schwierigsten Probleme der Psychologie und motiviert vermutlich allein deshalb einen Großteil dieser Forschungsrichtung. Entsprechende Forschungsansätze werden in der Regel von einer Reihe von Überlegungen gelenkt, die ihren Ursprung in der evolutionären Herkunft dieser Leistungen nehmen. Insbesondere sind dabei zwei argumentative Pfade zu unterscheiden.

(1) Einerseits trägt das Wissen um (aus der menschlichen Perspektive) weniger entwickelte, sogenannte „tierischen“ Vorfahren dazu bei, dass Menschen in sich mentale Residuen dieser Lebensformen wähen, die – gemäß der vermuteten (und bisweilen erhofften) Natur dieser Lebewesen – nicht auf Bewusstsein angewiesen sein sollten. So besteht auch heute noch die Unterscheidung von „Reptiliengehirn“ (Hirnstamm; unter anderem Regulationszentrum lebenserhaltender Funktionen wie Atmung und Herztätigkeit), „Altsäugergehirn“ (limbisches System; klassischerweise mit affektiver Verarbeitung assoziiert) und „Neusäugergehirn“ (Neokortex; mit komplexeren kognitiven Funktionen assoziiert). Diese Unterscheidung bezieht sich nicht nur auf anatomisch verschiedene und phylogenetisch unterschiedlich alte Hirnstrukturen, sondern beinhaltet auch eine entsprechende Unterteilung der damit verbundenen physiologischen Regulationsmechanismen und mentalen Verarbeitungsvorgänge (vgl. Maclean, 1952). Das Bewusstsein wird in dieser Sichtweise hauptsächlich mit dem Neokortex assoziiert, dessen allein volumemäßige Ausprägung den Menschen bereits von verschiedenen anderen Spezies unterscheidet. Leider wird hierbei unter anderem übersehen, welches hohe Maß an struktureller, und somit auch funktionaler, Veränderlichkeit neuronale Systeme bereits im Individuum aufweisen, und dass somit phylogenetisch als verwandt identifizierte anatomische Bereiche nicht zwangsläufig in jeder Spezies (noch) ähnliche Funktionen erfüllen müssen.

(2) Ein verwandter Ansatzpunkt, der zur Vermutung unbewusster Verarbeitung führt, ist die Überzeugung, dass viele physiologische und mentale Eigenschaften auf Anpassungen beruhen, die sich über die bisherige Spanne der phylogenetischen Entwicklung herausgebildet haben, um mit wiederkehrenden Anforderungen einer mehr oder weniger stabilen Umwelt möglichst effizient umzugehen. Eine hierbei meist implizit angewandte Heuristik ist offenbar, dass gerade solche Merkmale plausible Kandidaten für Anpassungsleistungen sind, die sich durch eine hohe wahrgenommene Komplexität auszeichnen und mit vermeintlich großen „Kosten“ für ihre Entwicklung und Aufrechterhaltung einhergehen. Kosten können dabei im Sinne benötigter Ressourcen verstanden werden: Diese müssen konkret in Form von Nervenzellpopulationen aufgewendet werden, die (vereinfacht) für die eine oder für die andere mentale Kapazität aufgewendet werden können. Bei begrenzten (physiologischen) Ressourcen geht mit der Ausprägung bestimmter Merkmale immer auch der Verzicht auf andere Merkmale einher, die nicht oder nicht in ähnlich effizienter Form ausgeprägt werden können. Bisweilen genügt es sogar, dass die Eigenschaft eines Organismus uns Menschen in besonderer Weise staunen lässt, damit wir eine evolutionäre Anpassung vermuten. In solchen Fällen vermuten wir offenbar evolutionäre „Lösungen“ für wiederkehrende Probleme, die selbst zu entwickeln uns schwer gefallen wären. Gelegentlich reagiert ein Organismus auf bestimmte Umweltaspekte auch derart rigide, dass im Gegenzug reproduktive Nachteile vermutet werden, die nur in Kauf genommen werden können, wenn das rigide Verhalten einem reproduktiven Hindernis in besonders effizienter Weise begegnet.

Problematisch an derartigen Spekulationen ist, dass nicht immer, *idealerweise* aus einem übergreifenden Theoriegebäude heraus, ersichtlich ist, welchen Anpassungsvorteil eine phylogenetisch alte, komplexe oder anderweitig auffällige Eigenschaft eines Organismus bietet, sodass bisweilen die unterschiedlichsten Hypothesen bemüht werden, derartigen Beobachtungen Rechnung zu tragen. Ein eindrucksvolles Beispiel für die spekulative Natur solcher evolutionärer „Erklärungen“ ist die Vermutung, dass die Piloarrektion (beim Menschen meist als „Gänsehaut“ bezeichnet) aufgrund von schrillen Tönen auf die Verarbeitung von akustischen Hinweisreizen auf soziale Verluste in frühen Primaten zurückgeht (Trennungsrufhypothese; Panksepp, 1995). Während jedoch die Funktionalität von Piloarrektion in Bezug auf Thermoregulation (Vergrößerung der Isolationsschicht eines fellbesetzten Körpers) oder Bedrohungsabwehr (Steigerung der durch einen Opponenten wahrgenommenen Körpermaße) vergleichsweise offenkundig und in verschiedenen Spezies gut untersucht ist, fällt es zunächst schwer zu erkennen, welchen evolutionären Vorteil die Tätigkeit der Haarbalgmuskulatur bei Verlust eines nahen Artgenossen haben könnte.

Wesentlicher Bestandteil dieser zweiten Argumentationslinie ist jedoch, dass dauerhaft variable Umweltaspekte im davon betroffenen Teil biologischer Verhaltenssteuerung eher flexible Anpassungen hervorbringen, die sich in Form einer starken Lernfähigkeit (im weitesten Sinne) zeigen. Vermutlich wird deshalb häufig der Umkehrschluss bemüht, dass Merkmale biologischer Organismen, die eine wenig flexible Funktionsweise zeigen, eher die Folge von Umwelteigenschaften sind, die über weite Strecken der Evolution relativ konstant geblieben sind. Die Essenz dieser Vermutung ist, dass eine „feste Verdrahtung“ solcher Merkmale stattfinden konnte, ohne dass größere Nachteile der damit verbundenen Rigidität resultieren.

Genauer wird für stabilere Anforderungen der phylogenetischen Umwelt angenommen, der Mensch habe auf diese spezialisierte Sets von mentalen Funktionen entwickelt, sogenannte Module, die sich gegenüber flexiblerer Informationsverarbeitung durch eine Reihe von Eigenschaften abgrenzen. Modular organisierte mentale Kapazitäten sollen demnach (1) auf für ihre Verarbeitung spezifischen Informationen operieren (Domänenspezifität); (2) abgesehen von Input und Output nicht auf Verbindungen zu weiteren Systemen angewiesen sein (funktionale Einkapselung); (3) zwingend durch den Input von vorangehenden Verarbeitungsinstanzen aktiviert werden (obligatorische Beteiligung); (4) schnell operieren (ergibt sich aus 2 und 3); (5) begrenzte Informationen hervorbringen, die den adäquaten Input für nachfolgende Kapazitäten darstellen und nicht darauf optimiert sind, von übergreifenden mentalen Instanzen interpretiert zu werden (flacher Output); (6) sowohl in ihrer Funktionsweise als auch in ihrem Output „höheren“ mentalen Kapazitäten in eingeschränktem Maße zugänglich sein (begrenzte Erreichbarkeit); (7) einen spezifischen Entwicklungsverlauf im Individuum zeigen, welcher der These eines Lernvorgangs oder einer Zusammensetzung aus einzelnen, eigenständigen Teilkapazitäten widerspricht (Entwicklungsbefunde sprechen für ihr Angeborensein); und (8) eine umschreibbare neurale Architektur aufweisen, die auf eine anatomische Region festgelegt werden kann (vgl. Fodor, 1983).

Die Suche nach solchen Modulen hat die psychologische Forschung in weiten Teilen befruchtet und einen guten Ansatzpunkt für das Verständnis mentaler Funktionsweisen geliefert. Insbesondere die Leichtigkeit, mit der die Inputs von Systemen bestimmt werden können, hat aber vermutlich dazu geführt, dass vor allem solche mentalen Subsysteme als mögliche Module angesehen werden, die im weitesten Sinne mit Wahrnehmungsprozessen assoziiert sind. Hierzu zählen unter anderem weite Bereiche der visuellen Wahrnehmung (zum Beispiel mit Hinblick auf Farbwahrnehmung: Bartels & Zeki, 2005a; Bartels & Zeki,

2005b), der Erkennung und Verarbeitung von sprachlichen Informationen (vgl. Pinker, 1994) und beispielsweise auch der Wahrnehmung von Musik bis hin zur Umsetzung ihrer Wirkungen auf Verhalten (am Beispiel von Gesang: Peretz & Coltheart, 2003). Problematisch für die modulare Sichtweise im Fall der visuellen Wahrnehmung sind zunächst Befunde, dass die meisten Verarbeitungsvorgänge möglicher Module in der Regel zu einem unmittelbar bewussten Teileindruck einer visuellen „Szene“ führen (Zeki, 1998; Zeki & Bartels, 1998). Allerdings braucht Modularität in ihrer ursprünglichen Formulierung nicht unbedingt alle genannten Eigenschaften zu erfüllen: Lediglich die Domänenspezifität der verarbeiteten Informationen wird als zwingend angesehen, wohingegen die weiteren Eigenschaften als mögliche Ausprägungen gelten, die unter anderem zur Bildung von Modularitätshypothesen dienen können (Fodor, 1983; zitiert nach Coltheart, 1999). Der Zusammenhang zwischen Modularität und unbewusster Verarbeitung wird also nicht als zwingend angesehen. Dennoch werden vermeintlich modular organisierte Kapazitäten häufig als eine erste Intuition auf der Suche nach Kandidaten für unbewusste Verarbeitung herangezogen.

Einen weiteren Wegweiser auf der Suche nach unbewusster Informationsverarbeitung bietet die Tatsache, dass biologische Organismen trotz ihrer vielfältigen Unterschiede eine wesentliche Gemeinsamkeit aufweisen: Sie sind physisch verletzbar bis hin zur Sterblichkeit, und diese Verletzbarkeit begrenzt notwendigerweise ihren reproduktiven Erfolg. Den bisherigen Überlegungen zufolge sollte jeder Organismus in gewissem Maße phylogenetisch auf solche evolutionären Hindernisse vorbereitet sein, die über Generationen hinweg stabil auf seine Verletzbarkeit abgezielt haben. Darüber hinaus sollte gerade diese Vorbereitung modular organisiert sein, da sie auf diese Weise (in einer stabilen Umwelt) zu einer hochgradig effizienten Verarbeitung führen würde. In Bezug auf den Menschen weisen möglicherweise diejenigen Umweltaspekte auf eine solche Vorbereitung (engl.: „preparedness“; vgl. Seligman, M. E., 1971) hin, auf die bisweilen mit irrational starken, phobischen, Ängsten reagiert wird. Hierzu zählen vor allem unbelebte Umweltaspekte wie große Höhen, tiefes Wasser, sehr enge oder sehr weite Räume, und belebte Objekte wie Schlangen, Spinnen, Insekten, Nagetiere und Hunde. Aber auch soziale Situationen wie größere Menschenmengen oder die Anwesenheit bestimmter Personenkreise können phobisch besetzt sein, vor allem wenn sie für die Selbstbewertung eine maßgebliche Instanz darstellen.

Auf neuronaler Ebene wird davon ausgegangen, dass bestimmte Eingangsstationen der zentralnervösen Verarbeitung (das Zentralnervensystem besteht aus Gehirn und Rückenmark) in der Lage sind, phylogenetisch „bekannte“ Bedrohungen zu registrieren und Informationen hierüber ohne Beteiligung „höherer“ (in der Regel neokortikaler) Hirngebiete an spezialisierte

Module weiterzugeben, die sich für effiziente Schutzreaktionen herausgebildet haben (Ohman, 2005; Ohman, Carlsson, Lundqvist & Ingvar, 2007). Eine wesentliche sensorische Eingangsstation, der eine solche Filterfunktion zugeschrieben wird, ist der Thalamus, ein Teil des Zwischenhirns, dessen verschiedene Substrukturen (sogenannte „Kerngebiete“) teilweise auf einzelne Sinnesmodalitäten (Sehen, Hören etc.) spezialisiert sind. Ein Hirngebiet, das unter anderem verlässlich durch die Wahrnehmung von phobischen und anderweitig angstbesetzten Reizgehalten aktiviert wird, ist die Amygdala. Hierbei handelt es sich um eine Struktur im inneren Teil des Schläfenlappens, eines großen seitlich angeordneten Teils der Hirnrinde. Die Amygdala könnte ein zentraler Teil eines spezialisierten Moduls zur Bedrohungsbestimmung sein, der schnelle und verlässliche Schutzreaktionen vermitteln. Joseph LeDoux beschrieb anhand einer Reihe von Läsionsstudien zwei Verarbeitungspfade für visuelle Informationen, die ausgehend vom Thalamus einerseits die visuellen Kortexe („high road“: langsame, aber differenzierte Verarbeitung) und andererseits die Amygdala erreichen („low road“: ungenaue, aber schnelle Verarbeitung; LeDoux, 2000). Unter anderem konnte LeDoux (im Tiermodell) zeigen, dass der laterale Kern der Amygdala eine zentrale Rolle in der Vermittlung konditionierter Angstreaktionen einnimmt (LeDoux, Cicchetti, Xagoraris & Romanski, 1990).

Zahlreiche Studien haben Hinweise auf Verarbeitungsvorteile potentiell bedrohlicher Reize erbracht. So wurden Bilder von Schlangen und Spinnen schneller erkannt als Bilder von anderen natürlichen Objekten (beispielsweise von Pilzen und Blumen; Ohman, Flykt & Esteves, 2001), und Gruppen entsprechend phobischer Versuchspersonen zeigten auf diese Reize stärkere (mit Schutzmechanismen assoziierte) physiologische Reaktionen (Ohman & Soares, 1994) und wiesen stärkeres Angstlernen auf (Ohman & Mineka, 2001). Weitere Studien legen nahe, dass diesen Befunden tatsächlich die Funktionsweise eines thalamisch-amygdalären Verarbeitungssystem zur Bedrohungsbestimmung zu Grunde liegt: Bilder von Schlangen und Spinnen führen verlässlich zu Aktivität in der Amygdala (funktionelle Bildgebung; siehe Teil 2), und dies geschieht selbst dann, wenn das Bewusstwerden der Reize durch Rückwärtsmaskierung erschwert wird (z.B. Carlsson et al., 2004). Rückwärts maskierte Reize werden in der Regel sehr kurz („Zielreiz“, 20–50 ms) gezeigt, und ihnen folgt unmittelbar ein zweiter Reiz („Maske“, ca. 100 ms), der die bewusste Empfindung des ersten mitunter vollständig verhindert (Ohman, 2005). Problematisch an dieser Methode ist jedoch, dass Maskierungseffekte meist über Gruppen von Versuchspersonen hinweg in gleicher Weise (bei konstanter Zielreizdauer) erzielt und ebenso auf Gruppenebene überprüft werden. Aus diesem Grund kann häufig nicht ausgeschlossen werden, dass Befunde vermeintlich

unbewusster Verarbeitung vorrangig auf Betrachter zurückgehen, die aufgrund besonders effizienter Wahrnehmung einen vollständig bewussten Sinneseindruck erlebt haben (z.B. Szczepanowski & Pessoa, 2007).

Phobisch besetzte Reize werden häufig dazu verwendet, die Entstehung von Angstreaktionen und ihrer neuronalen Vermittlung zu untersuchen. So stellen spezifische Phobien, die sich auf eng umschriebene Wahrnehmungsinhalte beziehen, ein beliebtes Feld für die modellhafte Untersuchung von Angststörungen dar. Spezifisch phobisches Erleben ist ein relativ häufiges Phänomen: 5–13% der deutschen Bevölkerung (je nach phobischer Kategorie) zeigt über einen Teil der Lebensspanne phobische Symptome (Moeller, Laux & Kapfhammer, 2000). Zusätzlich treten spezifische Phobien in der Regel vergleichsweise isoliert auf, weshalb die Untersuchung Betroffener nicht durch weitere mentale Beeinträchtigungen erschwert und die Modellbildung nicht durch Vermischungen mit anderen Symptomen verkompliziert wird. Nachteilig für die Therapieforschung ist, dass phobische Beeinträchtigungen in der Regel eher im subklinischen Bereich anzusiedeln sind, dass sie also aufgrund ihrer geringen Ausprägung in der Regel nicht behandelt zu werden brauchen. Ihre schwache Ausprägung, und gerade auch ihr isoliertes Auftreten, regen häufig Zweifel daran, dass Untersuchungen spezifischer Phobien tatsächlich hilfreiche Modelle für die Entstehung und Behandlung von Angststörungen im Allgemeinen liefern können.

Andererseits werden phobische Reize auch im Kontext allgemeinspsychologischer Untersuchungen verwendet, die an gesunden Personen durchgeführt werden. Sollten sich besondere Schutzmechanismen gegen phylogenetisch bekannte Bedrohungen entwickelt haben, müssten sich diese auch dann zeigen, wenn kein pathologisches Erleben und Verhalten vorliegt. Insbesondere dürften Reaktionen auf potentiell phobische Reize gute Kandidaten für unbewusste Verarbeitung sein. Andererseits mag hierbei eine Rolle spielen, dass sich in einer repräsentativen Stichprobe stets ein gewisser Anteil subklinischer Phobiker befindet, deren verstärkte Angstreaktionen etwaige anvisierte Effekte begünstigen. Auch für die Erforschung unbewusster Verarbeitungsleistungen kann die Verwendung phobischer Reize jedoch nachteilig sein. Aufgrund ihrer hohen Spezifität ist fraglich, in wie weit experimentelle Befunde auf komplexeres menschliches Erleben und Verhalten übertragen werden können. Eine mögliche Gegenposition ist, dass es sich bei den gezeigten Verhaltensvorteilen (Reaktionsgeschwindigkeiten, Erkennensgenauigkeiten etc.), physiologischen Dispositionen (Steigerung von Schweißsekretion und Schreckreaktion) und dem damit verbundenem Emotionserleben, um bloße reflexhafte Reaktionsmuster handelt, in denen Menschen keinen bedeutsamen Unterschied gegenüber nicht-menschlichen Primaten zeigen. Sie könnten als

archaische Residuen gesehen werden, die in einer modernen Lebensumwelt keine wesentliche Rolle spielen. Darüber hinaus hat der Mensch seine Umwelt im Laufe seiner Entwicklung beständig selbst verändert (z.B. im Zuge von Völkerwanderungen), sodass ein Fokussieren auf bestimmte Umweltreize zur Untersuchung bedeutsamer Anpassungsleistungen grundsätzlich vergeblich sein könnte.

d) Affektive Gesichtsausdrücke als zentrale und invariante Informationsquelle

Bedenken hinsichtlich der ökologischen Validität haben unter anderem zur Folge, dass sich ein Teil der jüngeren Forschung zu unbewusster Verarbeitung auf Reize konzentriert, die für Menschen vermutlich von dauerhafterer Relevanz sind, und die gerade im Hinblick auf komplexe sozialen Interaktionsmuster eine grundlegende Bedeutung besitzen. Die schnelle und genaue Verbreitung von Informationen in Gruppen stellt vermutlich eine Anpassungsleistung dar, die für das Überleben und die Verbreitung der verschiedensten Spezies von herausragender Bedeutung war. Über soziale Hinweisreize wie sprachliches und nicht-sprachliches Verhalten kann die An- oder Abwesenheit auch solcher Umweltaspekte kommuniziert werden, die im Verlauf der Evolution größeren Veränderungen unterworfen waren. Für Menschen, wie für eine Reihe weiterer Spezies (z.B. nicht-menschliche Primaten), nehmen dabei Gesichtsausdrücke (mimische Muskelaktivität) ein zentralere Stellung ein (Redican, 1982). Insbesondere dient ein Teil dieser Ausdrücke dazu, affektive Zustände (Emotionen) zu kommunizieren, die interne oder externe Ereignisse auslösen, und anhand derer somit ihre Bewertungen dargestellt werden können.³

Der Einfachheit halber sollen hier als Emotionen diejenigen Reaktionsmuster bezeichnet werden, die sich auf phänomenaler, kognitiver, physiologischer, motorischer und expressiver Ebene herausgebildet haben, um mit während der Phylogenese wiederholt aufgetretenen Herausforderungen der Umwelt in effizienter Weise umzugehen (vgl. Tooby & Cosmides, 1990). Diese Definition ist vergleichsweise offen und allgemein gehalten, bietet allerdings einen Zugang zur emotionspsychologischen Forschung, dessen Kategoriensystem nicht von unserem Alltagsverständnis von Emotionen oder affektiven Reaktion geprägt ist. Darüber hinaus hat sich im Lauf der emotionspsychologischen Theoriebildung gezeigt, dass die meisten definitorischen Versuche, die konkret darzulegen versuchen, welche Zustände des

³ Während durchaus von Emotionen gesprochen wird, da dieser Begriff für das menschliches Gefühlserleben und damit verbundene körperliche Reaktionen in der Psychologie üblich ist, wird im Fall eines Adjektivs vornehmlich die Formulierung „affektiv“ verwendet. Dies hat den Grund, dass im allgemeinen Sprachgebrauch der Begriff der „Emotionalität“ eher auf die Reagibilität im Sinne eines Persönlichkeitsmerkmals hindeutet (vgl. Neurotizismus; Eysenck, 1947), und daher „affektiv“ genauer (ohne zusätzliche Konnotationen) die Zielrichtung „auf Emotionen bezogen“ angibt.

menschlichen Organismus als Emotionen gelten sollen, gerade in diesem Aspekt deutlich in Schlüssigkeit einbüßen. Ein prägnantes Beispiel ist die nicht unübliche Unterscheidung von grundlegenden oder sogenannten „Basis“-Emotionen und komplexeren, manchmal als „sozial“ bezeichneten, Emotionen (vgl. Niedenthal, Krauth-Gruber & Ric, 2006). Dieser konzeptuelle Trennung erscheint zunächst deshalb irreführend, da für jedes der als grundlegend verstandenen Reaktionsmuster (Freude, Überraschung, Trauer, Ärger, Verachtung, Ekel und Angst) ein Gesichtsausdruck existiert (z.B. Ekman, 1999), der auch für (soziale) Kommunikation von großer Bedeutung ist. Darüber hinaus kann ein anderes Individuum nicht nur Ziel eines dieser grundlegenden affektiven Ausdrücke sein, sondern auch dessen Auslöser. Entsprechend scheint die bisweilen akzeptierte Vorstellung, dass komplexere (soziale) Emotionen durch geeignete Rekombination aus den grundlegenden Emotionen hervorgehen, dadurch zum Scheitern verurteilt, dass schon die gewählte Ausgangsunterscheidung nicht durchgehalten werden kann.

Unabhängig von affektiven Kategorien stellen Gesichter für den Menschen eine wesentliche Informationsquelle dar, und für die Ausbeutung dieser Informationen sind die unterschiedlichsten, teils modular organisierten, mentalen Kapazitäten vermutet worden. Die beiden wesentlichen Informationsarten, die aus Gesichtern gewonnen werden können, beziehen sich einerseits auf vergleichsweise konstante Merkmale von Individuen, die in diesem Sinne für ihre Identität kodieren, und andererseits auf eher variable Merkmale, aus denen auf ihre inneren Zustände und Vorgänge geschlossen werden kann, und die daher auch als Ausdrucksverhalten bezeichnet werden (Calder & Young, 2005). Zu den festen Merkmalen zählen üblicherweise Geschlecht, Alter, ethnische Herkunft, Körperbau (über die Ausprägung von Schädelknochen), Persönlichkeitsmerkmale/Temperament (beispielsweise über Faltenbildung) und Lebens- und Ernährungsgewohnheiten einschließlich sozialem Status (über Hautbeschaffenheit, Hygienekennzeichen etc.). Zu den variablen Merkmalen zählen willkürliche Motorik (aufgrund von sprachlichen Äußerungen, Augenbewegungen, Lidschlussfähigkeit etc.), unwillkürliche Motorik (affektives Ausdrucksverhaltens, Pupillenreflex, mit Atmung verbundene Muskelaktivität etc.), und durchblutungsabhängige Veränderungen unter anderem der Hautrötung (z.B. durch körperliche Anstrengung oder sexuelle Erregung).

Für den Menschen, der sich in einer veränderlichen Umwelt entwickelt hat, kann angenommen werden, dass sich sowohl für den Ausdruck von überlebenswichtigen Informationen als auch für deren Wahrnehmung anhand von Gesichtsausdrücken spezialisierten mentale Organe gebildet haben. Affektive Gesichtsausdrücke können sehr

spezifische interne Ereignisse signalisieren, die ihrerseits Reaktionen auf physikalisch sehr verschiedene externe Ereignisse sein können. Solche Ereignisse sind oft auch für Mitglieder einer sozialen Gruppe relevant, da sie Informationen über Ressourcen oder Gefahrenquellen beinhalten können, die sich auf die reproduktiven Chancen dieser Gruppenmitglieder auswirken. Auch wenn sich nun über die Zeit konkrete (förderliche oder schädliche) Umweltereignisse beständig gewandelt hätten, hätten die damit verbundenen Gesichtsausdrücke vergleichsweise konstant bleiben können, da sich die spezifischen Wirkungen dieser Umweltaspekte auf den Organismus ebenfalls nicht grundlegend verändert hätten. Diese Vermutung soll kurz erläutert werden.

Vermutlich sind unsere Reaktionen (wie die von weiteren Spezies) auf Umweltaspekte und damit verbundene Herausforderungen im Wesentlichen aus einem sehr begrenzten und über die Zeit konstanten Spektrum zusammengesetzt: Wir empfinden einen Lebensraum oder eine soziale Umwelt als angenehm oder unangenehm, wir fühlen uns vor möglichen belebten oder unbelebten Gefahren mehr oder weniger sicher, wir wollen ein etwaiges Nahrungsmittel verspeisen oder nicht verspeisen, wir wollen uns mit einer Vertreterin/einem Vertreter unserer Spezies paaren oder wir wollen uns nicht paaren, wir empfinden einen Vertreter unserer eigenen oder einer anderen Spezies als förderlich oder hinderlich für unsere persönlichen Ziele oder die Ziele unserer Gruppe, wir haben das Bestreben materielle oder immaterielle Ressourcen zu bewahren und zu mehren und zeigen charakteristische Reaktionen bei einem wahrnehmbaren Verlust.

Der Grund dafür ist, dass die wesentlichen Reaktionen auf alle erdenklichen Ereignisse von einem zentralen Prinzip gekennzeichnet sind, das alle Spezies vereint: Ihre inhärente Struktur ist darauf ausgelegt ist, den eigenen genetischen Code zu verbreiten, und sie können durch die verschiedensten Umweltaspekte hierin gefördert oder behindert werden. Jeder Organismus, der geringen reproduktiven Erfolg besitzt, muss (bei begrenzten Ressourcen) langfristig gegenüber anderen Organismen unterliegen. Dabei hat bereits jedes Objekt, das (vereinfacht) nicht Paarungspartner, Nahrung, Werkzeug oder Behausung ist, genauso wie Ereignisse, die keinen Nutzen mit sich bringen, eine prinzipiell nachteilige Wirkung (im Sinne von verpassten Gelegenheiten). Kurz gesagt: *Weil wir biologische Entitäten sind*, hat jedes Element unserer Umwelt unterschiedliche starke förderliche oder hinderliche Wirkungen auf uns. Und diese Wirkungen können sich nicht auf unbegrenzt verschiedene Weisen entfalten, sondern betreffen naturgemäß genau diejenigen Verhaltens- und Regulationsbereiche die im Wesentlichen für biologische Lebewesen existieren: Schutz, Nahrung und Reproduktion. Weil die Zahl der Klassen somit begrenzt ist, in die relevante

Ereignisse fallen können, und damit verbunden auch der Umfang der davon ausgelösten internen Zustände, ist ebenso die Zahl der wesentlichen notwendigen Ausdruckskategorien begrenzt, die dazu dienen, Ereignisse und interne Zustände zu kommunizieren. Dies gilt unabhängig von der Veränderlichkeit von Umweltereignissen.

Weil Gesichtsausdrücke also über die Zeit relativ konstante Kategorien aufweisen können, und weil die effiziente Kommunikation über Gesichtsausdrücke einen großen Vorteil für den Fortbestand von Gruppen bedeuten sollte, ist anzunehmen, dass sich hierfür spezialisierte Module entwickelt haben. Derartige Module wären für ihre Funktionalität jedoch nicht auf Bewusstsein angewiesen, ja der relative Ausschluss bewusster Verarbeitung und kognitiver Zugänglichkeit sollte sogar einen Vorteil für die Verlässlichkeit und die Geschwindigkeit von Modulen darstellen (Fodor, 1983).

Interessanterweise spielt für die Verarbeitung von variablen Gesichtsmerkmalen, insbesondere von affektiven Gesichtsausdrücken, gerade die Amygdala eine große Rolle, die ebenfalls mit der Verarbeitung bedrohlicher (z.B. phobisch besetzter) Reize in Verbindung gebracht wird (Adolphs, 2008; siehe Teil 2 für eine ausführlichere Darstellung empirischer Befunde). Gerade für affektive Ausdrücke ist aber nicht klar, ob im Einzelfall immer deren Bedrohlichkeit den Grund für eine amygdaläre Beteiligung darstellt. Eine weitergehende Sichtweise besagt, dass hierbei Reizeigenschaften (z.B. die Blickrichtung) eine Rolle spielen, die dem Betrachter von Gesichtsausdrücken Informationen über ihre grundlegende soziale Relevanz vermitteln (Sander, Grafman & Zalla, 2003; N'Diaye, Sander & Vuilleumier, 2009). Andererseits zeigen verschiedene Studien, dass die Amygdala auch von rückwärts maskierten affektiven Gesichtsausdrücken aktiviert wird (z.B. von den Augenregionen angstvoller Ausdrücke; Whalen et al., 2004), was durchaus für eine begünstigte Verarbeitung von Bedrohungsinformationen in dieser Hirnstruktur sprechen könnte.

Bekannt ist jedenfalls, dass Gesichter grundsätzlich nicht in einem spezifischen Hirnbereich verarbeitet werden, wie es eine der Annahmen für modular organisierte mentale Kapazitäten ist (Calder & Young, 2005). Unklar ist jedoch, ob diese mögliche Eigenschaft maßgebend sein sollte, da das Kriterium für die funktionale Zusammengehörigkeit von Hirnstrukturen nicht unbedingt ihre anatomische Nachbarschaft, sondern ihre (durchaus auch verteilte) Konnektivität ist (Friston, 2011). Daher werden solche funktional verbundenen Areale auch als „Netzwerkstrukturen“ bezeichnet, und die Amygdala könnte in einem solchen Netzwerk für die Gesichterwahrnehmung eine zentrale Rolle einnehmen (Haxby, Hoffman & Gobbini, 2000).

e) Fragestellung des Projekts

Die Amygdala könnte Teil eines verteilten neuronalen Netzwerkes sein, das anhand von phylogenetisch bekannten Reizen das Ausmaß vorliegender Bedrohung ermittelt, bestimmte Wahrnehmungs-, Aufmerksamkeits- und Denkprozesse begünstigt und verschiedene physiologische und motorische Schutzreaktionen auslöst bzw. verstärkt (vgl. Ohman et al., 2007). Diese Grundannahme existiert in weiten Bereichen der Emotionspsychologie und der kognitiven Neurowissenschaften, sodass sie, ungeachtet der angedeuteten Kontroversen, als einer der Ausgangspunkte des Projekts gewählt wurde. Zusammen mit Befunden, dass auch affektive Ausdrücke die Amygdala verlässlich aktivieren (siehe oben), ergab sich aus den dargestellten Überlegungen die anfängliche Fragestellung des Projekts, ob die Bedrohlichkeit von Gesichtsausdrücken zu ihrer unbewussten Verarbeitung führt.

Bevor diese Fragestellung konkretisiert wird, sollen jedoch ein paar Worte zur Motivation des Projekts und zum Nutzen einer etwaigen Antwort verloren werden, die über die obigen Ausführungen zur Bewusstseinsforschung hinausgehen. Genau wie ein Berg nicht selten deshalb bestiegen wird, „weil er da ist“, wird der Grundlagenforschung in der Regel eine gewisse Freiheit in der Wahl ihrer Themen zuerkannt. Erkenntnisgewinn wird von modernen Gesellschaften grundsätzlich positiv bewertet, weshalb individuelle Interessen und forschender Ehrgeiz als Vehikel gesellschaftlicher Entwicklung hoch angesehen sind. Wohl auch aus diesem Grund wird die Motivation zu (psychologischer) Grundlagenforschung in Veröffentlichungen meist nicht explizit genannt. Das Verständnis der Wahrnehmung affektiver Gesichter besitzt jedoch wesentliche Implikationen für die Modellbildung zu verschiedenen psychischen Störungen. So wird für die Soziale Phobie diskutiert, ob eine bevorzugte Verarbeitung bedrohlicher Gesichter für die Auslösung von Angstattacken verantwortlich sein kann (Mogg & Bradley, 2002). Des Weiteren könnten Erkenntnisse für den Verlauf Posttraumatischer Belastungsstörungen abgeleitet werden, die unter anderem durch das spontane Wiedererleben mit dem Trauma verbundener biographischer Szenen gekennzeichnet sind. Die Auslöser derartiger „Intrusionen“ sind den Betroffenen nicht in jedem Fall ersichtlich, und es kann spekuliert werden, dass hierbei unbewusste Verarbeitung eine Rolle spielt (vgl. Michael, 2008).

Zunächst musste nun geklärt werden, welche Gesichtsausdrücke als potentiell bedrohlich gelten können, und auf welchen (expliziten oder impliziten) Schlussfolgerungen eine solche Bedrohung beruht. Studien zur unbewussten Verarbeitung von affektiven

Gesichtern konzentrieren sich hauptsächlich auf die Ausdrücke von Angst und Ärger (vgl. Adolphs, 2008), da diese mit der unmittelbaren Bedrohtheit ihres „Senders“ (des Ausdrückenden) beziehungsweise ihres Betrachters verbunden sein können (siehe nächster Absatz). Weitere affektive Ausdrücke (z.B. von Freude, Überraschung, Trauer, Ekel oder Verachtung) werden hingegen nicht so direkt mit Bedrohung in Verbindung gebracht. Auch wenn die Ausdrücke von Angst und Ärger in einer sehr unterschiedlichen Beziehung zum Bedrohungskonzept stehen, wurden sie gleichermaßen als Untersuchungsgegenstand gewählt. Gerade die Unterscheidung dieser beiden Ausdrücke hat den Verlauf des Projekts aber maßgeblich mitbestimmt.

In der frühen Literatur zur unbewussten Verarbeitung affektiver Gesichtsausdrücke wurden Beweggründe für die Entscheidung, die Ausdrücke von Angst oder Ärger zu verwenden, meist nur sehr spärlich dokumentiert (z.B. Esteves, Parra, Dimberg & Ohman, 1994, im Fall von Ärger). Dennoch liegt die Intuition nahe, dass unterschiedliche Ausdrücke auch unterschiedliche affektive Reaktionen eines Betrachters hervorrufen, oder zumindest unterschiedliche Interpretationen einer sozialen Situation zur Folge haben sollten. Die Emotion Ärger tritt in der Regel dann auf, wenn sich eine Person in ihrer momentanen Zielerreichung behindert fühlt, und wird mit der Mobilisierung von Ressourcen zur Überwindung solcher Hindernissen in Verbindung gebracht. Ein Ärgerausdruck kann einem Betrachter somit eine unmittelbare Bedrohung signalisieren, da der Betrachter die entsprechende Emotion im Sender ausgelöst haben kann und daher ein mögliches Ziel des daraus hervorgehenden Verhaltens darstellt. Ein Angstausdruck hingegen signalisiert, dass sich der Sender selbst bedroht fühlt. Diese Bedrohung kann jedoch von einer Gefahrenquelle ausgehen, die in der gemeinsamen Umwelt von Sender und Betrachter vorliegt, und somit auch für den Betrachter potentiell gefährlich ist (Hadjikhani, Hoge, Snyder & de Gelder, 2008).

Insbesondere scheint bisweilen übersehen zu werden, dass der Ausdruck von Angst in einem Betrachter nicht unbedingt die Emotion von Angst hervorrufen muss, genauso wenig wie der Ausdruck von Ärger in einem Betrachter Ärger auslösen muss. Zugegebenermaßen existiert eine Sichtweise, nach der Ausdrücke eines Senders zur ihrer Nachahmung durch den Betrachter führen, und so die Wahrnehmung der im Sender zu Grunde liegenden Zustände erleichtern. Diese Position wird nicht zuletzt von der bekannten Tatsache gestützt, dass bereits Säuglinge auf die Präsentation von Gesichtsausdrücken häufig mit unwillkürlicher Imitation reagieren. Für eine solche Simulation fremder mentaler Zustände werden sogar bestimmte Populationen von Nervenzellen, sogenannte „Spiegelneurone“, verantwortlich gemacht. So

konnte unter anderem gezeigt werden, dass das Defizit, das autistische Kinder im Erkennen und Verstehen der Emotionen anderer Menschen aufweisen, umso größer ausfällt, je geringer die Aktivierung von Hirnregionen ist, die mit derartiger Spiegelneuronenaktivität assoziiert sind (Dapretto et al., 2006). Andererseits signalisieren affektive Ausdrücke häufig die Bewertung gemeinsamer Umweltaspekte, und sie geben damit auch Hinweise auf mögliche Konsequenzen des Verhaltens eines Betrachters. Nur wenn affektive Ausdrücke für einen Betrachter offenkundig keine Konsequenzen haben können, dürfte sich ihre Verarbeitung auf eine interne Simulation zugunsten sozialer Wahrnehmung beschränken.

Welche Emotionen durch Angst- und Ärgerausdrücke ausgelöst werden, sollte also von den Konsequenzen möglicher Folgeereignisse abhängen. Hat ein Betrachter in einem Sender Ärger hervorgerufen, und stellt der Sender (beispielsweise aufgrund seiner physischen Statur) eine ernstzunehmende Gefahr dar, sollte der Betrachter sich bedroht fühlen und vornehmlich mit Angst reagieren. Stellt der Sender eines Ärgerausdrucks jedoch keine Gefahr dar, vielleicht auch weil soziale Verhaltensregeln eine mögliche Eskalation unterbinden, könnte ein Betrachter vergleichsweise unbeteiligt reagieren oder sogar selbst Ärger empfinden. Für Angsausdrücke gilt eine ähnliche Argumentation: Wenn eine vom Sender wahrgenommene Gefahr auch eine Bedrohung für den Betrachter darstellen kann (z.B. weil sich beide in einem ungeschützten Umweltbereich aufhalten), sollte dieser sich ebenfalls bedroht fühlen. Anderenfalls könnte die Wahrnehmung eines Angsausdruckes eher Besorgnis oder Mitgefühl im Betrachter hervorrufen.

Andererseits sollte ein Betrachter auf potentiell bedrohliche Ausdrücke zunächst mit einer gesteigerten Vorsicht reagieren, da die Ursache eines gezeigten Ausdruckes nicht in jedem Fall unmittelbar zu erkennen ist. Die Ursachenermittlung affektiver Ausdrücke dürfte ein wesentliches Kernstück sozialer Wahrnehmungsvorgänge sein. Ob nun ein affektiver Ausdruck eine potentielle Gefahr signalisiert, sollte in erster Linie davon abhängen, auf welche Person oder welches Objekt der Aufmerksamkeitsfokus des Senders, und somit sein affektives Erleben gerichtet ist. Dies sollte insbesondere für den Fall starken affektiven Erlebens gelten, das mit einer Reduktion kognitiver Kontrolle und einer Steigerung affekt-kompatibler Verhaltensweisen einhergeht (Gray, 2001). Der Aufmerksamkeitsfokus einer Person lässt sich in der Regel aber daran erkennen, auf welchen Teil der Umwelt ihr Blick gerichtet ist (Itier & Batty, 2009). Bei starker Angst sollte der Sender eines affektiven Ausdruck demnach denjenigen Umweltaspekt fokussieren, von dem die vermeintliche Gefahr ausgeht und auf den etwaige Schutzreaktionen ausgerichtet werden müssen. Bei starkem Ärger sollte der Sender entsprechend denjenigen Aspekt fokussieren, der ihn in seiner

momentanen Zielerreichung behindert, und auf den Überwindungsmaßnahmen ausgerichtet werden müssen.

Daraus folgt, dass ein Betrachter stärker durch einen affektiven Ausdruck bedroht sein sollte, wenn die Kombination von Ausdruck und Blickrichtung mit seiner tatsächlichen Bedrohung kompatibel ist. Ein Betrachter sollte sich stärker von einem Ärgerausdruck bedroht fühlen, wenn der Blick des Senders auf ihn gerichtet ist (Blickkontakt oder „direkter Blick“), da in diesem Fall eine unmittelbare und absichtliche Bedrohung durch den Sender vorliegen kann. Dahingegen sollte ein Angstaussdruck eine stärkere empfundene Bedrohung hervorrufen, wenn der Blick des Senders auf die gemeinsame Umwelt gerichtet ist („abgewandter Blick“), da sich dort möglicherweise ein Objekt (eine Person, ein Tier etc.) befindet, das auch für den Betrachter eine Bedrohung darstellt. Dies sind selbstverständlich nicht die einzigen möglichen Interpretationen dieser Kombinationen von Ausdruck und Blick. Dennoch sollten die genannten Situationen mit vergleichsweise hoher Priorität verarbeitet werden, da sie am wahrscheinlichsten mit einer möglichen Bedrohung verbunden sind.

In der Psychologie spricht man in einem solchen Fall von einer „Interaktion zweier Faktoren“, womit man meint, dass sich zwei vermeintliche Einflussgrößen (hier: Ausdruck und Blickrichtung) in nicht unabhängiger Weise auf eine Zielgröße (hier: Bedrohtheit) auswirken. Unabhängige Effekte (sogenannte „Haupteffekte“) hingegen würden sich darin zeigen, dass eine Ausprägung eines Faktors (z.B. Ärgerausdruck oder direkter Blick) grundsätzlich eine stärkere Wirkung auf die Zielgröße hat, als die entsprechend andere Ausprägung (z.B. Angstaussdruck oder abgewandter Blick). Aus diesem Grund wird das vermutete Zusammenwirken von Ausdruck und Blickrichtung im Folgenden als die „Interaktionshypothese“ bezeichnet.

Zu Interaktion von Ausdruck und Blickrichtung wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse weiter unten ausführlich dargestellt werden. Allerdings sind entsprechende Befunde ursprünglich nicht im Kontext von Bedrohung interpretiert worden, sondern es wurde darin zunächst eine Übereinstimmung von Ausdrucks- und Blickverhalten mit grundlegenden Verhaltenstendenzen gesehen. Hiernach gehen Ärgerausdruck und direkter Blick meist mit Annäherungsverhalten einher, während Angstaussdruck und abgewandter Blick eher bei Vermeidungsverhalten auftreten. Genauer wird offenbar argumentiert, dass das jeweils zuerst erkannte Merkmal (Ausdruck oder Blick) sehr generell die kompatible Verhaltenstendenz (Annäherung oder Vermeidung) aktiviert. Diese bereitet wiederum zugehörige Wahrnehmungskategorien vor und begünstigt so die Verarbeitung weiterer Merkmale, die mit der Verhaltenstendenz kompatibel sind. Diese Sichtweise hatte zur Folge,

dass die Interaktion von Ausdruck und Blickrichtung zunächst anhand verhaltensorientierter Maße wie Reaktionsgeschwindigkeiten und Unterscheidungsleistungen nachgewiesen wurde (Adams & Kleck, 2003; Adams & Kleck, 2005).

Einige Studien deuten jedoch auf eine Verbindung des Interaktionsbefundes mit dem Bedrohungsleben des Betrachters hin. So wies die subjektive Bedrohtheit bei der Betrachtung von Angst- und Ärgerausdrücken einen Interaktionseffekt auf, dessen Form mit den ursprünglichen Befunden weitgehend übereinstimmt (Boll, Gamer, Kalisch & Buchel, 2011). Es kann daher spekuliert werden, dass die Verarbeitungsvorteile von direkten Ärgerausdrücken und abgewandten Angstausrücken auf der Funktionsweise eines kognitiven Moduls beruhen, das (auch anhand von Ausdrucksverhalten) mögliche Bedrohungen bestimmt, und das hierbei nicht auf bewusste Verarbeitung angewiesen ist. Entsprechend fanden die Autoren, dass die verwendeten Gesichterreize die Amygala nach demselben Muster aktivierten (Boll et al., 2011). Für diese Hirnstruktur ist eine Beteiligung an einem eigenständig operierenden Bedrohungsnetzwerk bereits diskutiert worden (siehe oben).

Abschließend lässt sich die Fragestellung des Projekts wie folgt konkretisieren: Kann die Interaktion von Ausdruck und Blickrichtung auch in Abwesenheit visuellen Bewusstseins gefunden werden? Kann auch hier die Amygdala mit den gefundenen Verarbeitungsvorteilen in Verbindung gebracht werden? Und beruhen diese Vorteile tatsächlich auf der relativen Bedrohlichkeit der verwendeten Reize? Der folgende Teil wird zunächst den theoretischen und empirischen Hintergrund der Untersuchung näher beleuchten und anschließend darlegen, anhand welcher Experimente diese Fragen geklärt werden sollten.

Literatur

- Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2003). Perceived gaze direction and the processing of facial displays of emotion. *Psychological Science*, *14*(6), 644–647.
- Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2005). Effects of direct and averted gaze on the perception of facially communicated emotion. *Emotion*, *5*(1), 3–11.
- Adolphs, R. (2008). Fear, faces, and the human amygdala. *Current Opinion in Neurobiology*, *18*(2), 166–172.
- Arnstein, P., Caudill, M., Mandle, C. L., Norris, A. & Beasley, R. (1999). Self efficacy as a mediator of the relationship between pain intensity, disability and depression in chronic pain patients. *Pain*, *80*(3), 483–491.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
- Bartels, A. & Zeki, S. (2005a). Brain dynamics during natural viewing conditions - A new guide for mapping connectivity in vivo. *Neuroimage*, *24*(2), 339–349.
- Bartels, A. & Zeki, S. (2005b). The chronoarchitecture of the cerebral cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, *360*(1456), 733–750.
- Bartels, A. & Zeki, S. (2006). The temporal order of binding visual attributes. *Vision Research*, *46*(14), 2280–2286.
- Blazer, D. G. (2002). Self-efficacy and depression in late life: a primary prevention proposal. *Aging & Mental Health*, *6*(4), 315–324.
- Block, N. (1998). On a confusion about a function of consciousness. In N. Block, O. Flanagan & G. Guzeldere (Hrsg.), *The Nature of Consciousness: Philosophical Debates* (S. 375–415). Cambridge: MIT Press.
- Blumenberg, H. (1965). *Die kopernikanische Wende*. Berlin: Suhrkamp.
- Boll, S., Gamer, M., Kalisch, R. & Buchel, C. (2011). Processing of facial expressions and their significance for the observer in subregions of the human amygdala. *Neuroimage*, *56*(1), 299–306.
- Calder, A. J. & Young, A. W. (2005). Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nature Reviews Neuroscience*, *6*(8), 641–651.
- Carlsson, K., Petersson, K. M., Lundqvist, D., Karlsson, A., Ingvar, M. & Ohman, A. (2004). Fear and the amygdala: Manipulation of awareness generates differential cerebral responses to phobic and fear-relevant (but nonfeared) stimuli. *Emotion*, *4*(4), 340–353.
- Coltheart, M. (1999). Modularity and cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, *3*(3), 115–120.
- Dapretto, M., Davies, M. S., Pfeifer, J. H., Scott, A. A., Sigman, M., Bookheimer, S. Y. et al. (2006). Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nature Neuroscience*, *9*(1), 28–30.

- Darwin, C. (1871). *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex* (1st edition). London: John Murray.
- Dawkins, R. (1976). *The selfish gene*. Oxford: University Press.
- Ekman, P. (1999). Basic Emotions. In T. Dalgleish & T. Power (Hrsg.), *The Handbook of Cognition and Emotion* (S. 45–60). Sussex: John Wiley & Sons.
- Esteves, F., Parra, C., Dimberg, U. & Ohman, A. (1994). Nonconscious Associative Learning - Pavlovian Conditioning of Skin-Conductance Responses to Masked Fear-Relevant Facial Stimuli. *Psychophysiology*, 31(4), 375–385.
- Fodor, J. (1983). *Modularity of Mind: An Essay on Faculty Psychology*. Cambridge: MIT Press.
- Freud, S. (1923). *Das Ich und das Es*. Wien: Internationaler Psychoanalytischer Verlag.
- Friston, K. (2011). Functional and effective connectivity: A review. *Brain Connectivity*, 1(1), 13–36.
- Gray, J. R. (2001). Emotional modulation of cognitive control: Approach-withdrawal states double-dissociate spatial from verbal two-back task performance. *Journal of Experimental Psychology-General*, 130(3), 436–452.
- Hadjikhani, N., Hoge, R., Snyder, J. & de Gelder, B. (2008). Pointing with the eyes: the role of gaze in communicating danger. *Brain and Cognition*, 68(1), 1–8.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A. & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223–233.
- Itier, R. J. & Batty, M. (2009). Neural bases of eye and gaze processing: The core of social cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33(6), 843–863.
- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155–184.
- Ledoux, J. E., Cicchetti, P., Xagoraris, A. & Romanski, L. M. (1990). The Lateral Amygdaloid Nucleus - Sensory Interface of the Amygdala in Fear Conditioning. *Journal of Neuroscience*, 10(4), 1062–1069.
- Maclean, P. D. (1952). Some Psychiatric Implications of Physiological Studies on Frontotemporal Portion of Limbic System (Visceral Brain). *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 4(4), 407–418.
- Michael, T. (2008). Easy triggering of intrusions: Associative learning without contingency awareness in PTSD. *International Journal of Psychology*, 43(3–4), 382–383.
- Moeller, H., Laux, G. & Kapfhammer, H. (2000). *Psychiatrie und Psychotherapie*. Berlin: Springer Verlag.
- Mogg, K. & Bradley, B. P. (2002). Selective orienting of attention to masked threat faces in social anxiety. *Behaviour Research and Therapy*, 40(12), 1403–1414.

- N'Diaye, K., Sander, D. & Vuilleumier, P. (2009). Self-relevance processing in the human amygdala: gaze direction, facial expression, and emotion intensity. *Emotion*, 9(6), 798–806.
- Niedenthal, P., Krauth-Gruber, S. & Ric, F. (2006). *Psychology of Emotion: Interpersonal, Experiential, and Cognitive Approaches*. New York: Psychology Press.
- Ohman, A. (2005). The role of the amygdala in human fear: Automatic detection of threat. *Psychoneuroendocrinology*, 30(10), 953–958.
- Ohman, A., Carlsson, K., Lundqvist, D. & Ingvar, M. (2007). On the unconscious subcortical origin of human fear. *Physiology & Behavior*, 92(1–2), 180–185.
- Ohman, A., Flykt, A. & Esteves, F. (2001). Emotion drives attention: Detecting the snake in the grass. *Journal of Experimental Psychology-General*, 130(3), 466–478.
- Ohman, A. & Mineka, S. (2001). Fears, phobias, and preparedness: toward an evolved module of fear and fear learning. *Psychological Review*, 108(3), 483–522.
- Ohman, A. & Soares, J. J. F. (1994). Unconscious Anxiety - Phobic Responses to Masked Stimuli. *Journal of Abnormal Psychology*, 103(2), 231–240.
- Panksepp, J. (1995). The emotional sources of "chills" induced by music. *Music Perception*, 13(2), 171–207.
- Paukert, A. L., Pettit, J. W., Kunik, M. E., Wilson, N., Novy, D. M., Rhoades, H. M. et al. (2010). The Roles of Social Support and Self-Efficacy in Physical Health's Impact on Depressive and Anxiety Symptoms in Older Adults. *Journal of Clinical Psychology in Medical Settings*, 17(4), 387–400.
- Peretz, I. & Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, 6(7), 688–691.
- Pinker, S. (1994). *The Language Instinct: How the Mind Creates Language*. New York: Harper Perennial Modern Classics.
- Redican, W. K. (1982). An evolutionary perspective on human facial displays. In P. Ekman (Hrsg.), *Emotion in the Human Face* (S. 212–280). New York: Cambridge University Press.
- Sander, D., Grafman, J. & Zalla, T. (2003). The human amygdala: an evolved system for relevance detection. *Reviews in the Neurosciences*, 14(4), 303–316.
- Seligman, M. (1979). *Erlernte Hilflosigkeit*. München: Urban und Schwarzenberg.
- Seligman, M. E. (1971). Phobias and Preparedness. *Behavior Therapy*, 2(3), 307–320.
- Skinner, B. (1974). *About Behaviorism*. New York: Knopf.
- Snodgrass, M., Bernat, E. & Shevrin, H. (2004). Unconscious perception: A model-based approach to method and evidence. *Perception & Psychophysics*, 66(5), 846–867.

Szczepanowski, R. & Pessoa, L. (2007). Fear perception: Can objective and subjective awareness measures be dissociated? *Journal of Vision*, 7(4).

Tooby, J. & Cosmides, L. (1990). The Past Explains the Present - Emotional Adaptations and the Structure of Ancestral Environments. *Ethology and Sociobiology*, 11(4-5), 375-424.

Whalen, P. J., Kagan, J., Cook, R. G., Davis, F. C., Kim, H., Polis, S. et al. (2004). Human amygdala responsivity to masked fearful eye whites. *Science*, 306(5704), 2061-2061.

Zeki, S. (1998). Parallel processing, asynchronous perception, and a distributed system of consciousness in vision. *Neuroscientist*, 4(5), 365-372.

Zeki, S. & Bartels, A. (1998). The autonomy of the visual systems and the modularity of conscious vision. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 353(1377), 1911-1914.

Teil 2: Hintergrund

Vorbereitung des Projekts.

Inhalt

a) Übergreifender theoretischer und empirischer Hintergrund	31
b) Wesentliche methodische Entscheidungen und Aufgliederung in Teilexperimente	48
c) Zusammenfassung von Hintergrund und Methode, Formulierung von Hypothesen.....	68
Literatur	70

Zur Vorbereitung der durchgeführten Experimente mussten im Wesentlichen zwei Schritte erfolgen: Zunächst bedurfte es einer ausführlichen Literaturrecherche, um zu klären welche experimentellen Befunde bereits vorlagen. Ein Promotionsprojekt hat stets den Anspruch, etwas „Neues“ zu untersuchen bzw. bekannte Phänomene aus einer weiteren Perspektive zu betrachten. Darüber hinaus sollte sichergestellt werden, dass die Planung der Experimente theoretisch und methodologisch auf der aktuellen Befundlage aufbaute, und dass insbesondere keine bekannten „Fehler“ wiederholt würden. Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse dieser Recherche dargestellt. Der anschließende Schritt umfasste eine Reihe von Entscheidungen, mit welchen methodischen Mitteln die Fragen beantwortet werden konnten, die dem Projekt zu Grunde lagen. Die Ergebnisse dieser Entscheidungen werden detailliert hergeleitet, und es wird dargestellt, wie sich hieraus die einzelnen Experimente des Projekts ergaben. Abschließend werden für diese Experimente Hypothesen genannt, sofern der jeweilige Hintergrund dies zugelassen hat.

a) Übergreifender theoretischer und empirischer Hintergrund

Die Bedeutung von affektivem Ausdruck und Blickrichtung für soziale Interaktionen. Der affektive Gesichtsausdruck eines „Senders“ (eines Mitteilenden) spielt eine zentrale Rolle für die Wahrnehmung und Interpretation sozial-kommunikativer Inhalte auf Seiten des „Empfängers“ (des Betrachters im Fall visueller Wahrnehmung); dies kann sowohl verbale (Campanella & Belin, 2007) als auch non-verbale Kommunikation betreffen (Adolphs, 2001). Des Weiteren gewinnt die Verarbeitung von Augenregionen, vor allem hinsichtlich der Blickrichtung, in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung für das Verständnis sozialer Kommunikation (Itier & Batty, 2009). So halten die Augenregionen des Senders unter anderem wichtige Informationen über seinen Aufmerksamkeitsfokus und die relative Bedeutung von ihm betrachteter Objekte bereit (letzteres z.B. über das Ausmaß der Augenweitung im Fall von Angst). Insbesondere zeigen einige kürzliche Studien, dass sich Ausdrucks- und Blickrichtungsinformationen gegenseitig beeinflussen können, wenn Betrachter gebeten werden eines dieser Merkmale zu beurteilen, die im Rahmen von Experimenten über eine Reihe von visuellen Einzelreizen (affektiv-expressiven Gesichtern) hinweg variiert werden (z.B. Ganel, Goshen-Gottstein & Goodale, 2005). Derartige Befunde deuten vermutlich darauf hin, dass die separate Betrachtung von Ausdruck und Blick für das Verständnis sozialer Wahrnehmung auf lange Sicht nicht fruchtbar sein wird, sondern dass Blickverhalten besser als ein weiterer Teil vielfältigen Ausdrucksverhaltens verstanden

werden sollte. Insbesondere die Befunde zur Interaktionshypothese (siehe Teil 1) könnten darauf zurück gehen, dass gewisse Kombinationen von affektiven Ausdrücken und begleitenden Blickrichtungen auf qualitativ verschiedenen internen Zuständen eines Senders beruhen und somit auch in einem Betrachter diskrete Bedeutungskategorien wachrufen sollten. Bevor jedoch die Befunde gesichtet werden, die bislang zur perzeptuellen Integration von Ausdrucks- und Blickinformationen erbracht worden sind, empfiehlt es sich zunächst (wenigstens kurz), die Merkmale der entsprechend kombinierten Reize einzeln zu betrachten.

Bereits Charles Darwin (Darwin, 1872) beschrieb verschiedene affektive Ausdrücke in Tieren und Menschen, von denen er glaubte, dass sie nicht nur sozial-kommunikativen Zwecken dienen, sondern über die Verwendung der Gesichtsmuskulatur auch schützende Funktionen erfüllen oder unsere Sinnesorgane auf die zielgerichtete Verarbeitung (oder Nicht-Verarbeitung) ganz bestimmter Umweltinformationen vorbereiten. So geht der Ausdruck von Ekel in der Regel mit einer charakteristischen Veränderung der Mund- und Nasenregion des Senders einher, die einerseits den Auswurf konsumierter Nahrung vorbereiten und die Aufnahme weiterer Nahrung verhindern kann, und die andererseits (über ein „Kräuseln“ der Nasenwurzel) den eingehenden Luftstrom reduziert und auf diese Weise die weitere Aufnahme kontaminierender Stoffe erschwert (vgl. Abbildung 1).

Die Augenregion eines Ekelausdrucks besitzt überdies eine starke Ähnlichkeit zum Ausdruck von Ärger (vgl. Rossignol, Anselme, Vermeulen, Philippot & Campanella, 2007), und spiegelt nach allgemeiner Sichtweise, durch das Zusammenziehen der Augenbrauen und die dadurch entstehenden charakteristischen „Sehschlitze“, vor allem eine schützende Funktion für das verletzte Sehorgan wider. Diese Ähnlichkeit ist in der visuell arbeitenden Emotionspsychologie von besonderer Bedeutung, da Ekel- und Ärgerausdrücke (ähnlich wie Angst und Überraschung) häufiger miteinander verwechselt werden als mit anderen affektiven Ausdrücken. Solche Verwechslungen könnten darauf zurück gehen, dass für die Beurteilung eines affektiven Ausdrucks in der Regel zunächst die Augenregion betrachtet wird (Zebrowitz & Montepare, 2005), und offenbar nicht in jeden Fall die Mundregion zur Differentialdiagnose herangezogen wird. Verdeckt man beispielsweise die Mundregion, ist häufig auch bei eindringlicher Betrachtung kaum zu entscheiden, ob es sich bei einem entsprechenden Ausdruck um Ekel oder Ärger handelt. Weiterhin ist interessant, dass Ekel eine gewisse Verwandtschaft mit Abscheu aufweist (erkennbar bspw. am englischen Sprachgebrauch von „moral disgust“), die im Menschen durch die Beobachtung moralisch verwerflicher Handlungen ausgelöst wird und unter anderem auch Ärger zur Folge haben kann. Letzteres ist plausibel, da moralische Vergehen mit erschwerter Zielerreichung (hier

von Gruppen) einhergehen, und Ärger unter anderem der Mobilisierung von Ressourcen zur Überwindung von Hindernisse im Zuge von Zielerreichung dienen kann (Fischer & Roseman, 2007). Eine auch physiognomische Verwandtschaft von Ekel- und Ärgerreaktionen ist daher nicht überraschend.

Mit Ärgerausdrücken geht ebenfalls meist eine Veränderung der Mundregion einher, die allerdings zwei sehr unterschiedliche Ausprägungen annimmt: Entweder werden die Lippen bei empfundenem Ärger fest zusammengepresst, wie um eine Öffnung des Mundes zu verhindern, oder es erfolgt eine deutliche Öffnung des Mundes, meist unter Präsentation der beider Zahnreihen (vgl. Abbildung 1). Während ein festes Verschließen des Mundes mutmaßlich eher solchen Ärger signalisiert, der aus verschiedenen Gründen nicht offen ausgedrückt werden kann (Spekulation des Autors), muss davon ausgegangen werden, dass eine weite Mundöffnung sehr intensiven und explizit dargestellten Ärger charakterisiert, der mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer affektiv motivierten Handlung führt. Die Öffnung des Mundes kann das Ausstoßen von einschüchternden Lauten, die Verwendung der Zähne als Waffe und ein größeres Atemzugvolumen für den Fall körperlicher Aktivität im Rahmen eines Kampfes vorbereiten. Um eine möglichst große Bedrohung zu erzielen, sollten Experimente also gerade solche Ärgerausdrücke verwenden, deren Mundregion eine deutliche Öffnung aufweist.

Der Ausdruck von Angst weist ebenfalls Veränderungen der Augen- sowie der Mundregion auf. Die weit geöffneten Augen können, neben ihrer Signalwirkung, die möglichst umfassende Verarbeitung von Umgebungsreizen auch in der visuellen Peripherie (der Randregionen des Sichtfeldes) sicherstellen, und die leichte Mundöffnung kann den Ausstoß von Warnlauten vorbereiten sowie ein gesteigertes Atemzugvolumen für den Fall einer notwendigen Fluchtreaktion ermöglichen (Abbildung 1). Besonders augenfällig ist der ausgeprägte Anteil sichtbarer Sklera (dem weißen Teil der äußeren Augenhaut), der auch auf größere Distanz gut erkennbar sein sollte. Diesem Merkmal kommt vermutlich die Funktion zu, einen Betrachter auf potentielle Gefahren in der Umgebung hinzuweisen, und darüber hinaus eine recht genaue Lokalisation dieser Gefahren zu ermöglichen. Für die Lokalisation des Blickfokus eines Senders werden zusätzlich zur Kopforientierung unter anderem die sichtbaren Sklera-Anteile berücksichtigt (Langton, Watt & Bruce, 2000).



Abbildung 1: Affektive Ausdrücke von Angst, Ärger und Ekel (von links nach rechts) von drei weiblichen (linke Seite) und drei männlichen Modellen (rechte Seite) der Karolinska Directed Emotional Faces Datenbank (Lundqvist, Flykt & Öhman, 1998; nähere Erläuterungen siehe Text). Die ursprünglichen Bilder (nicht gezeigt) wurden für die Verwendung in den beschriebenen Experimenten grob auf die Gesichtsregion beschnitten, kontrastverstärkt und außerhalb der Gesichtsregion mit nach außen hin zunehmender Unschärfe versehen. Letzteres geschah um Einflüsse von zusätzlichen, individuellen Merkmalen zu reduzieren. Trotz der großen Übereinstimmung im Emotionsausdruck fällt ein deutliches Maß an interindividueller Variation, insbesondere in Bezug auf die Mundregion bei Ärger- und Ekelausdrücken, auf.

Angsausdrücke werden am ehesten mit überraschten Gesichtern verwechselt, vermutlich weil letztere ebenfalls geweitete aufweisen. Eine Sichtweise, die hier nur angedeutet werden kann, besagt, dass Überraschung möglicherweise keine eigenständige Emotion, sondern ein Vorläufer anderer Emotionen ist, in ihrer Intensität von der Unerwartetheit eintretender Ereignisse abhängig ist, ihrerseits verstärkend auf mögliche folgende Emotionen wirkt, und vor allem in die Empfindung Angst (im Fall bedrohlicher Ereignisse) oder Freude bzw. Erleichterung (im Fall nicht-bedrohlicher Ereignisse) münden kann. Es hat bisweilen den Anschein, als läge der Überraschungsausdruck mimisch gewissermaßen zwischen Angst und Freude, wenn auch Verwechslungsbefunde nahelegen, dass diese „Lage“ merklich in Richtung Angst verschoben ist. Die getrennte Betrachtung von Augen- und Mundregion könnte darüber hinaus zur Klärung der Frage beitragen, in welchen Fällen Überraschung eher als Angst wahrgenommen wird und wann ein Betrachter in überraschten Ausdrücken eine positive Konnotation wahrnimmt.

In der Psychologie werden noch weitere affektive Ausdrücke untersucht, unter anderem von Verachtung, Trauer, Überraschung und Freude (als Gegenpol der in der

Psychologie hauptsächlich untersuchten „negativen“ Emotionen meist wenig differenziert), die hier allerdings nicht näher betrachtet zu werden brauchen. Zentraler ist, dass für alle diese Ausdrücke Übereinstimmungen über verschiedene Kulturen hinweg gefunden wurden: Beispielsweise fanden Ekman und Friesen (1971), dass sogar stark isoliert lebende Ureinwohner Papua-Neuguineas deutlich oberhalb der Ratewahrscheinlichkeit operieren, wenn sie versuchen, in der westlichen Kultur als prototypisch angesehene affektive Ausdrücke auf Bildern zu erkennen. Dieser Befund lässt einerseits den Schluss zu, dass diese Ausdrücke in einem gewissen Maß kulturunabhängig sind, und bestärkt überdies die Sichtweise, dass diesen Ausdrücken den Menschen inhärente Emotionskategorien zu Grunde liegen, die sich vermutlich herausgebildet haben, um wiederholten Anforderungen der Umwelt im Lauf der Evolution effizient zu begegnen. Ekman und Friesen haben durch ihre Befunde dazu beigetragen, dass affektiven Ausdrücken in der Emotionsforschung eine große Bedeutung beigemessen wird.

Was sind nun aber die Wahrnehmungsfolgen der beiden Ausdrücke von Angst und Ärger, die im Fokus der vorliegenden Projekts stehen? Grundsätzlich lassen sich zwei verschiedene Arten von abhängigen Maßen (Messgrößen) unterscheiden, mit denen die Wahrnehmung und Verarbeitung von affektiven Gesichtsausdrücken untersucht werden kann. Einerseits werden solche Maße verwendet, die auf eine Beurteilung der im Sender vorliegenden Zustände abzielen: Hierzu zählen kategoriale Urteilsgenauigkeiten hinsichtlich der dargestellten Emotionen und damit verbundene Reaktionszeiten, sowie Einschätzungen der vom Sender wahrgenommenen affektiven Intensitäten (Zusammenfassend als Dekodierungsgenauigkeit bezeichnet). Andererseits werden solche Maße verwendet, die (typischerweise in Selbstberichtsform) die Intensität der vom Betrachter empfundenen affektiven Reaktionen angeben. Bisweilen sollen von Versuchspersonen auch die „Intensitäten der Ausdrücke“ als solche beurteilt werden, wobei in diesem Fall jedoch das genaue Urteilsobjekt nicht recht klar wird: Weder wird die vom Sender, noch die vom Empfänger empfundene affektive Intensität eingeschätzt. Möglicherweise wird von den Versuchspersonen erwartet zu beurteilen, wie die betrachteten Ausdrücke auf hypothetische dritte Personen wirken würden.

Bisweilen zeichnet sich in experimentellen Befunden ein leichter Dekodierungsvorteil für Angsausdrücke im Vergleich mit Ärgerausdrücken ab. So berichten Ekman und Friesen (1971) Ergebnisse aus zehn kulturell verschiedenen Stichproben, in denen deutliche Erkennungsvorteile, wenn überhaupt, für Angst zu finden waren. Viele Studien finden zwar keine Dekodierungsunterschiede für Angst- und Ärgerausdrücke (z.B. Pichon, de Gelder &

Grezes, 2009), jedoch liegen in Gesichterreizen häufig erkennbare Unterschiede in der Ausdrucksfähigkeit der abgebildeten Modelle (der ausdrückenden Personen) vor, sodass einzelne Befunde vermutlich in hohem Maße von der Auswahl der verwendeten Reize abhängen.

Für den gegenwärtigen Zweck ist insbesondere die Frage interessant, wie sich subjektive affektive Reaktionen auf unterschiedliche Ausdrücke unterscheiden. Leider gibt es nicht viele Studien, die diese affektiven Reaktionen in differenzierter Weise untersucht haben. Dies trägt möglicherweise der Tatsache Rechnung, dass zunächst eine Verständigung darüber erfolgen müsste, welche unterschiedlichen Reaktionen grundsätzlich zu erwarten sind und mit welchen möglichst einheitlich verwendeten Begriffen diese vom Betrachter erfragt werden können. Darüber hinaus ist nicht klar, ob Versuchspersonen immer in der Lage sind, ihre affektiven Reaktionen mit großer Genauigkeit anzugeben. Alltagsbeobachtungen der Entwicklung von Kindern und Jugendlichen legen nahe, dass hierfür unter anderem persönliche Erfahrung und Selbstaufmerksamkeit eine wesentliche Rolle spielen.

Dem Autor sind zwei Arbeiten anhand von gesunden (repräsentativen) Stichproben bekannt, die neben Dekodierungsmaßen auch die empfundenen Reaktionen auf affektive Ausdrücke erfasst haben. So fanden Hess, Adams und Kleck (2007), dass sich die aufgrund von Angst- und Ärgerausdrücken empfundene Ängstlichkeit nicht wesentlich unterscheidet (Angst: $M=2.25$, $SD=1.91$; Ärger: $M=2.14$, $SD=1.85$; siehe dort Tabelle 1, rechte Spalte: gemeinsame Mittelwerte und Standardabweichungen für direkten und abgewandten Blick). Dennoch deuteten sich Unterschiede auf weiteren Emotionsskalen an: Ärgerausdrücke riefen tendenziell stärkere Irritation hervor als Angstausdrücke (Angst: $M=1.65$, $SD=1.78$; Ärger: $M=2.79$, $SD=1.91$), wohingegen Angst- im Vergleich mit Ärgerausdrücken tendenziell zu stärkerer Überraschung führten (Angst: $M=3.66$, $SD=1.99$; Ärger: $M=1.19$, $SD=1.57$). Natürlich können solche Befunde immer in gewissen Teilen von den konkret verwendeten Reizen abhängen (siehe oben). Dass auch die Art der Befragung, insbesondere das jeweils erfragte Emotionskonzept, für die Messergebnisse entscheidend ist, könnte sich in Befunden von Boll, Gamer, Kalisch und Büchel (2011) zeigen, die – gewissermaßen im Gegensatz zu den Befunden von Hess et al. – eine stärkere empfundene Bedrohtheit durch Ärgerausdrücke im Vergleich mit Angstausdrücken fanden. Leider liegt keine Überblicksarbeit vor, die für ein verlässlicheres Bild der Datenlage die Ergebnisse mehrerer solcher Studien integriert hat.

Schließlich bleibt die Frage zu klären, wie Dekodierungsleistungen für affektive Ausdrücke und selbstberichtete affektive Reaktionen zusammenhängen. Eine naheliegende Vermutung ist, dass sich die im Betrachter hervorgerufenen Emotionen in dem Maße

begünstigend auf die Verarbeitung der sie hervorrufenden Reize auswirken sollten, wie sie unmittelbar mit Überlebenschancen in Verbindung gebracht werden können. Hierbei erscheint es zunächst so, als würde behauptet, dass das Resultat eines Wahrnehmungsvorgangs letztlich wieder auf diesen zurück wirkt. Dass dies jedoch nicht der Fall ist, wird klar, wenn man sich die beiden Pfade ins Gedächtnis ruft, die für die Verarbeitung bedrohlicher affektiver Reize beschrieben worden sind (LeDoux, 2000). Aus dieser Unterscheidung ergeben sich zwei mögliche Wege, auf denen Wahrnehmungsvorgänge affektiver Reize begünstigt werden können. Einerseits können affektive Reize über den ungenauen Verarbeitungspfad sehr schnell affektive Reaktionen auslösen, die von „höheren“ kognitiven Instanzen (wie ein „Bauchgefühl“) wahrgenommen und zur Reizunterscheidung verwendet werden können (vgl. Bechara & Damasio, 2005). Andererseits kann der schnelle und ungenaue Verarbeitungspfad diese „höheren“ Zentren für eine genaue Analyse figuraler Reizmerkmale vorbereiten, die in nicht-affektiver Weise zur Dekodierung beitragen kann (LeDoux, 2000). Zusätzlich wurde bereits darauf hingewiesen, dass schon auf der Ebene von Eingangsstationen zur zentralnervösen Verarbeitung Filtervorgänge stattfinden können, die solche Reize begünstigen, die im Lauf der Phylogese mit Bedrohung assoziiert waren.

Reize, die ein starkes Bedrohungsempfinden auslösen, sollten also besser (schneller, fehlerfreier, genauer mit Hinblick auf Intensitäten) wahrgenommen werden, als weniger bedrohliche Reize. Dies ist gerade die Grundlage der Interaktionshypothese hinsichtlich Ausdruck und Blickrichtung. Allerdings ist die Situation, wie sie in psychologischen Experimenten vorliegt, deutlich komplexer. Dargebotene Reize rufen nicht nur affektive Reaktionen hervor, sondern besitzen auch figurale Eigenschaften: wahrgenommene Kanten, Flächen, Helligkeits- und Farbverläufe, die bisweilen in bestimmten Regionen der Reize (z.B. in der Augen- oder Mundregion) spezifisch für den einen oder anderen affektiven Ausdruck sind. Anhand solcher Eigenschaften könnte selbst in Abwesenheit affektiver Reaktionen eine Reizunterscheidung bis hin zu Kategorienlernen stattfinden. Vermutlich könnte selbst ein Mensch mit substanziellen affektiven Defiziten, bspw. aufgrund einer Hirnschädigung oder eines genetischen Defekts, durch hinreichendes Training lernen, affektive Ausdrücke ähnlich gut zu erkennen, wie es bei gesunden Personen der Fall ist. Bei der Dekodierung affektiver Reize ist somit stets zu erwarten, dass eine Mischung aus affektiver und nicht-affektiver Verarbeitung stattfindet, und dass die empfundenen affektiven Intensitäten die erzielten Dekodierungsunterschiede nicht vollständig erklären.

Im Gegensatz zu Gesichtsausdrücken steht die Untersuchung von Blickrichtungen erst seit Kurzem im Fokus kognitiver und emotionspsychologischer Untersuchungen sozialer

Kommunikation. Dies überrascht, da die Blickrichtung einen wesentlichen Informationsträger im Rahmen kommunikativer Handlungen darstellt: Oft beinhaltet sie nicht nur Informationen über den Aufmerksamkeitsfokus des Senders, sondern auch über dessen Bewertung von Umweltaspekten wie beispielsweise ihre relative Begehrtheit (George & Conty, 2008).

Zwar kann die Blickrichtung eines Senders unbegrenzt viele Ausprägungen annehmen, aus der Perspektive eines Betrachters werden jedoch hauptsächlich direkter (Blickkontakt) und abgewandter Blick unterschieden. Direktem Blick kommt offenbar eine besondere Rolle zu, da dieser allein bereits Bedrohungsempfindungen auslösen kann (Argyle & Cook, 1976). Andererseits besitzt direkter Blick auch eine besondere Bedeutung für positiver Emotionen: Er kann die wahrgenommene Intensität eines Freudeausdrucks intensivieren (Adams & Kleck, 2005) und verstärkt bisweilen die Attraktivität lächelnder Gesichter des anderen Geschlechts (Jones, DeBruine, Little, Conway & Feinberg, 2006). Vermutlich ist Blickkontakt für uns Menschen deshalb so zentral, weil wir aus probabilistischer Sicht annehmen müssen, dass der Sender eines solchen Blicks den Betrachter gezielt fokussiert und diesem Blick eine konkrete kommunikative Absicht, oder wenigstens ein auf den Betrachter bezogener mentaler Zustand, zu Grunde liegt. Zusätzlich liegt das Wissen um diese Vermutung natürlich sowohl auf Seiten des Betrachters als auch des Senders vor, was Alltagsbeobachtungen gemäß zur Folge hat, dass Blickkontakt entweder tatsächlich gezielt hergestellt, oder aber absichtlich vermieden wird. Es kann also davon ausgegangen werden, dass Blickkontakt einen Betrachter stets in eine bestimmte Beziehung zu den internen Zuständen und Vorgängen des Senders setzt.

Abgewandter Blick hingegen kann zwei sehr unterschiedliche Ursachen haben: Natürlich kann Blickkontakt mit einem Betrachter absichtlich vermieden werden, in der Regel wird der Blick einer Person jedoch durch solche Wahrnehmungs-, kognitive oder affektive Vorgänge bestimmt, die auf einen dritten Umweltaspekt gerichtet sind (George & Conty, 2008). Dass ein Betrachter derartige interne Vorgänge des Senders zu entschlüsseln versucht, zeigt sich in vielen Forschungsarbeiten. So führt die Wahrnehmung abgewandten Blicks (vermutlich im Versuch den Blickfokus zu bestimmen) zu einer Fixierung der Augenregion des Senders, und eine zunehmende Fläche sichtbarer Sklera verstärkt diesen Effekt (Tipples, 2005). Darüber hinaus führt die Wahrnehmung abgewandten Blicks bekanntermaßen zu einer Verlagerung der räumlichen Aufmerksamkeit (Posner, Snyder & Davidson, 1980). Dass ein Betrachter daraus hervorgehende Informationen schließlich auch zu sich selbst in Beziehung setzt, zeigt sich unter anderem darin, dass die Präferenz von Objekten maßgeblich davon

bestimmt wird, auf welche dieser Objekte ein Sender vorher seinen Blick gerichtet hat (Bayliss, Paul, Cannon & Tipper, 2006).

Offenbar gilt, dass die Blickrichtung einer Person in der Regel davon bestimmt wird, welche Beziehung sie zu den Personen und Objekten in ihrer Umwelt hat und mit welchen dieser Entitäten sie sich derzeit mental befasst. Auf die genaue Art der Beziehung (bspw. positive oder negative Präferenz) muss ein Betrachter jedoch aus zusätzlichen Informationen schließen, wie beispielsweise aus der Vorgeschichte von Personen und Objekte (d.h. dem situativen Kontext), oder aus einem gleichzeitig präsentierten affektiven Ausdruck.

Bisherige Interaktionsbefunde und damit verbundene theoretische Positionen. Die erste Studie, die eine Interaktion von affektiven Gesichtsausdrücken und begleitender Blickrichtung zeigte, stammt von Adams und Kleck (2003). Die Autoren präsentierten ihren Versuchspersonen die Gesichtsausdrücke von Ärger, Angst, Freude und Trauer entweder mit direktem (Blickkontakt) oder mit vom Betrachter abgewandtem Blick. In der abgewandten Blickbedingung wurde das Gesicht dennoch in frontaler Orientierung dargestellt, die Manipulation der Blickrichtung erfolgte über ein seitliches Versetzen von Iris und Pupille mit Hilfe digitaler Bildbearbeitung. Auf diese Weisen fanden die Autoren, dass sowohl Ärger als auch Freude bei direktem Blick schneller erkannt werden, als bei abgewandtem Blick, wohingegen sich für Angst und Trauer genau das Gegenteil zeigte. Wie bereits in der Einleitung dargestellt, interpretierten Adams und Kleck diesen Befund als einen Kongruenzeffekt hinsichtlich motivationaler Zustände. Eine gängige Sichtweise der Psychologie postuliert zwei große Klassen von motivationalen Zuständen eines Organismus: (1) die grundsätzliche Tendenz sich Objekten oder (auch sozialen) Situationen anzunähern, um sie zu explorieren, d.h. ihre Eigenschaften zu untersuchen und Informationen über Nutzbarkeit oder Schädlichkeit abzuleiten, oder um aufgrund von existierenden Vorinformationen unmittelbar zu einer konsumatorischen Handlung überzugehen (Nahrungsaufnahme, Reproduktion, soziale Interaktion etc.; *behavioral approach system*, BAS); und (2) die Tendenz sich Objekten oder Situationen aufgrund von Vorinformationen zu entziehen, die entweder auf ihre Schädlichkeit hinweisen oder die einen möglichen Nutzen im Vergleich mit weiteren, konkurrierenden Umweltaspekten als geringer erscheinen lassen (*behavioral inhibition system*, BIS). Unterschiedliche Aktivierungen des BAS und des BIS sind auf spezifische neuronale Substrate zurück geführt worden und werden auch zur Klassifikation von Persönlichkeitsmerkmalen herangezogen (vgl. Gray, 1991). Die genannte Unterscheidung zeigt allerdings auch die Heterogenität der beiden Verhaltensklassen, da

sowohl das Aufsuchen als auch die Vermeidung ganz bestimmter Umweltaspekte sehr verschiedene Ursachen haben kann.

Der von Adams und Kleck (2003) erbrachte Befund wurde seitdem vielfach repliziert, und zwar nicht nur anhand von Reaktionszeiten (z.B. Benton, 2010), sondern auch in Bezug auf die Erkennungsgenauigkeit für affektive Ausdrücke (z.B. anhand von Fehlerraten), die wahrgenommene Intensität der im Sender zu Grunde liegenden Emotionen, und die subjektive Intensität der im Betrachter hervorgerufenen affektiven Reaktionen. Die Methoden und Ergebnisse einiger dieser Replikationsstudien sollen im Folgenden kurz dargestellt werden. Insbesondere hat sich jedoch die Interpretation des Interaktionsbefundes über die Zeit verändert, weshalb sich einige der Studien auf die Ausdrücke von Angst und Ärger konzentrieren. Aufgrund der geringen Zahl der bisherigen Untersuchungen und ihrer nicht ganz einheitlichen Befundlage, kann eine abschließende Entscheidung für eine der möglichen theoretischen Perspektiven aber noch nicht getroffen werden. Auch wenn unterschiedliche Ergebnisse natürlich auf Variationen der verwendeten Methoden beruhen können, ist nicht auszuschließen, dass den Einflüssen der Blickrichtung auf die Wahrnehmung von Gesichtsausdrücken – je nach betrachteter Emotion – unterschiedliche Mechanismen zu Grunde liegen. Wo es mit geringem Aufwand möglich ist, sollen differenzierende Sichtweisen kurz skizziert werden.

Zunächst replizierten Adams und Kleck (2005) ihren ursprünglichen Befund anhand mehrere Experimente, nun jedoch hinsichtlich der Zuschreibung von affektiven Zuständen im Sender. Sie zeigten zunächst dass direkter Blick in neutralen Gesichtern die Wahrnehmung von Ärger und Freude begünstigt, wohingegen die Wahrnehmung von Angst und Trauer eher von abgewandtem Blick hervorgerufen wird. Des weiteren zeigten sie, dass sowohl die Erkennung als auch die empfundene Intensität von künstlich gemischten Gesichtsausdrücken von Angst und Ärger (zu gleichen Teilen) bei direktem Blick eher Ärger bevorzugen, wohingegen abgewandter Blick eher zu einem Angstvorteil führt. Und schließlich zeigten sie, dass direkter Blick in regulären (prototypischen) affektiven Gesichtsausdrücken von Ärger und Freude grundsätzlich zu stärkeren „kongruenten“ affektiven Einschätzungen führt (bspw. die eingeschätzte Ärgerintensität eines Ärgerausdrucks) als bei abgewandtem Blick, wohingegen für Angst und Trauer das Gegenteil gilt. Da die verwendeten Maße alle auf die im Sender wahrgenommenen Emotionen abzielen, kann man sie vereinfacht unter dem Begriff der Dekodierungsgenauigkeit (bzgl. der kommunizierten Informationen) zusammenfassen. Im weitesten Sinne könnte man sogar Reaktionszeiten hierunter fassen, da bei begrenzten

Antwortzeiten stets eine wechselseitige Abhängigkeit von Reaktionsgeschwindigkeit und Urteilsgenauigkeit vorliegt, die dann oft in Form von relativen Fehlerraten angegeben wird.

Die dritte Studie dieser Forschergruppe (Hess et al., 2007) führte gewissermaßen einen dreifachen Paradigmenwechsel ein, da die Autoren zur Manipulation der Blickrichtung nun Gesichter mit entsprechend wechselnder Kopforientierung verwendeten (Frontalansicht vs. Halbprofil), neben der Dekodierungsgenauigkeit auch Selbstberichtsmaße für die erlebten affektiven Reaktionen erfassten, und da sie vermuteten, dass diejenigen Kombinationen von Ausdruck und Blick (bzw. Kopforientierung) stärkere Effekte erzielen würden, die mit einer möglichen Bedrohung des Betrachters kompatibel sind. Entsprechend ihrer Hypothese fanden Sie, dass Ärgerausdrücke mit direktem Blick besser erkannt werden und stärkere Angst im Betrachter auslösen als mit abgewandtem Blick, wohingegen sich ihre Vorhersage für Angstausrücke wenigstens tendenziell erfüllte: Angstausrücke mit abgewandtem Blick wurden besser erkannt, allerdings war dieses Ergebnis statistisch nicht signifikant. Eine stärkere Ängstlichkeit durch abgewandte Angstausrücke konnte allerdings nicht gezeigt werden. Vielmehr empfanden die Versuchspersonen durch diese Reize ein stärkeres Gefühl des Abgestoßenseins beziehungsweise der Zurückweisung (engl.: feeling repulsed). Ein weiteres wichtiges Ergebnis dieser Studie ist, dass, entgegen früheren Befunden (Adams & Kleck, 2003; 2005), für die Dekodierungsgenauigkeit von Freude und Trauer kein Einfluss der Blickrichtung gefunden werden konnte.

Die Autoren weisen in der Diskussion auf einige weitere, eher gemischte Befunde bezüglich der verschiedenen affektiven Reaktionen im Betrachter hin. Allerdings sind die Selbstberichtsmaße in ihrer Studie eher schwierig zu interpretieren, da die verwendeten Emotionsbezeichnungen nicht unbedingt denen entsprechen, die typischerweise für affektive Kategorien verwendet werden (bspw. „cheerfulness“, „irritation“, „feeling miserable“, „feeling repulsed“). Daher muss bezweifelt werden, dass die Versuchspersonen jeweils eine einheitliche Vorstellung davon hatten, welche ihrer möglichen Empfindung sie im Einzelnen beurteilten sollten. Da Introspektion meist auch auf der Abgrenzung interner Zustände beruht, wäre sogar denkbar, dass sich diese Unsicherheit zusätzlich auf diejenigen Emotionskonzepte übertragen hat, deren Begriffe auch im Alltag gebräuchlich sind („surprise“, „anxiousness“). Dennoch stellt die Einführung von Selbstbericht – vor allem des Bedrohungskonzeptes – einen wesentlichen Beitrag zu Methodologie und Theoriebildung dar.

Eine dritte, etwas weiter gefasste, Perspektive eröffneten Sander, Grandjean, Kaiser, Wehrle und Scherer (2007). Sie verwendeten dynamische Ausdrücke (zweidimensionale künstlich generierte Strichzeichnungen), die anfänglich einen neutralen Ausdruck mit

direktem oder abgewandtem Blick zeigten, und die nach 1100 ms einen prototypischen affektiven Ausdruck einschließlich einer Blickänderung aufweisen konnten. Sie replizierten damit den Befund einer Interaktion von Ausdruck und Blick anhand der Dekodierungsleistung für die Ausdrücke von Angst und Ärger. Sander et al. interpretierten diesen Befund jedoch nicht im Sinne der Bedrohlichkeit der Reize, sondern innerhalb des Bewertungsansatzes der Emotionsforschung (Appraisal Theory of Emotion; Scherer, 2001) als den Einfluss der vom Betrachter ermittelten Selbstrelevanz (vgl. Sander, Grafman & Zalla, 2003). Dies schließt jedoch nicht aus, dass eine hohe Selbstrelevanz von direkt ausgedrücktem Ärger und abgewandter Angst auf das Ausmaß hervorgerufener Bedrohung zurückgeht. Insbesondere kommen die Autoren von theoretischer Seite her zur gleichen Vorhersage der Informationsverarbeitung im Betrachter, wie sie der Bedrohungsansatz liefert. Es fehlt somit zunächst an Hinweisen, dass die Idee der Selbstrelevanz im Kontext affektiver Gesichterwahrnehmung einen theoretischen Mehrwert besitzt.

Weitere Arbeiten haben keine neuen theoretischen Ansätze präsentiert, sondern sich mehr auf die Ermittlung von Reizeigenschaften konzentriert, die den Interaktionseffekt näher bestimmen. Darüber hinaus untersuchten sie anhand funktioneller Bildgebung, welche Hirngebiete durch die Verarbeitung der gezeigten Reize aktiviert werden (hier: funktionelle Magnetresonanztomografie, fMRT; eine kurze Beschreibung dieser Methode findet sich weiter unten). Im Zuge einer solchen neurophysiologischen Untersuchung verwendeten N'Diaye, Sander und Vuilleumier (2009) dreidimensionale (synthetische) dynamische Ausdrücke mit einer Entfaltungszeit von 3–4 Sekunden und bestätigten den Interaktionseffekt für die Dekodierung von Angst- und Ärgerausdrücken mäßiger expressiver Intensität. Für hochintensiven Ärger hingegen zeigten sich bessere Dekodierungsleistungen bei abgewandtem Blick, sodass Ausdrücke hoher Intensität keinen Interaktionseffekt aufwiesen. Da die Ausdrücke aber künstlich generiert worden waren, ist ein intensitätsabhängiger Deckeneffekt ihrer Typikalität nicht auszuschließen: Ab einer bestimmten Intensität könnten manche Reize beginnen unangemessen zu wirken, und dies könnten sich verzerrend auf die Ergebnisse ausgewirkt haben.

Sato, Yoshikawa, Kochiyama und Matsumura (2004; ebenfalls im Zuge funktioneller Bildgebung) fanden zwar einen stärker erlebten negativen Affekt aufgrund direkter Ärgerausdrücke, nicht jedoch eine stärkere im Sender wahrgenommene Emotion. Auch wenn dieser Befund den bisher genannten widerspricht, erscheint er doch bei näherer Betrachtung als nicht unplausibel: Personen mit von einem beliebigen Betrachter abgewandtem Blick sollten nicht grundsätzlich stärker oder schwächer empfinden als bei vorliegendem

Blickkontakt. Denn der „abgewandte“ Blick eines Senders kann auf eine dritte Person gerichtet sein, für die derartige Überlegungen ebenfalls zutreffen müssen. Im Gegensatz dazu ist es völlig plausibel, dass die vom Betrachter erlebte affektive Intensität von der wahrgenommenen Blickrichtung des Senders abhängt, da diese Blickrichtung auf mögliche Folgen eines dargestellten Affekts hinweisen kann (siehe oben).

Die Befunde von Sato et al. (2004) sind jedoch mit einer gewissen Vorsicht zu interpretieren, da die Autoren die wahrgenommenen Blickrichtungen der Ausdrücke auf eine sehr ungewöhnliche Weise herstellten: Beispielsweise präsentierten sie einen nach links abgewandten Blick auf der rechten Seite eines zu fixierenden Kreuzes und führten diese Bedingung als „auf den Betrachter gerichtet“ ein („towards“); oder sie präsentierten denselben Ausdruck linksseitig und bezeichneten diese Bedingung als „vom Betrachter weg gerichtet“ („away“). Offenbar haben die Autoren versucht, eine Blickrichtungsmanipulation bei physikalisch konstanten Reizen vorzunehmen, um Unterschiede in der affektiven Verarbeitung von Reizunterschieden zu trennen. Aus verschiedenen Bereichen (bspw. aus den visuellen Medien) ist jedoch bekannt, dass ein Blick nur dann als „Blickkontakt“ empfunden wird (dann allerdings sehr verlässlich: vonGrunau & Anston, 1995), wenn während der Entstehung eines Bildes auch tatsächlich direkter Blick vorlag (hier: auf das Aufnahmegerät). Etwas schwieriger ist es zu beschreiben, wie grundsätzlich die Blickrichtung anderer bestimmt wird. Während hierzu bei frontaler Kopforientierung die Betrachtung der sichtbaren Augenweißanteile (zu beiden Seiten der Iris) genügen sollte, muss im allgemeinen Fall stets die Kopforientierung berücksichtigt werden (Langton et al., 2000). Dennoch sind Menschen sehr genau in der Lage die An- oder Abwesenheit von Blickkontakt festzustellen: Die Verschiebung eines festen Reizes ändert die wahrgenommene Blickrichtung einer Person offenbar nicht wesentlich (vgl. Sato et al., 2004; siehe dort Abbildung 1).

Diese Reihe allgemeinspsychologischer Arbeiten schließt die Studie von Boll, Gamer, Kalisch und Büchel ab (2011; ebenfalls im Zuge funktioneller Bildgebung), in der Ausdrücke mit maximal uneindeutiger Blickrichtung verwendet wurden. Die Autoren veränderten die Blickrichtung von Gesichterreizen ebenfalls durch den seitlichen Versatz von Iris und Pupille, allerdings ermittelten sie in einer Voruntersuchung das Ausmaß an Dislokation, das zu einer möglichst uneindeutigen Blickwahrnehmung führt. Anschließend manipulierten Boll et al. in ihrem Hauptexperiment die wahrgenommene Blickrichtung dieser physikalisch konstanten Reize, in dem sie über eine vorausgehende verbale Einleitung einen Kontext errichteten, der einem Betrachter entweder seine Involvierung suggerierte oder dies explizit ausschloss. Anschließend fragten die Autoren (unter anderem) direkt nach der empfundenen Bedrohung

durch die präsentierten Reize, und fanden für Angst- und Ärgerausdrücke einen Interaktionseffekt mit der wahrgenommenen Blickrichtung, der den bereits genannten Befunden weitgehend entspricht. Ärgerausdrücke erzeugten bei persönlicher Involvierung eine deutlich stärkere Bedrohung als ohne Involvierung, wohingegen sich für Angstausrücke kein Unterschied zeigte. Boll et al. erbrachten so einen Hinweis darauf, dass wenigstens der Verarbeitungsvorteile direkter Ärgerausdrücke auf ihrem konkreten Bedrohungspotential basieren könnte. Die verwendete Methode zeigt überdies, dass es durchaus möglich ist, auch anhand von physikalisch konstanten Reizen eine Blickrichtungsmanipulation vorzunehmen.

Unterstützende Befunde aus Nachbarbereichen. Auch entwicklungspsychologische Studien tragen zur Befundlage bei. Akechi, Senju, Kikuchi, Tojo, Osanai und Hasegawa (2009) zeigten anhand von Fehlerraten bei affektiven Urteilen, dass 12-jährige Kindern einer gesunden Kontrollgruppe direkten Ärger und abgewandte Angst vergleichsweise genauer erkennen können, während ansonsten vergleichbare autistische Kindern keinen solchen Vorteil aufwiesen. Dieses Ergebnis könnte die Bedeutung von Gesichterinformationen für soziale Wahrnehmung und soziale Interaktionen unterstreichen, die bei Störungen aus dem Autismusspektrum meist defizitär sind. Darüber hinaus zeigen Befunde anhand von jungen Stichproben, dass es sich bei den untersuchten Eigenschaften um angeborene Merkmale handeln kann. So zeigten Striano, Kopp, Grossmann und Reid (2006) vier Monate alten Kleinkindern neutrale, freudige und ärgerliche Ausdrücke und maßen ihre zentralnervöse Reaktion anhand des Elektroenzephalogramms (EEG). Für Ärgerausdrücke mit direktem Blick fanden sie stärkere Reaktionen im Bereich zwischen 700 und 1000 ms nach Reizbeginn („positive slow wave“, PSW; frontale und zentrale Ableitungen) im Vergleich mit abgewandtem Blick. Gerade dieses letzte Ergebnis kann als deutlicher Hinweis darauf gesehen werden, dass die dem Interaktionseffekt zu Grunde liegenden Mechanismen nicht das Ergebnis ontogenetischer Lernprozesse sind, sondern dass es sich hierbei um die Funktionsweise angeborener mentaler Kapazitäten handelt (vgl. das Konzept der Modularität; siehe Teil 1).

Auch wenn das Hauptaugenmerk auf der Verarbeitung affektiver Gesichter liegt, sollen zusätzlich Befunde genannt werden, die aus der entgegen gesetzten Perspektive stammen, d.h. aus der Untersuchung von Blickwahrnehmung. Adams und Franklin (2009) fanden in zwei Experimenten, dass abgewandter Blick in Angstausrücken schneller erkannt wird als in Ärgerausdrücken, wohingegen für direkten Blick eher das Gegenteil gilt. Ähnlich konnten Lobmaier, Tiddeman und Perrett (2008) zeigen, dass der Ausdruck von Ärger bei leichter Blickvariation (von 0°: direkter Blick; bis 10°: deutlich abgewandt) eher zur

Wahrnehmung von Blickkontakt führt als Angst (und als neutrale Ausdrücke, aber nicht als Freude!). Sie berichten dies zwar nicht explizit, es scheint jedoch aus ihrer Ergebnisabbildung hervorzugehen, dass für Ärger insbesondere bei einer Blickabwendung von 4° ein deutlicher Vorteil für wahrgenommenem Blickkontakt besteht. Anders herum ausgedrückt scheinen Angstausrücke gerade bei sehr leicht abgewandtem Blick eher zur Wahrnehmung von abgewandtem Blick zu führen, als dies für Ärgerausdrücke der Fall ist. Dies ist jedenfalls der Befund von Ewbank, Jennings und Calder (2009), die fanden, dass die Kategoriengrenze für direkten Blick (genau 50% der Urteile für „Blickkontakt“) leicht über 4° Abwendung hinaus geht, wohingegen sie für Angst (und neutrale Ausdrücke) etwas darunter verbleibt. Diese Befunde könnten auf die größere Relevanz von direkten Ärger und abgewandten Angstausrücken hinweisen, da Versuchspersonen diese Kombinationen von Blick und affektivem Ausdruck offenbar vermehrt wahrnehmen.

Bayless, Glover, Taylor & Itier (2011) fanden, dass ängstliche (und überraschte) Ausdrücke stärker als ärgerliche (und freudige) Ausdrücke zu einer Blickausrichtung des Betrachters auf die Augenregionen von Gesichtern führen. Die Ursache hierfür ist möglicherweise der Versuch, die Quelle einer potentiellen Bedrohung (bzw. den Ort eines unerwarteten Objekts) in der gemeinsamen Umgebung zu bestimmen. Ähnlich zeigten Mathews, Fox, Yiend & Calder (Mathews, Fox, Yiend & Calder, 2003) eine stärkere Beeinflussung der räumlichen Aufmerksamkeit hochängstlicher Betrachter durch die Blickrichtung von ängstlichen im Vergleich mit neutralen Gesichtern. Diese Befunde weisen auf den ersten Blick eine gewisse Asymmetrie in der Gesichterverarbeitung auf: Für die Wahrnehmung von Angstausrücken scheint die Blickrichtung des Senders eine größere Rolle zu spielen als für die Wahrnehmung von ärgerlichen (und neutralen) Gesichtern.

Die Ursache hierfür könnte jedoch mit der kategorialen Wahrnehmung von Blickkontakt zusammen hängen. Während Ärgerausdrücke für den Betrachter eher bei direktem Blick relevant sind, gilt dies für Angstausrücke eher bei abgewandtem Blick. Im Fall von Ärger sollte ein Betrachter somit feststellen, *ob* er vom Sender angesehen wird, im Fall von Angst sollte er jedoch feststellen, *wohin* ein Betrachter schaut. Im Fall von Ärger handelt es sich also um die kategoriale Entscheidung, ob Blickkontakt vorliegt, im Fall von Angst um die graduelle Bestimmung des Orts einer möglichen Gefahrenquelle. Naturgemäß sollte aber das qualitative (kategoriale) Erkennen oder der Ausschluss einer Situation leichter fallen als ihre quantitative nähere Bestimmung. Tatsächlich stellen Menschen direkten Blick vergleichsweise leicht fest (vonGrunau & Anston, 1995). Im Fall von Ärger kann somit vergleichsweise schnell festgestellt werden, ob und wo eine mögliche Gefahr vorliegt.

Dagegen stellt die Gefahrenlokalisierung im Fall von Angst einen aufwändigen Vorgang dar, der mit entsprechend stärkerer Blickorientierung (auf die Augenregion von Gesichtern) und Aufmerksamkeitsausrichtung einher gehen sollte. Die genannten Befunde widersprechen also nicht der Möglichkeit, dass sich die Blickrichtung eines Senders gleichberechtigt auf die Wahrnehmung der von ihm gezeigter Ausdrücke von Angst und Ärger auswirkt.

Zusammenfassung. Zusammen genommen erscheint die Interaktion von Ausdruck und Blickrichtung als robuster Befund, der sowohl von angrenzenden Forschungsfeldern (Blickidentifikation, Blickorientierung) als auch von benachbarten Teildisziplinen (Entwicklungspsychologie) gestützt wird. Die meisten Untersuchungen hierzu betreffen hierbei die Emotionen von Angst und Ärger, die mit der Vermittlung von Bedrohungsinformationen in Verbindung gebracht werden können. Dies schließt natürlich nicht aus, dass auch die Wahrnehmung anderer Ausdrücke, wie beispielsweise Freude und Trauer, Blickrichtungseinflüssen unterliegt (vgl. Adams & Kleck, 2003; 2005). Nur könnte dies auf völlig anderen Prinzipien beruhen, als im Fall von Angst und Ärger. Auf den ersten Blick ist jedenfalls nicht ersichtlich, welche Rolle die Emotionen von Freude und Trauer im Kontext von Bedrohungsermittlung spielen sollten. Es wäre denkbar, dass sich derartige Befunde innerhalb eines größeren theoretischen Rahmens integrieren ließen, wie ihn beispielsweise das Konzept der Selbstrelevanz bietet (vgl. Sander et al., 2003). Es lassen sich jedoch auch Überlegungen anstellen, die spezifisch mit den funktionalen Rollen dieser Emotionen verbunden sind. Diese sollen abschließend kurz genannt werden. allerdings sei ausdrücklich auf ihren spekulativen Charakter hingewiesen, sowie auf das weitgehende Fehlen von Literaturverweisen, die ihre Plausibilität stützen könnten.

Der Ausdruck von Freude signalisiert einem Betrachter möglicherweise, dass der Sender im Besitz ganz bestimmter materieller oder immaterieller Ressourcen ist oder sich wenigstens im Begriff wähnt, diese in Besitz zu nehmen. Gleich, ob es sich hierbei um eine reichhaltige Mahlzeit, eine wohlverdiente Pause mit der Aussicht auf körperliche oder geistige Erholung, einen schönen Urlaub, einen Lottogewinn, einen attraktiven Partner, einen Kreis guter Freunde, eine schulische oder berufliche Auszeichnung, das Lesen eines guten Buches, den Genuss eines besonderen Stückes Musik oder Kunst etc. handelt: Der Besitz, die Einverleibung, der Genuss dieser „Dinge“ ist mit einem Zuwachs an materiellen (auch monetären), sozialen (Bindungen, Unterstützung) oder geistigen Ressourcen (Erholung, Wissen, Inspiration) verbunden, und zusätzlich mit dem Wissen, wie solche Ressourcen zu erwerben sind. Insofern ist die Freude eines Senders auf Seiten eines Betrachters auch mit einem möglichen Profit von diesen Ressourcen verbunden. Und die Möglichkeit eines solchen

Profits hängt vermutlich davon ab, wie es um die soziale Beziehung dieser beiden Personen bestellt ist, ob der Sender also den Betrachter an den Ressourcen teil haben lässt.

Der Kern dieser Argumentation ist, dass die Art der Beziehung zwischen Sender und Betrachter, und damit auch eine mögliche Teilhabe an Ressourcen, unter anderem dadurch gekennzeichnet ist, ob der Sender den Betrachter im Fall vorliegender Ressourcen anlächelt, seine Freude mit ihm teilt und ihn dadurch über diese Ressourcen informiert. Dieses Signal sollte der Betrachter auf keinen Fall verpassen, sondern es mit großer Verlässlichkeit und Intensität wahrnehmen, weil davon möglicherweise die Ressourcen abhängen, die ihm künftig zur Verfügung stehen. In diesem Zusammenhang ist unter anderem der Gemeinplatz interessant, dass bei Kontakt mit potentiellen Partnern diejenigen Personen häufiger und stärker Lächeln, die davon überzeugt sind, dem jeweiligen Gegenüber mit ihrer Persönlichkeit, ihren typischen Aktivitäten und Ressourcen etwas Substantielles anbieten zu können. Sollte die Interpretation eines Freudeausdrucks als Ressourcensignal im Betrachter vorliegen, wäre dies jedenfalls eine vielversprechende Strategie des Senders. Entsprechend empfinden Menschen eine stärkere Attraktivität von Personen des jeweils anderen Geschlechts, wenn diese sie anblicken und dabei lächeln (Jones et al., 2006). Dabei sollte es sich aber natürlich um das sogenannte „Duchenne“-Lächeln handeln, bei dem das unwillkürliche Zusammenkneifen der Augen mit den dabei entstehenden Lachfalten eine vorgetäuschte Empfindung ausschließt. Lächeln, bzw. der Gesichtsausdruck von Freude, könnte also im Wesentlichen ein Ressourcenindikator sein, und die menschliche Phylogenese sollte sichergestellt haben, dass derartige Hinweise in der sozialen Umwelt wahrgenommen werden.

Der Ausdruck von Trauer hingegen hat vermutlich die Funktion, einen wesentlichen materiellen, sozialen oder ideellen Verlust anzuzeigen, um auf diese Weise ein möglichst hohes Maß an Unterstützung aus dem sozialen Umfeld zu erhalten. Für die Beurteilung der Angemessenheit dieses Verhaltens sollte es jedoch eine wesentliche Rolle spielen, ob die gezeigte Emotion auch tatsächlich empfunden wird. Und da Ressourcen in der Regel knapp sind, kann erwartet werden, dass sich in sozialen Gruppen auch für Trauerreaktionen Echtheitsindikatoren entwickelt haben. Beispielsweise kann spekuliert werden, dass sich Tränenfluss als Begleitreaktion empfundener Trauer herausgebildet hat, weil er von den meisten Menschen nicht willkürlich erzeugt werden kann.

Für die empfundene Angemessenheit eines solchen Hilfesuchts könnte jedoch auch die wahrgenommene Blickrichtung des Senders eine Rolle spielen. Genauer könnte ein abgewandter trauriger Blick dem Betrachter signalisieren, dass ihr Sender nicht willkürlich

versucht seine Ressourcen zu Lasten des Betrachters zu mehren, sondern dass der gezeigte Ausdruck auf einem tatsächlich empfundenen Verlust beruht. Alltagsbeobachtungen zeigen jedenfalls, dass eine „Trauermiene“ bei Blickkontakt weniger effektiv ist, einen Betrachter zur Vergabe von Ressourcen zu bewegen. Darüber hinaus besitzt abgewandter Blick eine gewisse Ähnlichkeit mit schamhaftem Verhalten und könnte dem Betrachter eines Trauerausdrucks daher signalisieren, dass der Sender um die knappen Ressourcen des Betrachters weiß. Somit könnte es für den Betrachter eines Trauerausdrucks wichtig sein, direkten von abgewandtem Blick zu unterscheiden. So könnte die unnötige Vergabe von Ressourcen verhindert und Hilfeverhalten in angemessenen Situationen begünstigt werden.

Ungeachtet ihrer spekulativen Natur zeigen diese Betrachtungen, dass auch im Fall von Freude und Trauer spezifische Hypothesen entwickelt werden können, um den Einfluss der Blickrichtung auf die Verarbeitung ihrer Ausdrücke zu erklären. Hierzu erscheint es jedoch hilfreich, die konkreten Funktionen dieser Emotionen zu betrachten. Prägnant ließe sich formulieren, dass unterschiedliche Merkmale und Verhaltensweisen in der Regel unterschiedliche Funktionen erfüllen und daher meist auch von unterschiedlichen Modellen am besten erklärt werden. Möglicherweise können die Überlegungen hinsichtlich Freude- und Trauerausdrücken zusätzlich in das übergeordnete Konzept der Selbstrelevanz eingeordnet werden. Auch hier, wie bereits im Fall von Angst und Ärger, ist jedoch nicht ersichtlich, welchen explanatorischen Mehrwert diese Perspektive bieten sollte.

b) Wesentliche methodische Entscheidungen und Aufgliederung in Teilexperimente

Nach Sichtung der theoretischen und empirischen Grundlagen konnte das vorliegende Projekt sinnvoll in Teile aufgegliedert werden, d.h. es konnte damit begonnen werden, einzelne Experimente zu planen, die gemeinsam zur Beantwortung der Fragestellung beitragen (siehe Teil 1). Hierzu mussten zunächst diejenigen Fragen formuliert werden, die sich anhand des dargestellten Hintergrundes hinsichtlich der einzelnen Teilfragestellungen ergeben haben. Während untergeordnete Aspekte der methodischen Planung erst innerhalb der geschlossenen Darstellung der Einzelexperimente aufgegriffen werden, finden sich die wesentlichen derartigen Fragen im Folgenden aufgeführt und beantwortet, und aus diesen Antworten wurden die Experimente des Projekts abgeleitet. Diese Fragen sind:

(i) Ist es möglich, die Bedrohlichkeit der verschiedenen Kombinationen von affektivem Ausdruck (Angst, Ärger) und begleitender Blickrichtung (direkt, abgewandt) objektiv und ohne Rückgriff auf selbstberichtete affektive Intensitäten zu bestimmen?

(ii) Welche konkreten Gesichterreize sollen verwendet werden, d.h. welche Reizdatenbank soll konsultiert werden, wie soll sicher gestellt werden, dass die verwendeten Reize möglichst prototypisch und ausdrucksstark sind, und wie soll insbesondere die Manipulation der Blickrichtung erfolgen?

(iii) Wie soll die unbewusste Verarbeitung der Gesichterreize hergestellt werden, kann unbewusste Verarbeitung überhaupt in solch kategorialer Weise erwartet werden, und auf welche Weise soll unbewusste Verarbeitung überprüft werden?

(iv) Wie soll die Beteiligung der anvisierten Hirnstrukturen ermittelt werden, und welche Schwierigkeiten ergeben sich hierbei (z.B. für die Reizdarbietung) aufgrund technischer oder methodischer Gegebenheiten?

Zu (i): Objektive Messung von Bedrohung. Die Überprüfung der Bedrohungsannahme – Interaktionsbefunde für Ausdruck und Blickrichtung beruhen auf der Bedrohlichkeit der beteiligten Reizkategorien – stellte für die Planung weiterer Teile der Untersuchung, beispielsweise für die konkrete Auswahl der Gesichterreize, ein bestimmendes Moment dar. Aus der Unterscheidung der Dekodierungsgenauigkeit für die vom Sender ausgedrückten Emotionen und der Intensität der im Betrachter entstehenden affektiven Reaktionen geht hervor, dass es für affektive Ausdrücke wenigstens zwei wesentliche Beschreibungsmerkmale gibt: einerseits ihre Prototypikalität, d.h. ihre Übereinstimmung mit dem Ausdrucksverhalten, das ein Betrachter für eine bestimmte Emotion erwartet, und die vermutlich im Wesentlichen die Dekodierungsleistung und somit die Unterscheidbarkeit hinsichtlich anderer affektiver Ausdrücke bestimmt; und andererseits ihre Intensität, die über die Bedeutsamkeit für den Betrachter einen großen Einfluss auf die Stärke seiner affektiven Reaktionen ausüben sollte. Auch wenn Prototypikalität und Intensität typischerweise stark korreliert sind, da vermutlich eine eingeschränkte Prototypikalität von Ausdrücken auch ihre empfundene Intensität reduziert (Manuel G. Calvo; informelle Korrespondenz), hat es im Fall von Ärger beispielsweise den Anschein, dass unter anderem das Ausmaß des Augenschließens mit der Stärke des affektiven Zustands zusammenhängt, den der Betrachter dem Sender zuschreibt. Darüber hinaus scheint es vor allem bei Ärgerausdrücken noch eine weitere wichtige Unterscheidung zu geben: Während eine geschlossener Mund mit zusammen gepressten Lippen eher den Eindruck erweckt, Ärger (und seine mögliche Folgen) dürfte aus unbestimmten Gründen nicht offen gezeigt werden, signalisiert ein offener Mund mit präsentierten Zähnen anscheinend solchen Ärger, der dem Adressaten uneingeschränkt gezeigt wird und der Folgen bis hin zu einem physischen Konflikt haben kann (siehe oben).

Dieser zweite Fall sollte im Betrachter also zu einer deutlich stärkeren Bedrohtheit führen als ein Ärgerausdruck mit geschlossenem Mund, sodass – unter Gültigkeit der Bedrohungsannahme – am ehesten solche Ärgerausdrücke zu unbewusster Verarbeitung führen sollten, die vom Sender nicht nur mit möglichst großer Intensität, sondern auch in offener, uneingeschränkter Weise präsentiert werden. Aus diesen Überlegungen wird überdies klar, dass die Bedrohungsannahme in jedem Fall vor der Untersuchung der unbewussten Verarbeitung von Gesichterreizen überprüft werden musste.

Allerdings musste zunächst geklärt werden, wie die Bedrohlichkeit von Reizen überprüft werden sollte. Natürlich ist die Erfassung selbstberichteten Affekts ein sehr intuitiver Zugang zur Überprüfung affektiver Reaktionen von Versuchspersonen (vgl. Boll et al., 2011). Dennoch gibt es verschiedene Vorbehalte, die man gegenüber Selbstberichtsmaßen haben kann. Liegt in den Versuchspersonen ein einheitliches Verständnis der Begriffe vor, die für die erfragten affektiven Reaktionen verwendet werden? Werden diese Begriffe auch dann einheitlich verstanden, wenn sie zur Untersuchung von Reaktionen auf unterschiedliche Reizklassen (Angst- und Ärgerausdrücke) verwendet werden? Verändert sich dieses Verständnis möglicherweise im Zuge wiederholter Messungen durch Trainingseffekte? Weiterhin ist die verbale Angabe subjektiv empfundener Reaktionen nicht mehr als ein Messvehikel für die Gesamtheit körperlicher und mentaler affektiver Teilreaktionen (siehe Teil 1). Von einigen von ihnen weiß man, dass sie über die Zeit eines Experiments nachlassen, wenn sie wiederholt von affektiven Reizen wie beispielsweise Gesichtsausdrücken hervorgerufen werden (z.B. Weike & Hamm, 2005). Unklar ist jedoch, ob sich die verbale Benennung affektiver Zustände über die Zeit in gleicher Weise verändert, wie es für beispielsweise für körperliche Teilreaktionen der Fall ist, oder ob Assoziationen verbaler Kategorien mit bestimmten Reizen, wenn sie einmal errichtet sind, unberücksichtigt der tatsächlichen affektiven Reaktionen vergleichsweise konstant verwendet werden (was langfristig zu einer Überschätzung der affektiven Reaktionen führen würde). Schließlich, aber sehr zentral, unterliegen Selbstauskünfte naturgemäß einer kognitiven Beeinflussung, und es sind verschiedene Gründe denkbar, weshalb Versuchspersonen Angaben machen könnten, die von ihren tatsächlichen Reaktionen abweichen (Amelang & Schmidt-Atzert, 2006). Versuchspersonen könnten ein vermeintliches Ziel der Untersuchung errahnen und versuchen sich den Wünschen der Versuchsleitung gemäß (oder konträr) zu verhalten; sie könnten eigene Hypothesen über die untersuchten Zusammenhänge bilden und sich ihnen gemäß (oder konträr) verhalten wollen; sie könnten aufgrund ihres Selbstkonzepts bestrebt sein, sich nicht von der experimentellen Manipulation beeinflussen zu lassen; sie könnten aber auch deshalb

versuchen der Manipulation entgegenzuwirken, und sei es auch nur durch veränderte Selbstauskünfte, weil eine empfundene Bedrohtheit in der Regel keine sehr angenehme Empfindung darstellt.

Es würde also einen großen Vorteil bedeuten, wenn affektive Reaktionen anhand eines objektiveren und somit verlässlicheren Maßes bestimmt werden könnten, als es anhand von Selbstbericht möglich ist. Einen geeigneten Zugang bietet hierfür möglicherweise die biologische Perspektive, genauer die Psychophysiologie, die anhand von physiologischen Maßen versucht, Aussagen über psychische Zustände oder Vorgänge zu machen. Die diesen Maßen zu Grunde liegenden physiologischen Systeme werden häufig vom Autonomen Nervensystem gesteuert, das sich gerade dadurch kennzeichnet, dass seine Tätigkeit nur in sehr geringem Maß willentlich beeinflussbar ist (Schandry, 2011). Allerdings sind die meisten physiologischen Maße nicht hinreichend spezifisch, als dass man aus ihnen Aussagen über ganz bestimmte affektive Reaktionen ableiten könnte. Viele physiologische Parameter hängen wesentlich von der Funktionsweise des pulmonalen (Atmung) oder des kardio-vaskulären (Herz-Kreislauf) Systems ab, deren Aktivität mit dem aktuellen Energiebedarf des Körpers in Beziehung steht, welcher durch die verschiedensten (akuten oder ausstehenden) körperlichen Aktivitäten gesteigert werden kann. Unter Ihnen befinden sich Messgrößen wie Atemfrequenz, Atemzugvolumen und Sauerstoffsättigung; Frequenz, Schlagkraft und Schlagvolumen des Herzens; Blutgefäßweitstellung und Hauttemperatur etc. Diese Maße können größtenteils in der Körperperipherie gemessen und daher in psychologischen Experimenten anhand von nicht-invasiven Verfahren berücksichtigt werden (d.h. ohne ein Durchdringen der Körperoberfläche; Gramann & Schandry, 2009).

Psychophysiologische Maße, die mit vergleichsweise spezifischen affektiven Reaktionen verbunden werden, sind die Aktivität großer Teile der Schweißdrüsen und die Stärke der Schreckreaktion. Die Aktivität sogenannter „ekkriner“ Schweißdrüsen (der häufigste Typ, besonders zahlreich auf Handflächen, Fußsohlen und Stirn) wird ebenfalls durch das Autonome Nervensystem reguliert (hier durch den Sympathikus; Schandry, 2011), wird in der Psychophysiologie aufgrund seiner Messung anhand des elektrischen Hautwiderstands (bzw. der Leitfähigkeit) auch als Elektrodermale Aktivität bezeichnet (Boucsein, 1988) und wird insbesondere mit affektiver Erregung in Verbindung gebracht, einer möglichen Achse dimensionaler Emotionsmodelle (engl.: arousal; Lang, Greenwald, Bradley & Hamm, 1993). Allerdings ist das Konzept der Erregung aufgrund seiner dimensional Natur insofern unspezifisch, als es zu keiner der als grundlegend verstandenen Emotionen (wie Angst, Ärger, Ekel, etc.) in einer direkten Beziehung steht. Auch wenn

bestimmte Erregungszustände dazu dienen können, affektive Reaktionen gegeneinander abzugrenzen (z.B. Angst: hohe Erregung; vs. Trauer: niedrige Erregung), wird Erregung doch als ubiquitärer Teilaspekt jeglichen menschlichen Affekts verstanden (Otto, Euler & Mandel, 2000).

Das zweite vergleichsweise spezifische Maß ist die Höhe der Schreckreaktion, die analog zum englischen Begriff (aufschrecken: „to startle“) auch im Deutschen häufig als Startle-Reaktion bezeichnet wird. Sie wird durch einen intensiven oder unerwarteten Reiz verursacht (ein lautes Geräusch, einen Lichtblitz, ein sich schnell näherndes Objekt, einen plötzlichen Schmerz etc.), vom Zentralen Nervensystem ausgelöst, und sie stellt in ihrer voll ausgeprägten Form einen im ganzen Körper stattfindenden muskulären Reflex dar (Gramann & Schandry, 2009). Die Höhe der Schreckreaktion kann sehr genau anhand des Elektromyogramms (EMG) des Lidschlussmuskels (*Musculus orbicularis oculi*) gemessen werden, und sie wird unter anderem mit (niedriger) Valenzempfindung in Verbindung gebracht, der empfundenen Negativität (Unangenehmheit; vs. Positivität bzw. Angenehmheit) von Reizen (Lang, Bradley & Cuthbert, 1990). Dieser affektiven Startle-Modulation kommt in der Emotionsforschung eine große Bedeutung zu, da sich die Schreckreaktion sehr verlässlich auslösen lässt und über ihre Höhe leicht die Empfindungen der verschiedensten Reize unterschieden werden können. Im Fall visueller Stimulation wird hierzu über mehrere Sekunden affektives Bildmaterial präsentiert, und es ertönt zu einem unvorhersehbaren Zeitpunkt ein lautes Geräusch (in der Regel ein weißes Rauschen mit mehr als 95 dB Lautstärke und 50 ms Dauer). Die Höhe der dadurch ausgelösten Schreckreaktion wird, im Vergleich mit einer in geeigneter „Ruhe“ (ohne affektive Stimulation) gemessenen Reaktion, als ein (inverses) Maß der Valenz des Bildmaterials angesehen. Für empfundene Valenz (eine weitere mögliche Achse dimensionaler Emotionsmodelle; Lang et al., 1990) gilt jedoch die gleiche geringe Spezifität hinsichtlich grundlegender Emotionen, wie sie für Erregung besprochen wurde.

Die Valenzhypothese der Startle-Modifikation kann als einer der zentralen Validierungsansätze dimensionaler Emotionsmodelle angesehen werden, da eine nachgewiesene, spezifische Verbindung von Emotionskonzepten mit physiologischen Maßen bedeuten muss, dass diese Konzepte tatsächlich im Organismus repräsentiert werden. Allerdings ist die Positivität (bzw. Negativität) von Reizen oder Situationen ein sehr breites Konzept: Für die Empfindung sowohl hoher als auch niedriger Valenz lässt sich eine Vielzahl unterschiedlicher auslösender Reize finden. Es wäre denkbar, dass die Verstärkung der Schreckreaktion durch Reize niedriger Valenz nur von einigen wenigen, grundlegenden

Emotionen verursacht wird. Immerhin wird weithin akzeptiert, dass es sich bei der Schreckreaktion um einen Schutzmechanismus handelt, der in Gefahrensituation eine Schädigung des Körpers durch schnelle motorische Reaktionen verhindern soll (Grillon & Baas, 2003). Und so könnte alternativ angenommen werden, dass die vielfach berichtete Verstärkung der Schreckreaktion durch niedrige Valenz tatsächlich auf der Wahrnehmung von Reizmerkmalen beruht, die eine mögliche Gefahr signalisieren. Einen Hinweis auf die Gültigkeit dieser Hypothese liefert die Tatsache, dass die Höhe der Schreckreaktion bereits vor ihrer Einführung als Valenzmaß (Vrana, Spence & Lang, 1988) als Indikator erfolgreichen Angstlernens von Ratten und Menschen verwendet wurde (Brown, Kalish & Farber, 1951; Ross, 1961, zitiert nach Hamm, Greenwald, Bradley, Cuthbert & Lang, 1991), und weiterhin verwendet wird (Grillon & Baas, 2003). Diese Sichtweise qualifiziert die Schreckreaktion somit als ein mögliches Bedrohungsmaß und lieferte den Ansatz für die ersten beiden Experimente.

Experiment I: Zunächst sollte untersucht werden, ob tatsächlich nur diejenigen Emotionen die Schreckreaktion verstärken, die eine Reaktion auf mögliche Gefahren darstellen. Hierzu sollten visuelle Reize (Bilder von Objekten oder sozialen Situationen) verwendet werden, die möglichst isoliert die Emotionen von Angst, Ärger, Ekel, Trauer und Freude hervorrufen. Freude sollte hierbei eine Vergleichskategorie für die Bestimmung der Startle-Potenzierung durch die verschiedenen „negativen“ Emotionen darstellen. Libkuman, Otani, Kern, Viger und Novak (2007) veröffentlichten Selbstberichtsdaten für verschiedene grundlegende affektive Reaktionen auf die Reize des International Affective Picture System (IAPS; Lang, Bradley & Cuthbert, 2008) und lieferten damit die wesentliche methodische Basis dieses Experiments. Als Ergebnis wurde erwartet, dass nur Angst auslösende Reize (bspw. Bilder potentiell gefährlicher Tiere oder direkter Bedrohung durch Waffen) die Schreckreaktion verstärken, da in der Regel nur Angst als eine Reaktion auf Bedrohung angesehen wird. Natürlich könnte auch Ärger als eine (Gegen-)Reaktion auf eine Bedrohung angesehen werden, allerdings nur auf eine solche, welche die individuellen Bewältigungsfähigkeiten des Betrachters nicht übersteigt und insofern nicht effektiv als Bedrohung gelten kann.

Experiment II: Würde Experiment I die Schreckreaktion als Bedrohungsmaß bestätigen, könnten daraufhin in einem zweiten Experiment die an der Interaktion von Ausdruck und Blick beteiligten Reize (hier: die Ausdrücke von Angst und Ärger) objektiv auf ihre Bedrohlichkeit hin untersucht werden. Unter Gültigkeit der Bedrohungsannahme wäre zu erwarten, dass Ärgerausdrücke mit direktem Blick und Angstausrücke mit abgewandtem Blick zu stärkeren Schreckreaktionen führen als die beiden anderen Reizkategorien. Natürlich

könnte aus einer größeren Bedrohlichkeit nicht unbedingt darauf geschlossen werden, dass diese auch für etwaige Verhaltensvorteile verantwortlich ist. Für eine solche Schlussfolgerung müsste man die Prototypikalität und die Bedrohlichkeit der Reize (z.B. über ihre Intensität) unabhängig variieren, was aus bereits dargestellten Gründen schwer möglich sein sollte. Verbunden mit der Auffassung, dass bedrohliche Reize bevorzugt verarbeitet werden, läge diese Vermutung jedoch nahe.

Zu (ii): Auswahl der Gesichterreize. Bereits für Experiment II sollten Reize ausgewählt werden, die sowohl hinreichend prototypische als auch sehr intensive affektive Ausdrücke zeigen: Sollten sich direkt ausgedrückter Ärger und abgewandte Angst tatsächlich durch eine erhöhte Bedrohlichkeit auszeichnen, sollte dies am besten anhand von Reizen erkennbar sein, die insgesamt eine starke Bedrohlichkeit aufweisen. Somit ergaben sich folgende Maßgaben für die Auswahl einzelner affektiver Gesichter: Bei Ärgerausdrücken sollten die Augen möglichst stark zu Schlitzeln verengt sein und der Mund eine möglichst große Öffnung aufweisen, idealerweise unter Präsentation beider Zahnreihen; bei Angstausdrücken hingegen sollte der Mund zwar ebenfalls eine möglichst weite Öffnung aufweisen, jedoch sollten die Augen möglichst weit geöffnet sein und dem Betrachter einen möglichst großen Teil der Sklera präsentieren.

Bevor diese Kriterien jedoch angewendet werden konnten, musste zunächst eine Entscheidung für eine bestimmte Gesichterdatenbank getroffen werden. Hierbei gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, die teilweise mit sehr unterschiedlichen Reizeigenschaften einhergehen. Vermutlich aufgrund ihrer großen Bekanntheit werden oft Reize aus der von Ekman und Friesen (Ekman & Friesen, 1976) erstellten Datenbank der Pictures of Facial Affect verwendet. Dieser Datenbank wird jedoch im europäischen Raum entgegen gehalten, dass sie vor allem Gesichtermodelle enthält, die in Nordamerika als klassische „kaukasische Typen“ angesehen werden. Der Bezeichnung zum Trotz haben diese Gesichter eine Physiognomie, die bisweilen geringe empfundene Ähnlichkeiten mit westeuropäischen Gesichtern aufweist. Die Familiarität von Gesichtern hat aber vermutlich einen starken Effekt auf die Erkennung und Verarbeitung von affektiven Ausdrücken, was sich unter anderem darin zeigt, dass die Erkennungsrate von Ausdrücken meist reduziert ist, wenn diese auf Gesichtern fremder ethnischer Herkunft präsentiert werden (Ekman & Friesen, 1971). Darüber hinaus besteht diese Datenbank lediglich aus 14 Modellen (Personen, welche die grundlegenden Emotionen von Freude, Überraschung, Trauer, Ärger, Ekel und Angst einschließlich eines neutralen Ausdrucks darstellen). Für die vorliegende Untersuchung sollte hingegen eine Datenbank gewählt werden, die weit mehr Modelle beinhaltet, damit einerseits

vor allem diejenigen gewählt werden konnten, welche die relevanten Ausdrücke (Angst und Ärger) möglichst gut darstellen, und damit ein bestimmter Reiz im Rahmen eines Experiments nicht wiederholt gezeigt musste. Letzteres hat den Hintergrund, dass bei wiederholter Stimulation in der Regel ein Nachlassen affektiver Reaktionen zu erwarten ist (Habituation; Dijksterhuis & Smith, 2002; Leventhal, Martin, Seals, Tapia & Rehm, 2007; Tong et al., 2009), und diese Habituation nicht dadurch begünstigt werden sollte, dass sich zusätzlich zu den affektiven Reizgehalten auch die figuralen Merkmale wiederholen.

Die Radboud Faces Database (Langner et al., 2010) ist eine Gesichterdatenbank aus dem westeuropäischen Raum mit 67 Modellen (niederländischen Erwachsenen und Kindern kaukasischer und marokkanischer Abstammung), deren acht Gesichtsausdrücke (Freude, Überraschung, Trauer, Ärger, Ekel, Angst, Verachtung und ein neutraler Ausdruck) simultan aus drei verschiedenen Blickwinkeln (frontal, linkes/rechts Halbprofil) aufgenommen wurden. Leider wurde diese Datenbank nicht so rechtzeitig fertig gestellt, als dass sie hier verwendet werden konnte. Dennoch lieferte sie einen Ansatz für die Blickrichtungsmanipulation, der sich durch eine hohe ökologische Validität auszeichnet: Im Alltag sollten uns überwiegend solche Gesichtsausdrücke begegnen, bei denen Blickrichtung und Kopforientierung übereinstimmen. Frontal dargestellte Gesichter mit deutlich abgewandtem Blick hingegen könnten zwar eine hohe Signalwirkung besitzen, dürften jedoch in realen Situationen vermutlich eine Ausnahme darstellen.

Die Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF; Lundqvist, Flykt & Öhman, 1998) bilden eine weitere affektive Gesichterdatenbank mit Blickrichtungsvariation anhand der Kopforientierung (fünf Stufen: frontal, linkes/rechtes Halbprofil, linkes/rechtes Profil). Sie besteht aus 70 Modellen (jeweils 35 Frauen und Männer), welche die unterschiedlich orientierten Ausdrücke von Freude, Überraschung, Trauer, Ärger, Ekel und Angst (einschließlich eines neutralen Ausdrucks) in zwei unabhängigen Serien darstellen. Sie beinhaltet somit 4900 Bilder und bietet unter anderem die Möglichkeit, für jeden Ausdruck eines Modells die jeweils expressivere Alternative aus beiden Serien auszuwählen. Leider sind die unterschiedlich orientierten Ausdrücke hier nicht simultan anhand separater Kameras, sondern in einer Serie von Einzelbildern aufgenommen worden. Daher sind bisweilen Unterschiede in der Prototypikalität und Intensität der unterschiedlich orientierten Darstellungen eines Emotionsausdrucks zu erkennen. Da die beiden alternativen Serien jedoch ein gewisses Potential bieten, diese Unregelmäßigkeiten auszugleichen, wurden die KDEF für die geplante Untersuchung ausgewählt. Zusätzlich existiert eine getrennt über die Geschlechter gemittelte Variante dieser Datenbank (Averaged Karolinska Directed Emotional

Faces, AKDEF; Lundqvist & Litton, 1998), die sich trotz einer deutlichen Unschärfe und leicht geringeren Intensitäten durch eine hohe Prototypikalität auszeichnet. Diese Variante kann in Voruntersuchungen zur affektiven Gesichterwahrnehmung oder in Trainings hinsichtlich experimenteller Aufgaben verwendet werden, ohne die in die in der eigentlichen Untersuchung verwendeten Reize vorab zu präsentieren.

Da Gesichter einer affektiven Datenbank stets eine deutliche interindividuelle Varianz ihrer Expressivität aufweisen (siehe Abbildung 1), blieb noch zu klären, auf welcher Basis diejenigen Reize ausgewählt werden sollten, die für die Untersuchung am besten geeignet waren. In der Regel gibt es für derartige Reizsammlungen Validierungsuntersuchungen, die anhand einer großen Stichprobe von Versuchspersonen zeigen sollen, dass die intendierten Ausdrücke auch tatsächlich als solche erkannt werden. Idealerweise beinhalten entsprechende Veröffentlichungen derartige Daten in Tabellenform, sodass Erkennungsgenauigkeiten für jeden Einzelreiz vorliegen. Für die Pictures of Facial Affect sind diese Daten in Form einer Broschüre veröffentlicht worden, die der Datenbank beiliegt (Ekman & Friesen, 1976), für die Radbout Faces Database (Langner et al., 2010) und die KDEF (Calvo & Lundqvist, 2008) gibt es entsprechende Veröffentlichungen in Fachzeitschriften. Insbesondere schlagen Calvo und Lundqvist (2008) eine Unterauswahl der 20 expressivsten Frauen und Männer der KDEF vor, die als Grundlage für die Anwendung der oben aufgeführten Auswahlkriterien hinsichtlich Angst und Ärger dienen konnte.

Zu (iii): Herstellung und Messung unbewusster Verarbeitung. Würden sich direkte Ärgerausdrücke und abgewandte Angsausdrücke aufgrund der ersten beiden Experimente als die bedrohlicheren Reizbedingungen erweisen, sollte in Experiment III überprüft werden, ob die verhaltensbezogene Interaktion von Ausdruck und Blick unabhängig von visuellem Bewusstsein gezeigt werden kann, und ob die Amygdala hierbei eine Aktivität aufweist, die diesem Interaktionseffekt entspricht. Verhaltensbezogene und neurophysiologische Daten können zwar unabhängig von einander erhoben werden, jedoch können entsprechende Ergebnisse meist eindeutiger zueinander in Beziehung gesetzt werden, wenn beide Datensätze einem Untersuchungszeitpunkt entstammen. Anderenfalls kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich die erzielte Verarbeitung, beispielsweise aufgrund von Trainingseffekten, zwischen den Testzeitpunkten unterschieden hat. Daher wurde ein Experiment entworfen, das Verhaltensmessungen mit funktioneller Bildgebung kombinierte.

Die Hirnaktivierung sollte dabei anhand funktioneller Magnetresonanztomografie (fMRT) gemessen werden. Hierbei handelt es sich um ein Verfahren, dass aufgrund der magnetischen Eigenschaften sauerstoffhaltigen Blutes lokale Blutflussänderungen im Gehirn

bestimmen kann, die sich aufgrund des gesteigerten Energiebedarfs vergleichsweise aktivierter Hirnregionen ergeben sollten (Buxton, 2002). Die gemessene Reaktion wird dabei als die BOLD-Reaktion bezeichnet (engl.: BOLD = blood oxygenation level dependent). Der BOLD-Reaktion wird zwar typischerweise eine geringe zeitliche, dafür jedoch eine recht hohe räumliche Auflösung bescheinigt (bspw. im Vergleich mit dem EEG).

Für die Planung von Experiment III war weiterhin entscheidend, wie die unbewusste Verarbeitung der gezeigten Gesichterreize hergestellt werden konnte. Es wurden bereits die unterschiedlichsten Verfahren eingesetzt, um die Bewusstheit präsentierter Reize zu reduzieren oder sogar ganz zu verhindern (Holender, 1986). Aus theoretischer Perspektive lassen sich dabei zunächst zwei grundlegende Verfahren bzw. Wahrnehmungssituationen unterscheiden (Dehaene, Changeux, Naccache, Sackur & Sergent, 2006).

(1) Die visuelle Bewusstheit von Reizen kann einerseits dadurch eingeschränkt werden, dass Versuchspersonen, z.B. aufgrund expliziter Instruktionen, ihre Aufmerksamkeit auf andere Teile einer visuellen Szene richten. Dieses aufmerksamkeitsbasierte Verfahren findet unter anderem bei Phänomenen wie der Unaufmerksamkeitsblindheit (engl.: inattentional blindness) oder der Veränderungsblindheit (engl.: change blindness) Anwendung und zeichnet sich bisweilen durch eine verblüffend hohe Wirksamkeit aus. Der Begriff der Unaufmerksamkeitsblindheit bezeichnet den Befund, dass Objekte einer visuellen Szene auch dann vollständig „übersehen“ werden können, wenn der Blickfokus auf den Ort der Darbietung gerichtet ist. Beispielsweise wurden geometrische Figuren (Quadrate) übersehen, die an einer Stelle gezeigt wurden, wo andere zu beurteilende Figuren (Kreuze) erwartet wurden (Mack & Rock, 1998). Veränderungsblindheit bezeichnet das Phänomen, dass Veränderungen einer Szene (z.B. das Hinzukommen oder Verschwinden von Objekten) übersehen werden können, wenn sie zeitgleich mit sprunghaften Augenbewegungen (Sakkaden) auftreten, wenn sie mit anderen auffälligen Veränderungen einhergehen, oder wenn sie so langsam vor sich gehen, dass die Schwelle für die Wahrnehmung von Bewegungen nicht überschritten wird (Simons & Rensink, 2005). Alle diese Phänomene beruhen darauf, dass sich der übersehene Reiz nicht im Aufmerksamkeitsfokus befindet.

Auch wenn Befunde hierzu uneinheitlich sind, kann die Wirksamkeit dieser Methode in einigen Fällen dadurch weiter erhöht werden, dass Versuchspersonen zusätzlich anspruchsvolle Aufgaben erledigen müssen. Eine derartige „kognitive Last“ (engl.: cognitive load) kann verhindern, dass über die räumliche Aufmerksamkeit frei verfügt wird, und führt deutlich öfter zu fehlendem visuellem Bewusstsein von Reizen (z.B. das Flackern einer Lichtquelle: Carmel, Saker, Rees & Lavie, 2007; der Auftritt eines Gorillas in einem

Basketballspiel: Simons & Chabris, 1999). Im Grunde ist eine derartige „Blindheit“ sogar ohne zusätzliche Last nicht verlässlich herstellbar, weil sie von der willkürlichen Aufmerksamkeitsausrichtung des Betrachters abhängt, die bei freiem Verhalten nur in Form von Aufenthaltswahrscheinlichkeiten beschreibbar ist. Andererseits wird unter Last nicht unbedingt nur die Bewusstheit von Reizen reduziert, sondern ihre Verarbeitung kann dadurch anscheinend grundsätzlich verhindert werden (z.B. gemessen anhand der Aktivierung der Amygdala durch ängstliche und freudige Gesichter Pessoa, McKenna, Gutierrez & Ungerleider, 2002). Aufmerksamkeitsbasierte Verfahren können demnach zwar als sehr effektiv, jedoch nicht als besonders verlässlich angesehen werden, und kommen daher zur Herstellung unbewusster Verarbeitung in Experiment III nicht in Frage.

(2) Andererseits können bestimmte Reizmerkmale soweit degradiert (in ihrer Ausprägung reduziert) werden, dass sie trotz gezielter Aufmerksamkeitsrichtung keine bewusste Empfindung mehr auslösen (Dehaene et al., 2006). Im Beispiel visueller Wahrnehmung können Helligkeit, Kontrast, Bewegung etc. soweit reduziert werden, dass diese Merkmale, und damit oft auch die Gesamtreize, unter die sogenannte „Bewusstseinschwelle“ fallen. Im Allgemeinen gilt die Degradierung von Reizen als hochgradig verlässlich, da für jede Versuchsperson selbstverständlich eine Schwelle angenommen werden kann, bei der einzelne Reizmerkmale zu keinem Bewusstseinsindruck mehr führen können. Dies ist allein daraus ersichtlich, dass die Sinneszellen, die für die Umsetzung physikalischer Reizungen in elektrische Impulse (Aktionspotentiale) verantwortlich sind, ihrerseits Schwellen haben, unterhalb derer es zu keiner Informationsweiterleitung mehr kommt (Schandry, 2011). Unklar ist aber, ob es jeweils einen Intensitätsbereich gibt, in dem eine Stimulation zwar zu keiner bewussten, wohl aber zu einer unbewussten Verarbeitung führt (vgl. Szczepanowski & Pessoa, 2007). Dies muss also im Fall von Merkmalsdegradierung sorgfältig (statistisch abgesichert) überprüft werden.

Ein Problem hierbei ist allerdings, dass allein aufgrund von teststatistischen Beschränkungen die Abwesenheit von Ereignissen in der Regel nicht sicher festgestellt werden kann. Aufgrund der relativen Unbestimmtheit des erwarteten Ereignisses sind statistische Tests lediglich in der Lage die Nullhypothese (die Abwesenheit des Ereignisses) zu verwerfen, wenn Hinweise auf die Anwesenheit des Ereignisses stark genug sind (Hays, 1994). Unter der Voraussetzung, dass „größtmögliche Versuche“ unternommen wurden, die Anwesenheit eines Ereignisses zu zeigen, wird es zwar von einigen Wissenschaftlern akzeptiert, sich entgegen den genannten Beschränkungen für die Gültigkeit der Nullhypothese

zu entscheiden (Burmeister, 1992). Allein diese Formulierung macht jedoch deutlich, dass die dafür notwendigen Anstrengungen gar nicht hinreichend spezifiziert werden können.

Dieses Verfahren birgt also verschiedene Schwierigkeiten: Einerseits darf die Degradierung nicht so stark sein, dass jegliche Verarbeitung verhindert wird, und andererseits kann eine bewusste Empfindung nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Somit begünstigt die Degradierung Situationen, in denen nur vermeintlich unbewusste Verarbeitung vorliegt. Sie macht zunächst einen sehr verlässlichen Eindruck, weil die ihr zugrunde liegenden physikalischen Reizeigenschaften sehr genau kontrollierbar sind. Sie kann vermutlich auch sehr verlässlich sein, wenn die verwendete Degradierungsstärke in das Intervall fällt, in dem eine Person Verarbeitung ohne Bewusstsein zeigt. Weil diese Intervall jedoch nicht sicher bestimmt werden kann, muss sie grundsätzlich aber (vor allem auf der Ebene von Gruppen von Personen) als weit weniger effektiv erachtet werden als aufmerksamkeitsbasierte Methoden. Es kann lediglich angenommen werden, dass die visuelle Bewusstheit degradierter Reize in gewissem Maße reduziert ist, weil ihre Wahrnehmung unter erschwerten Bedingungen erfolgt. Hiervon unberührt ist selbstverständlich die Frage, ob reduziertes oder gar fehlendes visuelles Bewusstsein aufgrund mangelnder Aufmerksamkeit und aufgrund von Reizdegradierung die gleichen Konsequenzen für die weitere Reizverarbeitung haben (Dehaene et al., 2006).

Ungeachtet dieser Bedenken wird das Verfahren der Reizdegradierung in der Psychologie bevorzugt verwendet und hat besonders in der Untersuchung unbewusster Verarbeitung von affektiven Reizen große Beachtung gefunden. Vornehmlich wird hierbei die Darbietungsdauer visueller Reize soweit reduziert, dass Versuchspersonen keinen bewussten Seheindruck berichten. Zusätzlich wird das Verfahren meist dadurch unterstützt, dass direkt auf den sehr kurz dargebotenen ersten Reiz (den Zielreiz; in der Regel kürzer als 50 ms) für mindestens 100 ms ein weiterer Reiz (die Maske) angezeigt wird, der die bewusste Verarbeitung des Zielreizes weiter einschränken soll. Als Mechanismus dieser „Rückwärtsmaskierung“ wird weithin akzeptiert, dass das Abbild des Zielreizes im visuellen Ultrakurzzeitspeicher (Sperling, 1960) durch das Abbild der Maske unmittelbar überschrieben wird, und dass so ein vorübergehendes Aufrechterhalten der Zielreizinformationen verhindert wird, dass weitergehende Verarbeitungsvorgänge ermöglichen kann. Genauer wird angenommen, dass die einzelnen Reizmerkmale im Sehsystem zwar stetig in Richtung komplexerer Verarbeitungsinstanzen weitergeben werden, dass aber gerade die bewusste Verarbeitung eines Reizes darauf angewiesen ist, dass seine Gesamtkonfiguration für eine gewisse Zeit erhalten bleibt (Lamme & Roelfsema, 2000).

Vermutlich hat sich die visuelle Rückwärtsmaskierung (von kurz gezeigten Reizen) aufgrund dieses konkreten Modells als das meistverwendete Verfahren zur unbewussten Aktivierung bedeutungshaltiger Kategorien etabliert (sogenannten „semantischer Repräsentationen“; Holender, 1986). Vorübergehend wurde für die Rückwärtsmaskierung sogar eine konkrete Zielreizdauer von 33 ms als ein verlässlicher Wert zur Verhinderung eines bewussten Seheindrucks angesehen (z.B. von affektiven Gesichtsausdrücken; Esteves & Ohman, 1993). Nachfolgende Studien konnten jedoch zeigen, dass eine kategorische Verwendung von Darbietungszeiten zu unklaren Ergebnissen führen kann: Die zeitliche Wahrnehmungsschwelle weist häufig eine starke interindividuelle Varianz auf. Deshalb kann bei festen Darbietungszeiten nicht ausgeschlossen werden, dass die vermeintlich unbewusste Verarbeitung einer Gruppe von Versuchspersonen tatsächlich auf den Leistungen einiger Individuen beruht, die aufgrund ihrer niedrigen Wahrnehmungsschwellen die gezeigten Reize bewusst verarbeitet haben (z.B. Szczepanowski & Pessoa, 2007).

Anhand dieser Überlegungen entstand ein erster Entwurf für das dritte Experiment. Aus Mangel an Alternativen sollten die affektiven Gesichter mittels visueller Rückwärtsmaskierung präsentiert werden. Die Dauer der Zielreize sollte jedoch individuell angepasst werden, wofür im Rahmen einer Voruntersuchung die Bewusstseinschwelle für jede Versuchsperson bestimmt werden sollte. Diese Schwelle kann unter anderem anhand eines psychophysikalischen Verfahrens bestimmt werden, welches die Darbietungsdauer von Reizen variiert und als Schwelle jenen Wert akzeptiert, bei der die Reize mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% bewusst erlebt werden (vgl. Schandry, 2011). Würden die Reize anschließend unterhalb dieser Schwelle gezeigt, könnte davon ausgegangen werden, dass in den meisten Fällen kein visuelles Bewusstsein entsteht. Es könnte sogar die konkrete Form dieser psychometrischen Funktion (Detektion in Abhängigkeit der Reizdauer) bestimmt und so ein Wert für die Reizdauer verwendet werden, der beispielsweise nur in 25% der Fälle zu einem bewussten Seheindruck führt. Die Technik für eine entsprechend genaue Variation der Darbietungszeiten hätte aus einem Paar von Bildprojektoren bestehen können, die mittels Hochgeschwindigkeitsverschlüssen aus der Fototechnik, angesteuert über ein serielles Computerinterface, die unmittelbar aufeinander folgende, zeitlich präzise Darbietung von Zielreiz und Maske realisiert hätten.

Genauer sollte die unbemerkte Verarbeitung der Zielreize anhand eines zweigestuften Signalentdeckungsverfahrens überprüft werden. Die Signalentdeckungstheorie (engl.: „signal detection theory“, SDT; Green & Swets, 1966) beschreibt die Annahme, dass Reizintensitäten intern mit einer gewissen Unschärfe auf ein Kontinuum empfundener „Signalstärke“

abgebildet werden, sodass sich für die Anwesenheit („Signal“) und die Abwesenheit („Rauschen“) eines konstanten Reizes zwei überlappende Verteilungen ergeben. Der Theorie nach setzt ein urteilender Betrachter auf diesem Kontinuum implizit ein Kriterium, oberhalb dessen er ungeachtet der tatsächlichen Situation die Anwesenheit des Reizes akzeptiert. Aus Treffern (korrekte Angabe der Reizpräsenz) und falschen Alarmen (irrtümliche Angabe der Reizpräsenz) kann, unter Annahme bestimmter Verteilungseigenschaften, auf den Abstand der beiden internen Verteilungen und somit auf die Unterscheidungsfähigkeit des Betrachters in Bezug auf einen bestimmten Reiz geschlossen werden. Auslasser (irrtümliche Ablehnung der Reizpräsenz) und korrekte Zurückweisungen (korrekte Ablehnung der Reizpräsenz) ergeben sich mit den ersten beiden möglichen Antwortsituationen jeweils zum sicheren Ereignis (Wahrscheinlichkeit $p=1$). Insbesondere kann die Unterscheidungsfähigkeit eines Betrachters in einem Diagramm betrachtet werden, in dem Treffer und falsche Alarme in Form relativer Häufigkeiten gegeneinander abgetragen werden. Die sich unter dem entstehenden Graphen (die Verbindung von Ursprung, Datenpunkt und dem Punkt $[1,1]$), der „receiver operating characteristic“ (ROC; Macmillan & Creelman, 2005), ergebende Fläche (engl.: area under the curve, AUC) ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Betrachter in einer beliebigen Situation das Signal von Rauschen unterscheiden kann.

Das zweigestufige Verfahren beruht nun darauf, dass ein Betrachter nicht nur anzugeben versucht, ob in einer bestimmten Situation das eigentliche Signal vorliegt (hier: ein bestimmter rückwärts maskierter Ausdruck) oder nicht vorlag (stattdessen ein anderer Ausdruck), sondern dass er in einem zweiten Schritt versucht zu beurteilen, ob seine erste Antwort richtig (Signal zweiter Ordnung) oder falsch war (Rauschen zweiter Ordnung). Auf den Daten der eigentlichen Signalentdeckung (erster Ordnung) wird also ein weiteres Signalentdeckungsparadigma aufgesetzt, mit dem bestimmt werden kann, ob ein Betrachter in der Lage ist, die Korrektheit seines ersten Urteils zu erkennen. Ist dies der Fall, wird davon ausgegangen, dass der Betrachter die erste Entscheidung unter Beteiligung von Bewusstsein getroffen haben muss (siehe Szczepanowski & Pessoa, 2007, für eine ausführliche Darstellung dieser Methode). Hierbei wird bisweilen berichtet, dass Personen zwar in der Lage sind, richtige Entscheidungen für das Signal erster Ordnung zu treffen, jedoch keine zutreffende Einschätzung der Korrektheit dieser Urteile liefern können. Eine signifikante Entdeckungsleistung erster Ordnung bei fehlender signifikanter Leistung zweiter Ordnung wird von einigen Autoren als das Vorliegen unbewusster Verarbeitung akzeptiert (Szczepanowski & Pessoa, 2007). Der impliziten Modellvorstellung nach kann die Unterscheidungsleistung für visuelle Reize, in Abwesenheit bewusster Sinneseindrücke,

offenbar aus Informationen gespeist werden, die aus affektiven Verarbeitungsvorgängen hervorgehen, und die dem urteilendem System (dem Betrachter) eher in Form eines „Bauchgefühls“ zur Verfügung stehen (vgl. Bechara & Damasio, 2005). Zusätzlich muss dann natürlich angenommen werden, dass die Entdeckungsleistung zweiter Ordnung ausschließlich auf Informationen beruht, die bewusst im Betrachter repräsentiert sind. Diese Unterscheidung von Informationsquellen bzw. Urteilsprozessen entbehrt jedoch einer nachvollziehbaren Grundlage, weshalb die Angemessenheit dieses Verfahrens nicht ohne weiteres akzeptiert werden kann.

Aus den obigen Ausführungen sind mehrere Gründe hervorgegangen, diesen ersten Plan für das dritte Experiment zu verwerfen und ein deutlich schlankeres Versuchsmodell zu entwickeln. Erstens hätte auch die psychophysikalische Methode zur Schwellenbestimmung aufgrund ihren probabilistischen Eigenschaften nicht sicher stellen können, dass bei einer bestimmten Reizdarbietung tatsächlich kein bewusster Eindruck entsteht. Zweitens könnte unbewusste Verarbeitung allein aufgrund von teststatistischen Beschränkungen nicht hinreichend sicher überprüft werden. Drittens ist die Unterscheidung von unbewusst und bewusst gespeisten Entscheidungsprozessen eines Urteilers ohne eine nähere Klärung ihrer Voraussetzungen nicht haltbar. Und schließlich wäre der skizzierte Versuchsaufbau (duale Projektion mit elektronisch gesteuerten Hochgeschwindigkeitsverschlüssen) mit unerheblichem zeitlichem und finanziellem Aufwand verbunden gewesen, der aufgrund der genannten interpretatorischen Beschränkungen der Versuchsergebnisse nicht gerechtfertigt schien. Darüber hinaus sollte der Hauptversuch während funktioneller Bildgebung durchgeführt werden, und somit hätte auch die Kommunikation der Tomografensteuerung (einschließlich integrierter Geräte zur Urteilsaufnahme) mit der dualen Darbietungseinheit noch realisiert werden müssen. Ein sparsameres Versuchsmodell sollte auf zwei Konsequenzen dieser Revision aufbauen: Da unbewusste Verarbeitung in seiner absoluten Formulierung weder verlässlich hergestellt, noch sicher überprüft werden kann, sollte stattdessen eine Darbietungsweise gewählt werden, bei der allein aufgrund theoretischer Überlegungen mit reduziertem visuellem Bewusstsein gerechnet werden muss. Des weiteren sollte im Wesentlichen auf den technischen Gegebenheiten aufgebaut werden, die in Rahmen der Magnetresonanztomografie bereits vorliegen und ohne größeren Aufwand genutzt werden können.

Experiment III: Zunächst sollten Versuchspersonen in einem Vorexperiment (im institutseigenen Labor) hinsichtlich ihrer Unterscheidungsfähigkeit rückwärts maskierter Ausdrücke untersucht werden. Dieser Versuchsteil sollte mit dem Experiment während

funktioneller Bildgebung weitestgehend identisch sein und auf diese Weise zu zwei vergleichbaren Testzeitpunkten führen. So könnten einerseits mögliche Lerneffekte hinsichtlich der Entdeckungsleistung bestimmt werden. Andererseits könnten anhand der Vorversuchsdaten solche Personen ausgeschlossen werden, die aufgrund sehr geringer (Bodeneffekt) oder sehr hoher Unterscheidungsfähigkeit (Deckeneffekt) keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Reizkategorien aufweisen würden. Die Unterscheidungsleistung sollte weiterhin durch Signalentdeckung bestimmt werden, allerdings sollte auf die Analyse zweiter Ordnung zur Bestimmung visuellen Bewusstseins verzichtet werden. Allein aufgrund der Rückwärtsmaskierung würde ein reduzierter bewusster Eindruck der gezeigten Reize erwartet werden. Nachfolgend sollte dieses Experiment im Institut für Neuroradiologie der Universitätsklinik Kiel wiederholt werden, um während erneuter Signalentdeckung die Aktivierung bestimmter Hirnregionen durch die maskierten affektiven Reize festzustellen. Die visuelle Stimulation würde in beiden Fällen anhand der Projektion der Reize auf eine durchscheinende Leinwand vorgenommen, die der Betrachter in liegender Position über ein Spiegelsystem sehen könnte. Die Untersuchungssituation im Vorexperiment würde hinsichtlich Körperlage, räumlicher Enge, Umgebungsschall (insbesondere der Messgeräusche des Tomografen) und Lichtverhältnissen den Bedingungen der Tomografiekammer angepasst.

Aufgrund des starken Magnetfeldes in der Nähe des Tomografen musste die Stimulation anhand eines LCD-Projektors (3M „Piccolo X20“) erfolgen. Zusätzlich ermöglichte dieser durch seine „Framelock“-Funktion die Abstimmung der computergesteuerten Reizdarbietung auf die Bildwiederholrate des integrierten Displays, und somit eine exakte Umsetzung des geplanten experimentellen Timings. Die Darbietungsdauer der maskierten Reize wurde auf 50 ms festgesetzt, da vorausgehende Beobachtungen zeigten, dass die Verwendung von LCD-Bildschirmen bei den üblichen Stimulationszeiten von etwa 30 ms im Vergleich mit sonst verwendeten (reaktionsschnellen) Röhrenmonitoren zu einem deutlich schwächeren Seheindruck führt. Dies ist nicht unplausibel, da LCD-Anzeigen eine wesentlich flachere Anstiegscharakteristik zeitlicher Farbänderungen aufweisen und im menschlichen Nervensystem eine Vielzahl von Sinneszellen existiert, die nicht nur Unterschiede kodieren, sondern auch auf die Steilheit zeitlicher Gradienten reagieren (Schandry, 2011). Die exakte Darbietungszeit wurde mit Hilfe der Software E-Prime (Psychology Software Tools, Inc.) realisiert und anhand der High-Speed-Funktion einer Kompaktkamera überprüft (Casio „Exilim EX-FS10“).

Dieses Untersuchungskonzept muss als ein Kompromiss zwischen experimenteller Sorgfalt und zeitlichem, technischen und finanziellen Aufwand verstanden werden. Es trägt aber auch den dargestellten Vorbehalten zur Herstellung und Bestätigung unbewusster Verarbeitung Rechnung. Darüber hinaus lag die ursprüngliche Intention, jede bewusste Verarbeitung zu verhindern, auch in der Befürchtung begründet, bewusst wahrgenommene Reizmerkmale könnten zur Ausbildung kognitiver Urteilsstrategien führen und so letztlich die Aussagekraft der Ergebnisse hinsichtlich affektiver Prozesse einschränken. Diese Befürchtung wird jedoch schon dadurch gemildert, dass die Karolinska Directed Emotional Faces (Lundqvist et al., 1998) es durch ihren großen Umfang ermöglichen, einen bestimmten Reiz in einem Versuch nicht wiederholt darzubieten. So kann eine erleichterte Wahrnehmung von Reizen aufgrund des Wiedererkennens bestimmter Merkmale ausgeschlossen werden.

Mit ähnlichen Methoden haben verschiedene Studien die Verarbeitung rückwärts maskierter Gesichter bestätigt. Bar, Neta und Linz (2006) zeigten, dass Bedrohungsurteile für maskierte (39 ms) neutrale Gesichter stark mit den Urteilen für unmaskierte (1700 ms) Gesichter korrelieren (neutrale Ausdrücke verschiedener Modelle werden als unterschiedlich bedrohlich empfunden). Esteves, Parra, Dimberg und Öhman (1994) haben maskierte Ärgerausdrücke gezeigt und konnten anhand leichter elektrischer Stimulation konditionierte (peripherphysiologische) Angstreaktionen herstellen. Whalen et al. (2004) fanden sogar Amygdala-Aktivierung durch maskierte Augenweißanteile angstvoller Gesichter (isolierte Sklera auf schwarzem Hintergrund). Natürlich sind diese Befunde nicht unkontrovers hinsichtlich der Frage, in wie weit visuelles Bewusstsein tatsächlich verhindert wurde (vgl. Pessoa, Japee & Ungerleider, 2005). Wird visuelles Bewusstsein soweit reduziert, dass keine Effekte der Stimulation im Verhalten gefunden werden können, findet sich auch keine Aktivierung der Amygdala durch affektive Ausdrücke (Pessoa, Japee, Sturman & Ungerleider, 2006). Im Gegensatz zu den erstgenannten Studien sollte Experiment III die Bewusstheit der gezeigten Reize jedoch lediglich einschränken, in dem es sie in der Nähe der Bewusstseinschwelle präsentierte.

Zu (iv): Umsetzung der funktionellen Bildgebung. Aufgrund des mittlerweile erheblichen Umfangs an Literatur soll darauf verzichtet werden, einen detaillierten Überblick über die Befunde zu liefern, die bislang zur Beteiligung von Hirnarealen an der Verarbeitung von Gesichterinformationen erbracht worden sind. Es sei vielmehr auf die einschlägigen Überblicksarbeiten hierzu verwiesen, von denen einige im Folgenden aufgeführt sind.

Die Wahrnehmung von Gesichtern aktiviert offenbar verlässlich ganz bestimmte Hirnbereiche: Hierzu zählt der fusiforme Gyrus (FG; insb. das sogenannte „Fusiforme

Gesichtsareal“), der superiore temporale Sulcus (STS) und nicht zuletzt die Amygdala. Dem FG wird weitgehend die Verarbeitung unveränderlicher Gesichtsmerkmale zugeschrieben, die in ihrer Gesamtheit die Identität von Personen repräsentieren können (Kanwisher & Yovel, 2006). Der STS hingegen wird mit der Verarbeitung veränderlicher Gesichtsmerkmale wie affektiver Ausdrücke und Blickrichtung assoziiert (Engell & Haxby, 2007; Said, Moore, Engell, Todorov & Haxby, 2010). Die Amygdala schließlich wird insbesondere mit der Verarbeitung solcher affektiver Ausdrücke und Blickrichtungsinformationen in Verbindung gebracht, die dem Betrachter den Eindruck von Bedrohung vermitteln können (Adolphs, 2008). Diese können die Amygdala vermutlich ohne die Beteiligung „höherer“ kortikaler Regionen, und somit ohne Bewusstsein, über subkortikale Projektionsbahnen erreichen (Ohman, Carlsson, Lundqvist & Ingvar, 2007).

Andererseits ist die Amygdala offenbar mit weit mehr Aufgaben verbunden, wie der affektiven Verarbeitung weiterer Ausdrücke (Fitzgerald, Angstadt, Jelsone, Nathan & Phan, 2006; van der Gaag, Minderaa & Keysers, 2007) und komplexer visueller Szenen (Oya, Kawasaki, Howard & Adolphs, 2002), der Bestimmung von Selbstrelevanz (Sander et al., 2003) bzw. biologischer Signifikanz (Pessoa & Adolphs, 2010), der Bewertung damit verbundener Handlungsalternativen (Pessoa, 2010) und sogar mit Unsicherheitsbewertungen im Rahmen von Belohnungslernen (Adolphs, 2010). Allerdings muss darin kein Widerspruch gesehen werden, da die Amygdala trotz ihrer vergleichsweise geringen Größe eine komplexe Struktur mit verschiedenen Unterregionen ist (Amaral, Price, A. & Carmichael, 1992), die Spielraum für die Beteiligung an unterschiedlichen Funktionen lassen.

Bislang sind neurophysiologische Untersuchungen der Interaktionshypothese nur am Rande erwähnt worden. Dies hat einerseits den Grund, dass Bildgebungsbefunde derzeit noch nicht in jedem Fall einen sehr großen Erklärungswert besitzen, da die von ihnen hervorgehobenen Strukturen hirnorologisch betrachtet meist recht groß sind und mit sehr unterschiedlichen Funktionen in Verbindung gebracht werden (was den Gegenstand fortdauernder Diskussionen darstellt). Ein gutes Beispiel ist der STS, der zunächst rein anatomisch eine augenfällige Struktur darstellt (eine seitlich am Hirn gelegene vergleichsweise tiefe Furche), und der vermutlich aufgrund seiner Größe an sehr unterschiedlichen Funktionen beteiligt ist (Hein & Knight, 2008). und Darüber hinaus sind neurophysiologische Bestätigungen der Interaktion von Ausdruck und Blickrichtung weniger zahlreich als auf Verhaltensebene, und müssen deshalb mit größerer Vorsicht behandelt werden. Dennoch können aus diesen Studien weitere Anhaltspunkte für die Planung des dritten Experiments abgeleitet werden. Zum Teil sind sie auch schon bei der Darstellung der

Verhaltensbefunde erwähnt worden, weshalb hier nicht auf jeden methodischen Aspekt eingegangen wird.

Sato, Yoshikawa, Kochiyama und Matsumura (2004) variierten die empfundene Blickrichtung von seitlich abgewandten Ärgerausdrücken, indem sie dieselben Reize alternativ auf beiden Seiten eines mittigen Fixationskreuzes präsentierten (siehe oben für eine kritische Würdigung dieser Methode). Im Anschluss an jeden Reiz ließen sie ihre Versuchspersonen eine Geschlechterunterscheidung vornehmen, die dazu diente, die Betrachtung der Reize sicher zu stellen (die oben erwähnten Verhaltensdaten wurden nachträglich erhoben). Sie fanden, dass Ärgerausdrücke die (linke) Amygdala grundsätzlich stärker aktivierten als neutrale Ausdrücke, und dass weiterhin eine Interaktion in der Form vorlag, dass direkte Ärgerausdrücke die Amygdala stärker aktivierten als abgewandte Ärgerausdrücke, während neutrale Reize keinen Unterschied aufwiesen. Darüber hinaus konnten sie eine positive Korrelation der Signaländerung in der Amygdala (gemessen gegenüber einer Ruhesituation) mit dem empfundenem negativem Affekt (der Valenzempfindung) der Versuchspersonen zeigen. Dieser negative Affekt zeigte ein mit der Hirnaktivierung identisches Interaktionsmuster. Hadjikhani, Hoge, Snyder und Gelder (2008) variierten die Blickrichtung von Angstausrücken, indem sie mittels digitaler Bildbearbeitung Iris und Pupille der Gesichterreize so verschoben, dass die dargestellte Person scheinbar zur Seite und nach unten schaute und so eine vermeintliche Gefahrenquelle in Bodennähe vermuten ließ. Im Zuge der Bildgebung gaben sie ihren Versuchspersonen lediglich die Anweisung, die Bilder so lange zu betrachten, wie sie angezeigt wurden, und fanden so unter anderem eine stärkere Aktivierung der Amygdala durch Angstausrücken mit abgewandtem (vs. direktem) Blick.

N'Diaye, Sander und Vuilleumier (2009) untersuchten die vollständige Interaktionssituation (Angst und Ärger mit direktem und abgewandtem Blick) anhand von dynamischen künstlich generierten Gesichtern, deren Ausdruck und Blickrichtung sich innerhalb von 4 Sekunden vollständig entfaltete. Im Zuge der Bildgebung baten sie ihre Versuchspersonen, die empfundene Intensität jedes dargestellten Ausdruckes auf einer vierstufigen Skala anzugeben. N'Diaye et al. fanden einen signifikanten Interaktionseffekt der bekannten Form hinsichtlich der BOLD-Reaktion in der rechten Amygdala und eine entsprechende Tendenz für die linke Seite. Allerdings berichteten sie keine Vergleiche einzelner Reizklassen, sodass die Interaktion nicht näher spezifiziert werden kann. Dieser Interaktionseffekt lag überdies nur für affektive Reize mittlerer Intensität vor und entsprach somit den Befunden für die subjektiv empfundenen Reizintensitäten (siehe oben). Boll,

Gamer, Kalisch und Büchel (2011) präsentierten ebenfalls Angst- und Ärgerausdrücke, allerdings manipulierten sie die wahrgenommene Blickrichtung konstanter blick-ambivalenter Reize anhand von subjektiver (durch den Kontext gegebener) Beteiligung oder Nicht-Beteiligung des Betrachters. Sie baten ihre Versuchspersonen nach einer Reihe von jeweils 5 Ausdrücken der gleichen Emotion zu beurteilen, wie bedrohlich und wie mitleiderregend die Gesichter wirkten. Sie fanden einen signifikanten Interaktionseffekt in der rechten Amygdala, für den Einzelvergleiche ergaben, dass direkter Ärger stärkere Aktivierung hervorrief als abgewandter Ärger, während für Angst das Gegenteil der Fall war. Darüber hinaus fanden sie für Angstausrücke stärkeres Mitleid der Versuchspersonen, während Ärger grundsätzlich stärkere Bedrohung hervorrief und zusätzlich den bekannten Effekt der (hier vermeintlichen) Blickrichtung aufwies. Diese Methode zeigt recht eindrucksvoll, dass eine Interaktion von Ausdruck und Blick auch mit physikalisch konstanten Reizen erzielt werden kann. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass sich die Verarbeitung konstanter Reize von der unterscheidet, die durch eine physikalische Blickrichtungsmanipulation hervorgerufen wird.

Diese Befunde zeigen, dass die Amygdala für die Interaktion von Ausdruck und Blick vermutlich eine wesentliche Rolle spielt. Insbesondere lässt sich anhand der bekannten Rolle der Amygdala für die Bedrohungsdetektion spekulieren, dass gerade diese Hirnstruktur für die verschiedenen Vorteile von direktem Ärger und abgewandter Angst verantwortlich sein könnte. Daher sollte die Amygdala das Hauptziel der Bildgebung in Experiment III sein. Ein solcher Fokus ist insbesondere deshalb hilfreich, weil bei der sehr kurzen und maskierten Darbietung von Reizen vermutlich mit geringer Effekten einer affektiven Stimulation gerechnet werden muss. Über die Vorauswahl einer relevanten Hirnregion (engl.: region of interest, ROI), und über eine entsprechende Reduktion des statistisch untersuchten Hirnvolumens, kann die Chance auf signifikante Ergebnisse erhöht werden. Dies ist darin begründet, dass zur Vermeidung falsch-positiver Ergebnisse die Signifikanzschwelle in Bildgebungsstudien anhand der Anzahl untersuchter dreidimensionaler „Bildpunkte“ angepasst wird (sogenannte „Voxel“: kleinste untersuchbare, kubische Hirnvolumina). Die Bildgebungsdaten sollten zwar zunächst auf Basis des gesamten Hirns analysiert werden, allerdings sollte in einem zweiten Schritt eine Korrektur der Signifikanzschwellen anhand der linken und der rechten Amygdala-Region vorgenommen werden.

c) Zusammenfassung von Hintergrund und Methode, Formulierung von Hypothesen

Aus Einleitung und Hintergrund hat sich ergeben, dass affektive Gesichtsausdrücke aus verschiedenen Gründen gute Kandidaten für Reize sind, die auch unbewusst verarbeitet werden können. Für diese Verarbeitung könnte sich eine weitgehend eigenständige und unwillkürlich operierende mentale Instanz, ein sogenanntes Modul, herausgebildet haben, in dem die Amygdala eine zentrale Rolle spielt. Insbesondere signalisieren bestimmte Kombinationen von Ausdruck und Blickrichtung – Ärgerausdrücke mit direktem und Angstausrücke mit abgewandtem Blick – einem Betrachter die Anwesenheit von mit dem Sender verbundenen Gefahrenquellen. Da diese aber beide Fälle auch für den Betrachter relevant sind, sollten sie mit hoher Priorität verarbeitet werden. Befunde, die diese Idee stützen, sind noch jung, weshalb mehrere zentrale Fragen in der wissenschaftlichen Literatur bislang unbeantwortet blieben: (1) Zeichnen sich die genannten Reize objektiv messbar durch eine stärkere Bedrohlichkeit aus? (2) Kann die Interaktion von Ausdruck und Blick auch in der Nähe der zeitlichen Bewusstseinschwelle gezeigt werden? (3) Lassen sich auch bei reduziertem Bewusstsein Hinweise dafür erbringen, dass die Amygdala die gefundenen Verarbeitungsvorteile dieser Reize vermittelt? Werden diese Fragen positiv beantwortet, liegt der Schluss nahe, dass die bevorzugte Verarbeitung dieser Reize tatsächlich auf der Funktionsweise eines Moduls zur Bedrohungsermittlung beruht. Zur Klärung dieser Fragen wurden drei Experimente entwickelt, die zunächst mit der peripherphysiologisch gemessenen Schreckreaktion ein mögliches objektives Bedrohungsmaß bestätigen und auf affektive Gesichter anwenden sollten, und die anschließend in der Nähe der zeitlichen Bewusstseinschwelle den verhaltensbezogenen Interaktionsbefund und eine entsprechende Beteiligung der Amygdala untersuchen sollten.

Während jedoch die Bedrohungsabhängigkeit der Schreckreaktion aufgrund theoretischer Überlegungen und empirischer Vorbefunden eine klare Hypothese dieser Arbeit ist, lässt die Ausgangslage für die weiteren Experimente weniger eindeutige Vermutungen zu. Auch wenn Argumente für die Bedrohungsannahme nicht unplausibel sind, ist dies nicht der einzige vorgebrachte Erklärungsansatz. Überdies muss ein etwaiger Interaktionseffekt nicht bedeuten, dass für Ärger- und Angstausrücke gleichermaßen ein Effekt der Blickrichtung vorliegt. Es liegen bereits Hinweise vor, dass die Blickrichtung lediglich die Bedrohlichkeit von Ärgerausdrücken beeinflusst (Hess et al., 2007; Boll et al., 2011). Noch unsicher sind die Ergebnisse für die rückwärts maskierte Stimulation: Bedrohungsrelevante maskierte Ausdrücke können in gewissen Situationen verhaltenswirksam werden (Winkielman,

Berridge & Wilbarger, 2005) und die Amygdala aktivieren (Whalen et al., 2004; Monk et al., 2008). Dennoch beruhen Blickrichtungseinflüsse auf ihre Wahrnehmung möglicherweise auf komplexeren Vorgängen (z.B. der Ermittlung von Selbstrelevanz: Sander et al., 2007), die auch die Rolle der Amygdala betreffen könnten (Sander et al., 2003). Dementsprechend wäre es möglich, dass sich bei reduziertem visuellem Bewusstsein weder ein verhaltensbezogener noch ein neurophysiologischer Interaktionseffekt von Ausdruck und Blick zeigt. Experiment II und Experiment III müssen daher als explorativ betrachtet und ihre Ergebnisse als vorläufig angesehen werden, bis sie durch weitere Experimente bestätigt worden sind.

Literatur

- Adams, R. B. & Franklin, R. G. (2009). Influence of emotional expression on the processing of gaze direction. *Motivation and Emotion*, 33(2), 106–112.
- Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2003). Perceived gaze direction and the processing of facial displays of emotion. *Psychological Science*, 14(6), 644–647.
- Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2005). Effects of direct and averted gaze on the perception of facially communicated emotion. *Emotion*, 5(1), 3–11.
- Adolphs, R. (2001). The neurobiology of social cognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 11(2), 231–239.
- Adolphs, R. (2008). Fear, faces, and the human amygdala. *Current Opinion in Neurobiology*, 18(2), 166–172.
- Adolphs, R. (2010). What does the amygdala contribute to social cognition? *Year in Cognitive Neuroscience 2010*, 1191, 42–61.
- Akechi, H., Senju, A., Kikuchi, Y., Tojo, Y., Osanai, H. & Hasegawa, T. (2009). Does Gaze Direction Modulate Facial Expression Processing in Children With Autism Spectrum Disorder? *Child Development*, 80(4), 1134–1146.
- Amaral, d., Price, j., A., P. & Carmichael, T. (1992). Anatomical organization of the primate amygdaloid complex. In J. Aggleton (Hrsg.), *The amygdala: neurobiological aspects of emotion, memory, and mental dysfunction* (S. 1–66). New York: Wiley-Liss.
- Amelang, M. & Schmidt-Atzert, L. (2006). *Psychologische Diagnostik und Intervention* (4th). Berlin: Springer.
- Argyle, M. & Cook, M. (1976). *Gaze and Mutual Gaze*. Cambridge: University Press.
- Bar, M., Neta, M. & Linz, H. (2006). Very first impressions. *Emotion*, 6(2), 269–278.
- Bayless, S. J., Glover, M., Taylor, M. J. & Itier, R. J. (2011). Is it in the eyes? Dissociating the role of emotion and perceptual features of emotionally expressive faces in modulating orienting to eye gaze. *Visual Cognition*, 19(4), 483–510.
- Bayliss, A. P., Paul, M. A., Cannon, P. R. & Tipper, S. P. (2006). Gaze cuing and affective judgments of objects: I like what you look at. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(6), 1061–1066.
- Bechara, A. & Damasio, A. R. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and Economic Behavior*, 52(2), 336–372.
- Benton, C. P. (2010). Rapid reactions to direct and averted facial expressions of fear and anger. *Visual Cognition*, 18(9), 1298–1319.
- Boll, S., Gamer, M., Kalisch, R. & Buchel, C. (2011). Processing of facial expressions and their significance for the observer in subregions of the human amygdala. *Neuroimage*, 56(1), 299–306.

- Boucsein, W. (1988). *Elektrodermale Aktivität*. Berlin: Springer.
- Brown, J. S., Kalish, H. I. & Farber, I. E. (1951). Conditioned Fear as Revealed by Magnitude of Startle Response to an Auditory Stimulus. *Journal of Experimental Psychology*, 41(5), 317–328.
- Burmeister, L. F. (1992). Proving the Null Hypothesis. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 13(1), 55–57.
- Buxton, R. (2002). *Introduction to functional magnetic resonance imaging: Principles and techniques*. Cambridge: University Press.
- Calvo, M. G. & Lundqvist, D. (2008). Facial expressions of emotion (KDEF): identification under different display-duration conditions. *Behavior Research Methods*, 40(1), 109–115.
- Campanella, S. & Belin, P. (2007). Integrating face and voice in person perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(12), 535–543.
- Carmel, D., Saker, P., Rees, G. & Lavie, N. (2007). Perceptual load modulates conscious flicker perception. *Journal of Vision*, 7(14).
- Darwin, C. (1872). *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. London: John Murray.
- Dehaene, S., Changeux, J. P., Naccache, L., Sackur, J. & Sergent, C. (2006). Conscious, preconscious, and subliminal processing: a testable taxonomy. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(5), 204–211.
- Dijksterhuis, A. & Smith, P. (2002). Affective habituation: Subliminal exposure to extreme stimuli decreases their extremity. *Emotion*, 2(3), 203–214.
- Ekman, P. & Friesen, W. (1971). Constants across Cultures in Face and Emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17(2), 124–&.
- Ekman, P. & Friesen, W. (1976). *Pictures of Facial Affect*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Engell, A. D. & Haxby, J. V. (2007). Facial expression and gaze-direction in human superior temporal sulcus. *Neuropsychologia*, 45(14), 3234–3241.
- Esteves, F. & Ohman, A. (1993). Masking the Face - Recognition of Emotional Facial Expressions as a Function of the Parameters of Backward-Masking. *Scandinavian Journal of Psychology*, 34(1), 1–18.
- Esteves, F., Parra, C., Dimberg, U. & Ohman, A. (1994). Nonconscious Associative Learning - Pavlovian Conditioning of Skin-Conductance Responses to Masked Fear-Relevant Facial Stimuli. *Psychophysiology*, 31(4), 375–385.
- Ewbank, M. P., Jennings, C. & Calder, A. J. (2009). Why are you angry with me? Facial expressions of threat influence perception of gaze direction. *Journal of Vision*, 9(12).

- Fischer, A. H. & Roseman, I. J. (2007). Beat them or ban them: The characteristics and social functions of anger and contempt. *Journal of Personality and Social Psychology*, 93(1), 103–115.
- Fitzgerald, D. A., Angstadt, M., Jelsone, L. M., Nathan, P. J. & Phan, K. L. (2006). Beyond threat: Amygdala reactivity across multiple expressions of facial affect. *Neuroimage*, 30(4), 1441–1448.
- Ganel, T., Goshen-Gottstein, Y. & Goodale, M. A. (2005). Interactions between the processing of gaze direction and facial expression. *Vision Research*, 45(9), 1191–1200.
- George, N. & Conty, L. (2008). Facing the gaze of others. *Neurophysiologie Clinique-Clinical Neurophysiology*, 38(3), 197–207.
- Gramann, K. & Schandry, R. (2009). *Lehrbuch Psychophysiologie: Körperliche Indikatoren psychischen Geschehens* (4. Ausgabe). Weinheim: Beltz.
- Gray, J. (1991). The neuropsychology of temperament. In J. Strelau & A. Angleitner (Hrsg.), *Explorations in temperament* (S. 105–128). New York: Plenum.
- Green, D. M. & Swets, J. A. (1966). *Signal Detection Theory and Psychophysics*. New York: Wiley.
- Grillon, C. & Baas, J. (2003). A review of the modulation of the startle reflex by affective states and its application in psychiatry. *Clinical Neurophysiology*, 114(9), 1557–1579.
- Hadjikhani, N., Hoge, R., Snyder, J. & de Gelder, B. (2008). Pointing with the eyes: the role of gaze in communicating danger. *Brain and Cognition*, 68(1), 1–8.
- Hamm, A., Greenwald, M., Bradley, M., Cuthbert, B. & Lang, P. (1991). The Fear Potentiated Startle Effect: Blink Reflex Modulation as a Result of Classical Aversive Conditioning. *Integrative Physiological and Behavioral Science*, 26(2), 119–126.
- Hays, W. (1994). *Statistics* (5th edition). Fort Worth: Harcourt Brace College Publishers.
- Hein, G. & Knight, R. T. (2008). Superior Temporal Sulcus-It's My Area: Or Is It? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(12), 2125–2136.
- Hess, U., Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2007). Looking at you or looking elsewhere: the influence of head orientation on the signal value of emotional facial expressions. *Motivation and Emotion*, 31(2), 137–144.
- Holender, D. (1986). Semantic Activation without Conscious Identification in Dichotic-Listening, Parafoveal Vision, and Visual Masking - a Survey and Appraisal. *Behavioral and Brain Sciences*, 9(1), 1–23.
- Itier, R. J. & Batty, M. (2009). Neural bases of eye and gaze processing: The core of social cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33(6), 843–863.
- Jones, B. C., DeBruine, L. M., Little, A. C., Conway, C. A. & Feinberg, D. R. (2006). Integrating gaze direction and expression in preferences for attractive faces. *Psychological Science*, 17(7), 588–591.

- Kanwisher, N. & Yovel, G. (2006). The fusiform face area: a cortical region specialized for the perception of faces. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 361(1476), 2109–2128.
- Lamme, V. A. F. & Roelfsema, P. R. (2000). The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends in Neurosciences*, 23(11), 571–579.
- Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (1990). Emotion, Attention, and the Startle Reflex. *Psychological Review*, 97(3), 377–395.
- Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (2008). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. On *Technical Report A-8*. Gainesville, FL: University of Florida.
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M. & Hamm, A. O. (1993). Looking at Pictures - Affective, Facial, Visceral, and Behavioral Reactions. *Psychophysiology*, 30(3), 261–273.
- Langner, O., Dotsch, R., Bijlstra, G., Wigboldus, D. H. J., Hawk, S. T. & van Knippenberg, A. (2010). Presentation and validation of the Radboud Faces Database. *Cognition & Emotion*, 24(8), 1377–1388.
- Langton, S. R. H., Watt, R. J. & Bruce, V. (2000). Do the eyes have it? Cues to the direction of social attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(2), 50–59.
- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155–184.
- Leventhal, A. M., Martin, R. L., Seals, R. W., Tapia, E. & Rehm, L. P. (2007). Investigating the dynamics of affect: Psychological mechanisms of affective habituation to pleasurable stimuli. *Motivation and Emotion*, 31(2), 145–157.
- Libkuman, T. M., Otam, H., Kern, R., Viger, S. G. & Novak, N. (2007). Multidimensional normative ratings for the international affective picture system. *Behavior Research Methods*, 39(2), 326–334.
- Lobmaier, J. S., Tiddeman, B. P. & Perrett, D. I. (2008). Emotional expression modulates perceived gaze direction. *Emotion*, 8(4), 573–577.
- Lundqvist, D., Flykt, A. & Öhman, A. (1998). The Karolinska Directed Emotional Faces - KDEF, CD ROM. Solna, SE: Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet.
- Lundqvist, D. & Litton, J. E. (1998). The Averaged Karolinska Directed Emotional Faces - AKDEF, CD ROM. Solna, SE: Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet.
- Mack, A. & Rock, I. (1998). *Inattentional Blindness*. Cambridge: MIT Press.
- Macmillan, N. A. & Creelman, C. D. (2005). *Detection Theory: A User's Guide* (2nd). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Mathews, A., Fox, E., Yiend, J. & Calder, A. (2003). The face of fear: Effects of eye gaze and emotion on visual attention. *Visual Cognition*, 10(7), 823–835.
- Monk, C. S., Telzer, E. H., Mogg, K., Bradley, B. P., Mai, X. Q., Louro, H. M. C. et al. (2008). Amygdala and ventrolateral prefrontal cortex activation to masked angry faces in children and adolescents with generalized anxiety disorder. *Archives of General Psychiatry*, 65(5), 568–576.
- N'Diaye, K., Sander, D. & Vuilleumier, P. (2009). Self-relevance processing in the human amygdala: gaze direction, facial expression, and emotion intensity. *Emotion*, 9(6), 798–806.
- Ohman, A., Carlsson, K., Lundqvist, D. & Ingvar, M. (2007). On the unconscious subcortical origin of human fear. *Physiology & Behavior*, 92(1–2), 180–185.
- Otto, J., Euler, H. & Mandel, H. (2000). *Emotionspsychologie*. Weinheim: Beltz.
- Oya, H., Kawasaki, H., Howard, M. A. & Adolphs, R. (2002). Electrophysiological responses in the human amygdala discriminate emotion categories of complex visual stimuli. *Journal of Neuroscience*, 22(21), 9502–9512.
- Pessoa, L. (2010). Emotion and cognition and the amygdala From "what is it?" to "what's to be done?". *Neuropsychologia*, 48(12), 3416–3429.
- Pessoa, L. & Adolphs, R. (2010). Emotion processing and the amygdala: from a 'low road' to 'many roads' of evaluating biological significance. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(11), 773–782.
- Pessoa, L., Japee, S., Sturman, D. & Ungerleider, L. G. (2006). Target visibility and visual awareness modulate amygdala responses to fearful faces. *Cerebral Cortex*, 16(3), 366–375.
- Pessoa, L., Japee, S. & Ungerleider, L. G. (2005). Visual awareness and the detection of fearful faces. *Emotion*, 5(2), 243–247.
- Pessoa, L., McKenna, M., Gutierrez, E. & Ungerleider, L. G. (2002). Neural processing of emotional faces requires attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(17), 11458–11463.
- Pichon, S., de Gelder, B. & Grezes, J. (2009). Two different faces of threat. Comparing the neural systems for recognizing fear and anger in dynamic body expressions. *Neuroimage*, 47(4), 1873–1883.
- Posner, M. I., Snyder, C. R. R. & Davidson, B. J. (1980). Attention and the Detection of Signals. *Journal of Experimental Psychology-General*, 109(2), 160–174.
- Ross, L. E. (1961). Conditioned Fear as a Function of Cs-Ucs and Probe Stimulus Intervals. *Journal of Experimental Psychology*, 61(4), 265–&.
- Rossignol, M., Anselme, C., Vermeulen, N., Philippot, P. & Campanella, S. (2007). Categorical perception of anger and disgust facial expression is affected by non-clinical social anxiety: An ERP study. *Brain Research*, 1132(1), 166–176.

- Said, C. P., Moore, C. D., Engell, A. D., Todorov, A. & Haxby, J. V. (2010). Distributed representations of dynamic facial expressions in the superior temporal sulcus. *Journal of Vision, 10*(5).
- Sander, D., Grafman, J. & Zalla, T. (2003). The human amygdala: an evolved system for relevance detection. *Reviews in the Neurosciences, 14*(4), 303–316.
- Sander, D., Grandjean, D., Kaiser, S., Wehrle, T. & Scherer, K. R. (2007). Interaction effects of perceived gaze direction and dynamic facial expression: evidence for appraisal theories of emotion. *European Journal of Cognitive Psychology, 19*(3), 470–480.
- Sato, W., Yoshikawa, S., Kochiyama, T. & Matsumura, M. (2004). The amygdala processes the emotional significance of facial expressions: an fMRI investigation using the interaction between expression and face direction. *Neuroimage, 22*(2), 1006–1013.
- Schandry, R. (2011). *Biologische Psychologie: Ein Lehrbuch* (3rd). Weinheim: Beltz.
- Scherer, K. (2001). Appraisal considered as a process of multi-level sequential checking. In K. Scherer, A. Schorr & T. Johnstone (Hrsg.), *Appraisal processes in emotion: Theory, Methods, Research* (S. 92–120). Oxford: University Press.
- Simons, D. J. & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception, 28*(9), 1059–1074.
- Simons, D. J. & Rensink, R. A. (2005). Change blindness: past, present, and future. *Trends in Cognitive Sciences, 9*(1), 16–20.
- Sperling, G. (1960). The Information Available in Brief Visual Presentations. *Psychological Monographs, 74*(11), 1–29.
- Striano, T., Kopp, F., Grossmann, T. & Reid, V. M. (2006). Eye contact influences neural processing of emotional expressions in 4-month-old infants. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 1*(2), 87–94.
- Szczepanowski, R. & Pessoa, L. (2007). Fear perception: Can objective and subjective awareness measures be dissociated? *Journal of Vision, 7*(4).
- Tipples, J. (2005). Orienting to eye gaze and face processing. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance, 31*(5), 843–856.
- Tong, E. M. W., Bishop, G. D., Enkelmann, H. C., Why, Y. P., Diong, S. M., Khader, M. et al. (2009). Appraisal Underpinnings of Affective Chronometry: The Role of Appraisals in Emotion Habituation. *Journal of Personality, 77*(4), 1103–1136.
- van der Gaag, C., Minderaa, R. B. & Keysers, C. (2007). The BOLD signal in the amygdala does not differentiate between dynamic facial expressions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 2*(2), 93–103.
- vonGrunau, M. & Anston, C. (1995). The detection of gaze direction: A stare-in-the-crowd effect. *Perception, 24*(11), 1297–1313.
- Vrana, S. R., Spence, E. L. & Lang, P. J. (1988). The Startle Probe Response - a New Measure of Emotion. *Journal of Abnormal Psychology, 97*(4), 487–491.

Weike, A. I. & Hamm, A. O. (2005). Fear reduction by means of repeated stimulus exposure in animal phobia. *Zeitschrift Fur Klinische Psychologie Und Psychotherapie*, 34(2), 111–120.

Whalen, P. J., Kagan, J., Cook, R. G., Davis, F. C., Kim, H., Polis, S. et al. (2004). Human amygdala responsivity to masked fearful eye whites. *Science*, 306(5704), 2061–2061.

Winkielman, P., Berridge, K. C. & Wilbarger, J. L. (2005). Unconscious affective reactions to masked happy versus angry faces influence consumption behavior and judgments of value. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 31(1), 121–135.

Zebrowitz, L. A. & Montepare, J. M. (2005). Appearance DOES matter. *Science*, 308(5728), 1565–1566.

Teil 3: Experiment I

Threat Determines Affective Startle Potentiation.

Inhalt

a) Introduction.....	79
b) Method.....	80
c) Results.....	83
d) Discussion.....	86
References.....	91

Abstract

Affective startle modulation often is attributed to the valence dimension of applied foreground stimuli, whereas alternative views refer to specific discrete emotions. Based on the idea of the startle reflex being a protective mechanism, the significance of threat to the acoustic startle response was tested. Affectively charged pictures were selected according to their quantified discrete-emotional distinctness: pictures primarily evoking sadness, anger, and disgust (low valence); pictures primarily evoking fear (threat; moderately low valence); and pictures primarily evoking happiness (high valence). Electromyography (EMG) of the orbicularis oculi muscle revealed substantial startle potentiation by the fear evoking stimuli. Moreover, evidence was found that disgust bears a strong relation to the startle reflex. In line with other recent studies the reported findings suggest that startle is being increased by threat to one's physical integrity, as is signaled by the discrete emotions of fear and disgust.

a) Introduction

It is a widespread notion that the valence of presented foreground stimuli, e.g. pictures or sounds, determines the magnitude of a concomitantly elicited startle response. In this dimensional view, ‘negative’ (i.e. low-valence) stimuli potentiate the startle reflex, while ‘positive’ (i.e. high-valence) stimuli alleviate it (Lang, Bradley & Cuthbert, 1990). Virtually since introduction of startle modulation as an indicator of emotional states (Bradley, Cuthbert & Lang, 1988), this opinion prevails in theory as well as in experimental practice. It can probably be seen as one of the most influencing and often replicated findings favoring a dimensional view on emotions.

This is the case in face of a large body of evidence for fear-potentiated startle (Grillon & Baas, 2003), drawing threat into the focus of attention. One of the first results mentioned by Lang et al. (1990) in their influencing early review on affective startle shows strong potentiation by learned fear (Brown, Kalish & Farber, 1951). Further, neural models link startle potentiation to the amygdala (Davis, Hitchcock & Rosen, 1987; Walker, Cassella, Lee, DeLima & Davis, 1997), a brain structure commonly associated with the processing of fear. Of course, these findings do not exclude the possibility, that non-fear low-valence emotional states potentiate startle responses.

More basic evidence for the significance of specific discrete emotions comes from the physiological account of the eye lid closing reflex, also known as the ‘corneal’ or the ‘blink reflex’, as part of a protective mechanism (Anonymous, 2010). At least regarding potentiation, it provides an independent intuition that involuntary blinks should only be affected by such foreground stimuli the potentially harmful effects of which could be avoided by fast motor responses. From this perspective, other ‘negative’ stimuli should not potentiate startle blinks. To decide this issue, classical threat (fear-evoking) and non-fear low-valence stimuli were compared.

One reason for ambiguous results of previous studies might be that low valence can result from harmless and threatening aversive stimuli as well. Furthermore, stimuli virtually never evoke discrete emotions with absolute selectivity, which shows e.g. in studies deriving discrete-emotional ratings for affective pictures (Libkuman, Otam, Kern, Viger & Novak, 2007). So, if stimuli are not inspected meticulously regarding the discrete emotions they evoke, threat can occur covertly, and the impression might easily arise that valence modulates the startle reflex.

Despite differences in various physiological and motor responses, e.g. Miller, Patrick & Levenston (2002) were not able to find differential startle magnitudes to fear and anger evoking imagery. They regarded their findings as a confirmation of startle modulation reflecting a more basic priming of emotional or motivational states, as hypothesized by Lang et al. (1990). However, the method of affective imagery does not allow for a reliable predetermination of the discrete emotions to evoke, because stimulus material is constructed within participants' minds (see also Vrana, , for a comparison of disgust and anger with similar problems). Also, Miller et al. (2002) did not check for distinct manipulation on a postexperimental basis. Further, the comparison of fear and anger evoking stimuli seems not very well suited for clearing the dispute at hand. Anger evoking situations often suggest an impending conflict between individuals, bearing the potential of violent escalation. Thus they imply a certain degree of fear on either side.

Anger evoking stimuli thoroughly controlled for fear elicitation should not substantially potentiate the startle reflex. Nevertheless, it is not easy to conceive of good candidates. Stimuli depicting acts of discrimination or eliciting concerns about environmental damage might turn out to elicit anger but not fear. On the other hand, their effects likely are subject to high interindividual variability. To adequately deal with this problem, various non-fear 'negative' emotions must be considered. So, the present study compared low-valence stimuli primarily evoking the discrete emotions of sadness, anger, and disgust with others primarily evoking fear regarding their potential to increase the startle reflex.

b) Method

Participants and recruitment. Thirty-six participants (19–30 years, $m=23$; 18 female), mostly undergraduate psychology students, receiving partial course credit for compensation. All participants had a Western European background. They were informed that they would view pictures of various emotional and possibly distressful content and would repeatedly be exposed to loud noise; they provided written consent.

Stimuli. Stimuli from the International Affective Picture System (IAPS; Lang, Bradley & Cuthbert, 2008) were selected for being as distinct as possible with respect to the discrete emotions they evoke. The first stimulus category contained pictures primarily evoking sadness, anger, and disgust ('low-valence'), with fear being as insignificant as possible. The second category contained pictures primarily evoking fear ('threat'). From a dimensional view, both evoke emotional states denoted as 'negative' and thus are expected to potentiate

startle blinks. The third category contained pictures primarily evoking happiness ('high-valence').

Stimulus selection was based on a simple statistic. Libkuman et al. (2007) reported discrete-emotional intensity ratings of the IAPS pictures for the emotions listed above. To derive a selection criterion, for every picture the intensity-independent distinctness of each emotion was determined by computing the ratio of an emotional intensity and the maximum intensity of the respective other emotions. This led to (1) a discrete-emotional assignment for every picture according to its dominant emotion, denoted by the maximum distinctness, and (2) optimal selection regarding the standard outlined above. For illustration purposes this ratio was rescaled mapping the distinctnesses of the dominant emotions onto the interval between zero (maximum ambiguity) and unity (maximum distinctness; found within the 'high-valence' category), resulting in negative values for the nondominant emotions.

After selection of the 18 most distinct non-fear low-valence (6 each for sadness, anger and disgust), fear, and happiness conveying pictures, some manual refinement was applied. Basically, it was assured that no picture would be presented the intended emotional content of which appeared to rely on a specific cultural, social, educational, or age background not shared by the participants. A list of the final set of 54 highly distinct stimuli can be obtained from the corresponding author.

Verification of stimulus validity. Fig. 1 shows the distinctnesses of the discrete emotions evoked by each stimulus category. To derive a single non-fear low-valence distinctness, each picture's dominant 'negative' emotion aside from fear was accounted for. Obviously, each stimulus category evokes its dominant emotion(s) most distinctly. Further, the low-valence and the threat category do not differ significantly in their dominant emotion's distinctness ($t=1.360$, $p=0.187$, two-tailed). Unfortunately, the dominant emotion's intensity (data not shown) is significantly lower for the threat ($m=5.10$) than for the low-valence category ($m=6.43$, $p<0.001$). So lower startle potentiation by the former could be due to a difference in category significance. Fig. 2 illustrates the distribution of the selected stimuli in valence/arousal space grouped by dominant discrete emotion; plotted are the coordinates reported by Lang et al. (Lang et al., 2008). Clearly, the low-valence and the threat stimuli exhibit lower valence than the high-valence stimuli. Notably, the low-valence stimuli were rated even lower in valence than the threat stimuli ($t=5.413$, $p<0.001$). Together, the distinctness and the valence relation of the low-valence and the threat category imply a highly stringent comparison of the two perspectives under scrutiny. Finally, although the startle response is commonly known not to be arousal sensitive (Lang et al., 1990), it was ensured

that the two ‘negative’ categories herein do not differ significantly ($t=1.368$, $p=0.180$, two-tailed).

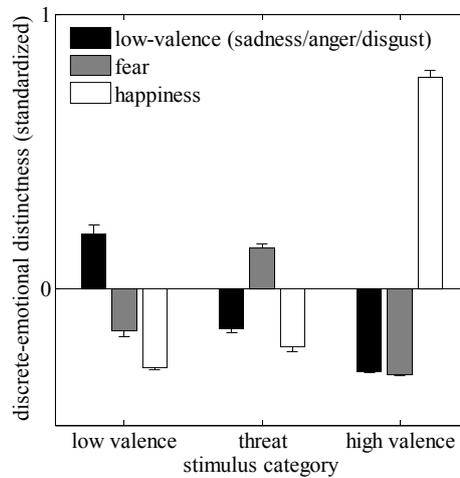


Figure 1. Standardized distinctness (means and standard errors) of discrete emotions evoked by the stimulus categories; for the non-fear low-valence emotions (black), each picture’s highest sadness, anger, or disgust distinctness was determined. On a single-stimulus level zero denotes maximum ambiguity.

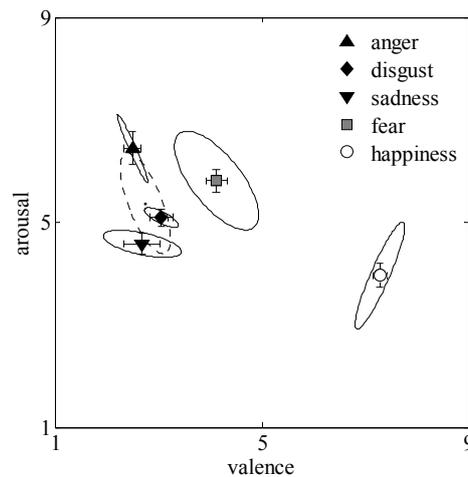


Figure 2. Distribution of stimuli in valence/arousal space grouped by dominant emotion: symbols represent category means (with standard errors), ellipsoids resemble direction and extent of the orthogonal main variance components, given by eigenvectors of the matrices of covariance; the dotted line indicates the distribution of the composite low-valence category (black).

Procedure. Participants were seated in a sound attenuating booth, viewing the selected IAPS pictures on a 20” LCD screen. They were instructed to imagine being present in the depicted situations as vividly as possible. They were told to ignore the occasionally occurring noise (the startle probe), a nearly instantaneous 50 ms white noise burst at 95 dB, administered via calibrated headphones.

After 1 min (20 bursts) of prehabitation the whole stimulus set was presented twice in independent experimental runs; the procedure was kept close to one applied by Bradley,

Cuthbert & Lang (Bradley, Cuthbert & Lang, 1990). The startle probe was administered pseudorandomly during 2/3 of all presentations, and to further reduce predictability, it was presented between trials a total number of 24 times. Each presentation of a picture was preceded by a blank of 10–18 s. Subsequently the emotional pictures were presented for 6s and, on probed trials, the regular startle probe occurred with a stimulus onset asynchrony (SOA) of 2.5–5.5 s. A complete session took about an hour, and afterwards participants were thanked, debriefed on the particular purpose of the experiment, asked for confidentiality, rewarded, and dismissed.

EMG measurement and quantification. EMG data were collected by a “NeXus-16” bioamplifier (Mind Media BV, NL) attached to Ag/AgCl-based electrodes, which were placed directly over the m. orbicularis oculi, under the left eye for right-handed participants. The electric raw signal was amplified, digitized (24 bit), bandpass filtered to a frequency range of 50–200 Hz, and RMS transformed with a time constant of 1/16 s; the final signal had a sampling rate of 32 Hz. Superficial visual inspection was undertaken to ensure that no major (nonphysiological) artifacts were present in the data.

Startle blinks were quantified as the maximum signal differences to baseline larger than 1 μV which are observed within 30–120 ms after startle probe onset. Baseline was determined as the mean signal within 30 ms before to 30 ms after startle probe onset. Startle blinks smaller than 1 μV were set to zero. 5 Participants (3 female) with an overall startle magnitude of less than 1 μV were excluded as low responders, which was equivalent to a criterion of 1/3 or less valid startle blinks. This prevented increasing (with decreasing magnitude) error variance to be overrepresented in the data. To account for differences in skin/electrode conductance and individual startle reactivity, participants’ data were standardized through division by their respective grand mean. This reduced the selective impact of high responders and assured differences between single means to be comparable across participants, allowing for the application of parametric statistical tests.

c) Results

Paired t-tests revealed that the threat category produced significantly higher startle magnitudes than the high-valence ($t=4.092$, $p<0.001$) and the low-valence ($t=3.533$, $p<0.001$) category. These findings confirm the intuition that fear evoked in viewers of emotional pictures is more important for affective startle potentiation than low valence. Noteworthy, the difference of startle magnitudes of the low-valence and the high-valence category ($t=1.557$,

$p=0.130$, two-tailed) does not allow for the conclusion that low valence by itself effects any startle potentiation at all.

Fig. 3 shows the mean startle blink magnitudes of female and male participants as a function of stimulus category. Due to standardization, gender effects were assessed by comparing within-subject differences across groups. Unpaired t-tests revealed that differences between the threat and the high-valence stimuli are more pronounced for female than for male participants ($t=2.030$, $p=0.026$). No other comparison reached significance. Two things shall be noted: First, this finding is in line with other studies reporting affective startle modulation to be more effective in women than in men. This was shown either regarding disgust (Yartz & Hawk, 2002) or unspecific low-valence stimuli (Anokhin & Golosheykin, 2010; Bradley, Cuthbert & Lang, 1999; McManis, Bradley, Berg, Cuthbert & Lang, 2001) Second, and more central to the purpose of this study, if startle potentiation relies on fear, it is highly plausible that gender effects could only be demonstrated if analysis involves the threat category.

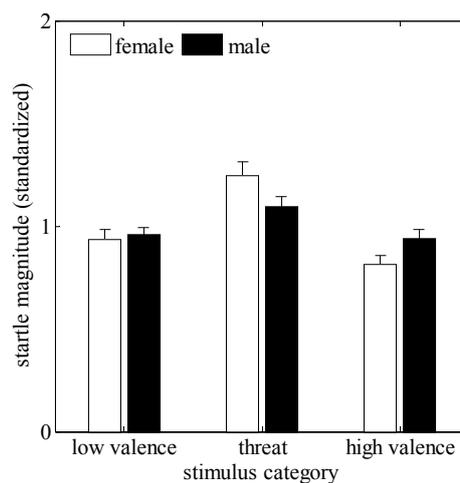


Figure 3. Standardized startle blinks of female and male participants as a function of stimulus category; ‘low valence’ spares fear most effectively.

Effects of the low-valence category could be obscured because of its composite nature. To see whether valence plays a role secondary to fear in startle potentiation, correlations within the threat category were inspected. Significant correlations with startle magnitude were found for valence ($r=-0.565$) and related measures (happiness; the sum of the ‘negative’ emotional ratings; $p<0.05$ all). Unfortunately, disgust ratings correlate even stronger with startle magnitude ($r=0.743$, $p<0.001$). If controlled for disgust by means of partialization, the former correlations vanish (valence: $r=-0.109$, $p=0.667$). This result indicates disgust, rather than valence, being secondary to fear in its significance to affective startle. Further, it

underlines the view that the relation of valence to startle is due to the contribution of specific discrete emotions.

To explore the role of disgust, the non-fear ‘negative’ emotions were examined in detail. Fig. 4 shows the respective mean startle blinks according to the two experimental runs. It can be seen that, although substantial habituation is observed from the first to the second presentation, the pattern of means remains largely unchanged. This replication is supporting the robustness of the collapsed means (across runs) and of their subsequent post-hoc analyses. Paired t-tests revealed that the disgusting pictures effected significantly higher startle magnitudes than the saddening pictures ($t=2.449$, $p=0.010$), whereas magnitudes for the anger evoking pictures were not significantly different to either ($p>0.15$ both). This result confirms the correlational finding that aside from fear not all of the other ‘negative’ discrete emotions remain neutral regarding startle potentiation. Disgust plays a role at least secondary to fear, being largely accountable for the marginally significant startle potentiation found for the low-valence category. Sadness, on the other hand, is rather insignificant to affective startle—if not alleviating it, as the mean difference to the high-valence category could be indicative of—showing most clearly that low valence is not sufficient for potentiating the startle response. The role of anger remains unclear so far, this issue will be addressed in the discussions section.

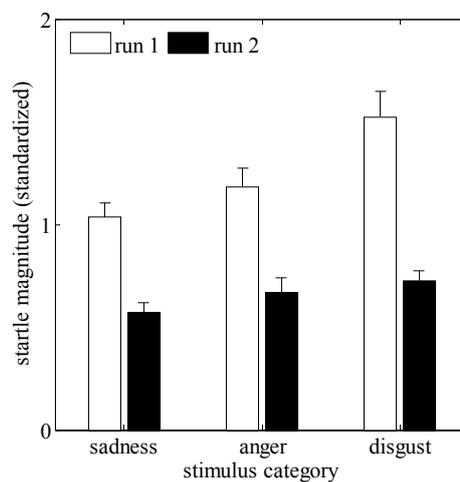


Figure 4. Standardized startle blinks pertinent to independent experimental runs as a function of non-fear low-valence discrete-emotional subcategory.

Taken together, the presented results can provide no evidence that valence plays any role in affective startle modulation. Rather they suggest that low valence appears to be influencing the startle reflex only as far as it is mediated by the discrete emotions of fear and disgust.

d) Discussion

The goal of the present study was to clarify the issue whether valence in general or rather the contribution of specific threat-mediating discrete emotions to the affective ‘content’ of stimuli determine the potentiation of the startle reflex. In order to successfully discriminate between low valence and threat, picture categories were created that verifiably elicit the underlying ‘negative’ emotions most distinctly. As a measure of amplification, participants were instructed to imagine to be present in the depicted situations as vividly as possible.

That way, substantial startle potentiation pertinent to classical threat (i.e. posing a ‘fight or flight’ challenge) was demonstrated, showing that valence can not be the crucial factor for affectively modulated startle. Rejection of the dimensional view was strengthened by the fact that the selected threat-mediating stimuli actually bear higher valence than the low-valence stimuli. Three results further underline this interpretation: First, gender differences in startle potentiation, determined as differences to the high-valence category, could only be found for the threat category. Second, focusing on the latter, a robust correlation with startle magnitude could only be found for the discrete emotion of disgust. Third, if the low-valence category is inspected closer, only disgust (vs. anger and sadness) seems to effect substantial startle potentiation.

These observations all favor the discrete-emotions view on affective startle modulation, having originated in the intuition of the startle reflex being sensitive to threat. Still, not all non-fear ‘negative’ emotions remain neutral: disgust appears to have a comparably tight relation to the startle reflex as is the case for fear. Given the conceptualization of startle as a protective reflex this is not surprising, because many stimuli evoking disgust can as well be regarded as posing some kind of threat. Of course, ‘threat’ in this formulation can not be restricted to the classical fear domain, i.e. threat of attack, injure, and death. It has to be taken in a wider notion including threat of contamination, poisoning, and intrusion of arthropods (insects, spiders, centipedes etc.) and parasites. Obviously, fear and disgust both resemble (or go along with) concerns regarding one’s physical integrity. Compatible with this idea are findings that fear and disgust are hardly separable in spider phobia, a disorder known to be indicated by a potentiated startle reflex during exposure (DeJong, Merckelbach & Arntz, 1991). E.g., pictures of spiders evoke fear and disgust nearly equally in spider phobics (Gerdes, Uhl & Alpers, 2009), and disgust sensitivity appears to play a role in the development of fear of spiders (Mulken, deJong & Merckelbach, 1996). Furthermore, there is evidence that brain structures typically associated with disgust

processing are activated during fear processing as well (Schienle et al., 2002). Another hint on the connection between fear and disgust comes from data showing massive startle potentiation especially for mutilation pictures (Bernat, Patrick, Steffen & Sass, 2002), for which a rough inspection of the discrete-emotional rating data reported by Libkuman et al. (2007; cf. Methods), besides substantial fear ratings, confirm disgust as their dominantly elicited discrete emotion. Similar results are reported by Yartz & Hawk (2002), showing moderate startle potentiation for fear and for disgust stimuli, but large effects for blood-related disgust, presumably comprising the elicitation of disgust as well as fear. Following this line of thought, the extended hypothesis can be formulated that affective startle modulation largely depends on a threat to one's physical integrity, which is explicitly meant in the sense of fear and disgust.

Two possible criticisms to the emotional validity of the stimulus set shall be addressed briefly. To begin with, for lack of a true baseline, a stimulus category predominantly evoking happiness was applied as a common comparison category for the two 'negative' categories. A difference in startle magnitude to the former is interpreted as startle potentiation. Of course, the role of high valence regarding affective startle is not yet clear: see Bernat, Patrick, Benning & Tellegen (2006) for evidence that erotic stimuli alleviate the startle reflex, while adventurous pictures rather increase it. Anyway, because the high-valence category as a whole is not expected to substantially increase startle, it appears to be an appropriate contrasting condition.

More serious, it is essential to assure that the low-valence category had an emotional significance to the participants similar to that of the threat category. The fact that startle potentiation by the low-valence category is only marginally significant might be due to problems of stimulus selection.

To begin with, there appears to be no reason to doubt the significance of the selected disgusting stimuli. Concluded from picture content, mostly insects (cockroaches, flies) on food, dirt and excrements, they can be viewed as face-valid. Of course, one could speculate that not all depicted disgust-related threats might be avoided by a fast movement, but the effected startle magnitudes stand for themselves. Particularly, the stimuli appear to be sufficiently transcultural. Cultural specificity is a possible objection to the reported stimulus properties, i.e. the assumed emotion elicitation, because valence and arousal norms and discrete emotional rating data are derived from northern American samples (cf. Methods). Further, the interpretation of stimuli might especially be culturally biased if individuals are depicted who are involved in some kind of social interaction. So, the actual emotional effects

of the presented pictures could vary regarding valence and arousal as well as discrete-emotional intensities. However, deviations in valence, which must be viewed as most critical to the purpose of the study, can be widely neglected, because the respective relation of the competing categories ('low valence' < 'threat') provides some buffer to the experimental antecedents. Therefore, only the discrete-emotional aspects of stimulus selection shall be discussed.

The selected anger evoking pictures turn out to disproportionately often show violence involving two or more persons. This is surprising, because following the arguments presented above (s. Introduction), these stimuli, aside from anger, should substantially evoke fear. Maybe, because the violent acts mostly are committed by young African-American males, the anger advantage of these stimuli relies in part on social psychological mechanisms. To some degree the latter might prevent fear elicitation by some form of secureness-conveying out-group attribution of the depicted situations. Anyhow, these pictures show a theme which is not so common in Western European countries. So, in the present experiment they might not have evoked anger as strongly as would be the case for US-American participants, even if part of the affective content should be interpretable without recourse to ethnic concepts. Also the anger evoking stimuli exhibit the far lowest discrete-emotional distinctness. Actually, preliminary analysis of their emotional intensities reveals that they evoke all 'negative' emotions quite strongly. In part this may resemble a general problem with eliciting anger by the use of pictures. On the other hand, the two most distinct anger-evoking pictures were eliminated due to questionable emotional validity to German undergraduate students: namely, IAPS picture 7590 (traffic holdup at night) and 5940 (most likely an explosion on a country road). Nevertheless, because these stimuli generally bear quite low intensities, their replacement went along with substantial increases of all 'negative' ratings (including fear and disgust) and decreases of happiness and valence ratings for the resulting anger evoking subcategory. So from both competing perspectives, this should have lead to higher startle magnitudes. Two reasons might explain, why this does not appear to show in the data. First, the high 'negative' emotional ratings found for the anger evoking stimuli might reflect some form of higher cognitive processes (e.g. moral judgments) rather than basic emotional reactions. A second possibility is, that, against all expectation, some distinctness of the relevant discrete emotions is a prerequisite to affective startle.

Taken together, if the discrete emotion of anger actually potentiates startle responses, magnitudes for the low-valence category might be somewhat reduced due to the lower validity of the selected anger evoking stimuli. On the other hand, for several reasons it seems

generally unfavorable to apply anger evoking pictures to the present context, at least if realized via the IAPS (and by employing Western European students). This shows in the fact that controlling the anger evoking IAPS stimuli for the elicitation of fear and other emotions results in a set of pictures which a-priori were held inappropriate.

The saddening pictures, on the other hand, all seem to relate to the topic of 'loss of a beloved', which should be quite a universal theme. At least for the ones showing more than one person this is most likely the case, suggesting sadness to be elicited as expected. So, the difference in startle magnitudes between the disgusting and the saddening pictures illustrates clearly that not all low-valence stimuli increase the startle reflex equally. The negative finding for the entire low-valence category can not be explained solely by a possible validity problem of the anger evoking stimuli. Rather it seems that within the discrete non-fear low-valence emotions, only disgust bears a substantial relation to the startle reflex.

Some aspects are worth considering for future experiments. First, as long as no culturally adequate norms are available, it seems reasonable to conduct pilot studies to collect discrete emotional rating data for the applied stimuli. In doing so it can be decided more explicitly whether the intended emotional effects are actually achieved. Second, follow-up experiments should apply the same number of stimuli to every discrete emotional category. In the present case comparisons of the various low-valence subcategories with the threat and especially the high-valence category seem statistically not feasible. So it can only be assumed that disgust potentiates startle in a comparable order of magnitude as is the case for fear. Similarly, sadness can only be attributed a tendency to alleviate startle responses, and equal stimulus numbers (and presumably larger sample sizes) seem necessary to decide this issue. Further, it might prove interesting to see, whether the extended threat hypothesis is able to predict, which 'positive' stimuli lead to startle alleviation. At first glance, stimuli conveying some kind of secureness information, or ones simply being incompatible with threat, might be good candidates. Incompatibility should be achieved by involving strong competing behavioral tendencies, which could be triggered by e.g. erotic stimuli, already being shown to alleviate startle (Bernat et al., 2006). Stimuli conveying secureness might e.g. be scenes depicting parents behaving in a protective manner to their children. Preliminary evidence for the latter prediction can be found in the present experiment for IAPS stimuli 2540 and 3211 showing women embracing a child, which overall effected very low startle magnitudes ($m=.616$). So the extended threat hypotheses might account for affective alleviation as well as potentiation of the startle response. Finally, although eye EMG is a classical method for assessing the startle response, it might contribute to the validity of the findings to replicate

them by means of other measures. Unfortunately, the galvanic skin response (GSR), a physiological parameter which is quite easy to derive, is said to depend on arousal (Lang, Greenwald, Bradley & Hamm, 1993). So assessing startle responses via GSR might lead to results which are not so easy to interpret. EMG of the extremities might be another reliable indicator, but it remains to be seen whether it provides a sensitivity similar to that of the eye muscles.

Concluding, the widespread notion no longer holds that affective startle modulation depends on the valence of the applied foreground stimuli. In contrast, it was shown that the contribution of specific discrete emotions largely determines the eye blink following an acoustic startle probe. Nevertheless, because valence itself depends on discrete emotions typically perceived as ‘negative’ or ‘positive’, startle magnitude may easily seem to depend on valence, at least as long as it stems from the discrete emotions of fear and disgust. Whether the significance of discrete emotions can be shown in other fields of experimental psychology, where dimensional emotion concepts are still established, remains to be seen.

Acknowledgments

The authors would like to thank Marc Allgeier for his help with data acquisition and for his valuable contribution to method and interpretation. The first author would like to thank Katja Koennecke for her support in the scientific process.

References

- Anokhin, A. P. & Golosheykin, S. (2010). Startle modulation by affective faces. *Biological Psychology*, 83(1), 37–40.
- Anonymous. (2010, 1. November). *Corneal reflex*. [Website]. Verfügbar unter: http://en.wikipedia.org/wiki/Corneal_reflex [23. November 2010].
- Bernat, E., Patrick, C., Steffen, B. & Sass, S. (2002). Effects of affective content and intensity on startle blink and ERP in women. *Psychophysiology*, 39, S21–S21.
- Bernat, E., Patrick, C. J., Benning, S. D. & Tellegen, A. (2006). Effects of picture content and intensity on affective physiological response. *Psychophysiology*, 43(1), 93–103.
- Bradley, M. M., Cuthbert, B. N. & Lang, P. J. (1988). Lateral Presentation of Acoustic Startle Stimuli in a Varying Affective Foreground. *Psychophysiology*, 25(4), 436–436.
- Bradley, M. M., Cuthbert, B. N. & Lang, P. J. (1990). Startle Reflex Modification - Emotion or Attention. *Psychophysiology*, 27(5), 513–522.
- Bradley, M. M., Cuthbert, B. N. & Lang, P. J. (1999). Affect and the Startle Reflex. In M. E. Dawson, A. M. Schell & A. H. Böhmelt (Hrsg.), *Startle Modification: Implications for Neuroscience, Cognitive Science, and Clinical Science* (S. 157–183). New York: Cambridge University Press.
- Brown, J. S., Kalish, H. I. & Farber, I. E. (1951). Conditioned Fear as Revealed by Magnitude of Startle Response to an Auditory Stimulus. *Journal of Experimental Psychology*, 41(5), 317–328.
- Davis, M., Hitchcock, J. M. & Rosen, J. B. (1987). Anxiety and the Amygdala - Pharmacological and Anatomical Analysis of the Fear-Potentiated Startle Paradigm. *Psychology of Learning and Motivation-Advances in Research and Theory*, 21, 263–305.
- Dejong, P. J., Merckelbach, H. & Arntz, A. (1991). Eyeblink Startle Responses in Spider Phobics before and after Treatment - a Pilot-Study. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 13(3), 213–223.
- Gerdes, A. B. M., Uhl, G. & Alpers, G. W. (2009). Spiders are special: fear and disgust evoked by pictures of arthropods. *Evolution and Human Behavior*, 30(1), 66–73.
- Grillon, C. & Baas, J. (2003). A review of the modulation of the startle reflex by affective states and its application in psychiatry. *Clinical Neurophysiology*, 114(9), 1557–1579.
- Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (1990). Emotion, Attention, and the Startle Reflex. *Psychological Review*, 97(3), 377–395.
- Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (2008). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. On *Technical Report A-8*. Gainesville, FL: University of Florida.

- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M. & Hamm, A. O. (1993). Looking at Pictures - Affective, Facial, Visceral, and Behavioral Reactions. *Psychophysiology*, 30(3), 261–273.
- Libkuman, T. M., Otam, H., Kern, R., Viger, S. G. & Novak, N. (2007). Multidimensional normative ratings for the international affective picture system. *Behavior Research Methods*, 39(2), 326–334.
- McManis, M. H., Bradley, M. M., Berg, W. K., Cuthbert, B. N. & Lang, P. J. (2001). Emotional reactions in children: Verbal, physiological, and behavioral responses to affective pictures. *Psychophysiology*, 38(2), 222–231.
- Miller, M. W., Patrick, C. J. & Levenston, G. K. (2002). Affective imagery and the startle response: Probing mechanisms of modulation during pleasant scenes, personal experiences, and discrete negative emotions. *Psychophysiology*, 39(4), 519–529.
- Mulkens, S. A. N., deJong, P. J. & Merckelbach, H. (1996). Disgust and spider phobia. *Journal of Abnormal Psychology*, 105(3), 464–468.
- Schienle, A., Stark, R., Walter, B., Blecker, C., Ott, U., Kirsch, P. et al. (2002). The insula is not specifically involved in disgust processing: an fMRI study. *Neuroreport*, 13(16), 2023–2026.
- Vrana, S. R. (1994). Startle Reflex Response during Sensory Modality-Specific Disgust, Anger, and Neutral Imagery. *Journal of Psychophysiology*, 8(3), 211–218.
- Walker, D. L., Cassella, J. V., Lee, Y. G., DeLima, T. C. M. & Davis, M. (1997). Opposing roles of the amygdala and dorsolateral periaqueductal gray in fear-potentiated startle. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 21(6), 743–753.
- Yartz, A. R. & Hawk, L. W. (2002). Addressing the specificity of affective startle modulation: fear versus disgust. *Biological Psychology*, 59(1), 55–68.

Teil 4: Experiment II

Gaze Influences on Startle Modification by Affective Faces.

Inhalt

a) Introduction.....	95
b) Method.....	96
c) Results.....	98
d) Discussion.....	99
References.....	105

Abstract.

Direct gaze facilitates the perception of angry faces, while the perception of fearful faces benefits from averted gaze. This has been shown by means of speed and accuracy of expression judgments as well as self-reported and neurophysiologically determined affective responses. The nature of this finding is under debate. One interpretation proposes threat to the perceiver to mediate these gaze influences. In the present study we assessed peripheral physiological effects of affective facial stimuli. While participants watched gaze-varied expressions of anger and fear, potentiation of the acoustic startle blink was examined; scrambled pictures were administered as a neutral baseline condition. Startle magnitudes revealed a significant interaction effect of facial expression and gaze direction, showing physiological changes to mirror previous results. As recent findings suggest that startle modification can reflect the human organism's defensive state, results likely indicate varying degrees of threat to underlie the interaction of gaze and expression.

a) Introduction

Gaze direction plays an important role in understanding the affective expressions of others (George & Conty, 2008). Gaze can reveal the attentional focus of an expression's sender. Unsurprisingly, the impact of facial expressions on perception and affective responses varies with accompanying gaze. Adams and Kleck (2003) reported faster recognition of direct (vs. averted) anger and happiness as well as of averted (vs. direct) fear and sadness. Gaze manipulation of facial stimuli was achieved by a lateral shift of the iris. Later on, Adams and Kleck (2005) extended this *interaction finding* to measures of decoding accuracy and perceived affective intensity. They interpreted gaze influences on facial affect as priming-like congruency effects of gaze and expression regarding approach and avoidance motivation.

Subsequent studies replicated these results only in part. Hess et al. (2007) varied head orientation and found effects on the recognition of angry and fearful, but not happy and sad expressions. Sander et al. (2007) presented dynamic expressions on synthetic frontal faces; they found influences of gaze shift on the recognition and perceived intensity of angry and fearful, but not happy faces. Hess et al. (2007) suggested a different interpretation of the interaction finding based on perceived degree of threat. As previously noted, direct gaze, i.e. eye contact, can be a threat to the perceiver (Argyle & Cook, 1976; Redican, 1982; cited after Adams & Kleck, 2003). Underpinning the *threat perspective*, Boll et al. (2011) recently showed that experiencing oneself as the target of facial expressions can significantly increase subjectively reported threat by direct anger. Hadjikhani et al. (2008) pointed out that, in contrast, threat by fearful faces should be more compelling when accompanied by averted gaze (vs. direct; signaling threat in shared surroundings). Some recent studies demonstrating an interaction of gaze and expression even focused on anger and fear (see Boll et al., 2011, for an fMRI investigation; Benton, 2010, assessing reaction times by means of diffusion modeling). Imaging studies particularly report activation of threat-related brain areas (e.g. the amygdala) by anger and fear displays to correspond to the interaction finding (Boll et al., 2011; N'Diaye, Sander & Vuilleumier, 2009; Hadjikhani et al., 2008, limited to fear expressions; Sato, Yoshikawa, Kochiyama & Matsumura, 2004, limited to anger expressions).

No studies are known to the authors which assessed this interaction of gaze and expression applying peripheral physiological measures. Several peripheral parameters are seen as rather general indicators of affective responses. The skin conductance response (SCR), e.g., often is held to reflect the affective dimension of arousal, while the startle response (SR) commonly is associated with low valence (e.g. Bradley & Lang, 2000).

However, based on the notion of the startle reflex being a protective mechanism, Traupe and Kaernbach (2011) recently suggested that only those “negative” (low-valence) stimuli potentiate startle blinks which reflect potential harm that actually can be avoided by fast motor responses. They controlled for the affective responses to be evoked by means of discrete-emotional ratings reported by Libkuman et al. (2007). Compared to high-valence control stimuli Traupe and Kaernbach found only frightening and disgusting (vs. anger-evoking and saddening) pictures to increase acoustic startle blinks. Fear and disgust clearly are responses to stimuli which pose a threat to one’s physical integrity, even if the type of threat is fundamentally different (injury vs. contamination). Notably, the selection of frightening stimuli used by Traupe and Kaernbach (2011) is experienced as more “positive” (according to Libkuman et al., 2007) than the other low-valence categories. Startle modification hence appeared to indicate perceived threat irrespective of affective valence. Concluding, assessing startle modification due to gaze-varied facial expressions could not only substantiate the abovementioned interaction finding by demonstrating it in a new domain (i.e. peripheral physiology). It could provide additional evidence for the validity of the threat perspective on gaze-expression interactions. This approach seems particularly promising, as displays of facial anger in humans were shown to elicit other protective responses, too, such as freezing (Roelofs, Hagenars & Stins, 2010).

Startle modification by affective faces is a rare finding. Anokhin and Golosheykin (2010) were able to demonstrate startle potentiation by direct-gaze facial expression of anger and fear (pooled). Other studies report potentiation by direct anger, but not direct fear (e.g. Springer, Rosas, McGetrick & Bowers, 2007). The latter finding is compatible with the threat perspective on gaze influences on facial affect (see above). The literature on this topic, however, is fragmentary so far (see Anokhin & Golosheykin, 2010, for an overview). Another example shows negative as well as positive facial stimuli to potentiate the startle reflex in highly anxious participants (Garner, Clarke, Graystone & Baldwin, 2011). In the present study, the State-Trait Anxiety Inventory (STAI; Spielberger, Gorsuch, Lushene, Vagg & Jacobs, 1983) was applied to allow for the assessment of anxiety-related startle responsivity.

b) Method

Participants. Thirty undergraduate students (18–43 years, $M=23$, $SD=5.2$; 21 female) participated in the study. Their vision was normal or corrected to normal. They were informed that they would view pictures of affective facial expressions and would repeatedly be exposed

to loud noise. They provided written consent. After the experimental procedure, participants completed the STAI form Y2 for self-reported trait anxiety.

Stimuli and design. Stimuli were taken from the Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF; Lundqvist, Flykt & Öhman, 1998). Twenty face models were selected from the database, each contributing angry, fearful and neutral expressions with direct and averted gaze; the list of models can be obtained from the corresponding author. Model gender and side of gaze aversion (left/right) were balanced. Pictures were cropped, contrast enhanced and blurred outside the face region. As neutral faces might be perceived as slightly negative, neutral expressions were scrambled to provide a nonaffective baseline condition (Fig. 1). Pictures were presented according to a 3 (expression: anger/fear/neutral) x 2 (gaze: direct/averted) factorial design. Both factors were varied pseudorandomly within-subjects.



Figure 1: Examples of presented stimuli. Facial expressions of fear and anger with direct and averted gaze; scrambled neutral expressions were used as a baseline condition.

Procedure. The experiment was conducted in sound attenuating booths. Startle probes were nearly instantaneous 50 ms noise bursts of 96 dB administered via calibrated head phones. Facial stimuli were presented on 20" LCD monitors in a viewing distance of roughly 90 cm; picture height was approximately 18.75 cm. Picture background was set to the mean luminance of the stimuli, and no additional light source was present. Participants were instructed to imagine a vis-à-vis encounter with the depicted persons, and were told to ignore the occasional noise. In case of the scrambled expressions they were told to imagine facing the pictures like in a museum. After 1 min of prehabitation to the startle probe (20 trials), each stimulus was presented for 7 s. With a stimulus onset asynchrony (SOA) of 3.5 to 6.5 s the startle probe occurred during 3/5 of the trials. Afterwards, participants indicated type of stimulus (female/male/scrambled) by means of a key press to preclude aversion of attention (data not analyzed). A variable inter-trial interval (ITI; 8–16 s) was applied including occasional noise bursts in order to reduce the predictability of the procedure. Presentation of the stimulus set was interspersed by four rest periods of at least 30 s, resulting in five matched blocks. Each block involved an independently randomized schedule, only controlled for

excessive repetition of certain stimulus conditions. Total experimental time was roughly 45 min.

EMG data acquisition. Physiological data was collected from Ag/AgCl-based electrodes placed on the orbicularis oculi muscle contralateral to the dominant hand. The electric raw signal was amplified, digitized (24 bit), bandpass filtered to a frequency range of 50–200 Hz, and RMS transformed with a time constant of 1/16 s; the final signal had a sampling rate of 32 Hz. Startle blinks were quantified as the differences of signal maximum to EMG baseline larger than 1 μV observed within 60–120 ms after startle probe onset. Baseline was determined as the mean signal within 30 ms before to 30 ms after startle probe onset. Startle blinks smaller than 1 μV were set to zero. Prior to baseline correction, blinks exceeding three times the inter-quartile distance ($M=1.85\%$ of trials) were replaced by participants' medians to confine artifacts. Furthermore, three participants were excluded (1 female, 2 male). One did not show a visible blink even to the first startle probe. A second responded with nine times the magnitude of the other participants and was disqualified for homogeneity purposes. A third data set was partially lost due to technical problems. Twenty-seven participants were included in the analyses. Z-scores of participants startle magnitudes were computed and differences to same-gaze neutral stimuli were determined for anger and fear displays. Analyses of variance, thus, were performed according to a 2x2 factorial design.

c) Results

A 2 (expression: fear/anger) x 2 (gaze: direct/averted) repeated-measures ANOVA on the total EMG data yielded no significant results ($p>0.26$ for both main effects and the interaction effect). When working with affective stimuli, however, habituation can be expected to occur over time. Habituation to affective faces is a common finding (Waters, Neumann, Henry, Craske & Ornitz, 2008; see also Breiter et al., 1996, with respect to a neurophysiological measure of affect). Thus, we tested for an interaction effect selectively being present in the beginning of the experiment. A 2 x 2 repeated-measures ANOVA on the EMG data of the first two blocks yielded a significant interaction of gaze and expression ($F(1,26)=4.768$, $p=0.038$, partial $\eta^2=0.155$; Fig. 2, left). The main effects of expression ($F(1,26)=1.222$, $p=0.279$) and gaze ($F(1,26)=0.038$, $p=0.847$) were not significant. Post-hoc paired t-tests revealed direct anger to have produced significantly higher startle potentiation than direct fear ($t(26)=2.063$, $p=0.0246$, one-sided; Cohen's $d=0.455$). Assessing effects of single conditions, marginal potentiation by direct anger was found ($t(26)=1.6255$, $p=0.058$,

one-sided; Cohen's $d=0.313$). No other comparison reached significance. As a consequence of habituation, no differential startle responses should be found in the end of the experiment. As expected, an ANOVA on the data of block four and five yielded no significant results ($p>0.5$ for both main effects and the interaction effect; Fig. 2, right). Effects of participants' gender and trait anxiety were examined as well. Differences of absolute startle magnitudes clearly are in the expected direction for both gender (e.g. see Traupe & Kaernbach, 2011; Anokhin & Golosheykin, 2010) and anxiety (see Grillon, 2008). Yet, neither measure yields significant results (gender: $M_{\text{male}}=5.69$, $M_{\text{female}}=10.90$, $t(25)=1.170$, $p=0.253$, Cohen's $d=0.534$; anxiety: $M_{\text{low}}=7.51$, $M_{\text{high}}=12.20$, $t(25)=1.176$, $p=0.251$, Cohen's $d=0.473$).

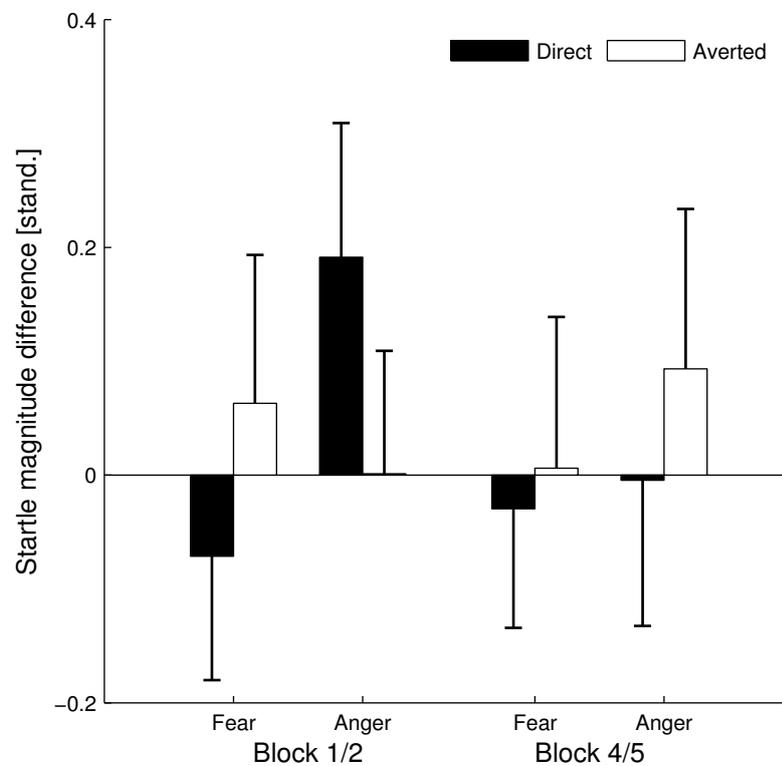


Figure 2. The interaction effect of affective expression (fear/anger) and accompanying gaze direction (direct/averted) on the acoustic startle reflex. Initial (first two blocks, left) potentiation of startle magnitudes (differences of z-scores to direct and averted neutral baselines; $M\pm SE$) by gaze-varied affective faces corresponds to previously described interaction findings (e.g. Adams & Kleck, 2003). Compatible with affective habituation, later blinks (last two blocks, right) do not show any differential responding. To restrict artifacts from different habituation slopes of affective responses, the third block (of five) has been excluded from the analyses.

d) Discussion

The processing of the affective expressions of anger and fear was repeatedly reported to interact with accompanying gaze direction in a way that direct gaze promotes the impact of

facial anger, while averted gaze promotes facially communicated fear. In the present study, modification of the startle reflex by corresponding facial displays was assessed. Repeated-measures analyses revealed a significant interaction effect of affective expression and gaze direction. Startle potentiation was stronger for direct as opposed to averted anger, while averted fear evoked stronger potentiation than direct fear. This result is in line with previous findings derived from recognition measures, affective self report and neurophysiology. In particular, it matches behavioral (signal detection) results from an fMRI investigation applying virtually the same, but backwardly masked, stimuli (Traupe, Wolff, Kaernbach & Wiesner, in preparation).

One interpretation could be that the reported interaction effect exclusively relies on startle potentiation by direct anger. In fact, post-hoc tests revealed direct anger alone to significantly increase the startle reflex. But this would not take into account that the observed direction change of startle magnitude differences within affective categories is in line with previous findings. More precisely, the reported results are virtually identical to the reaction-time findings by Adams and Kleck (2003; see Fig. 3 for an illustration of their results), even down to the particular order of means. Reaction times are well suited for a comparison with physiological parameters, as both do not rely on introspection. In addition to the interaction effect of gaze and expression, Adams and Kleck (2003) report a main effect of expression (anger < fear; reaction times: smaller values indicate stronger affective responses). In the present case there is at least a tendency for such a main effect (anger > fear; not significant) being superimposed on the interaction pattern. From the threat perspective, a stronger impact of angry (vs. fearful) faces is not surprising. Angry faces can be a direct threat, while fearful faces at best reflect indirect threat. Another view, thus, sees the same pattern of results to apply in the case of peripheral physiology as was found for other measures. It only seems that startle magnitudes, and perhaps reaction times, exhibit a particular sensitivity to the immediacy of facial threat.

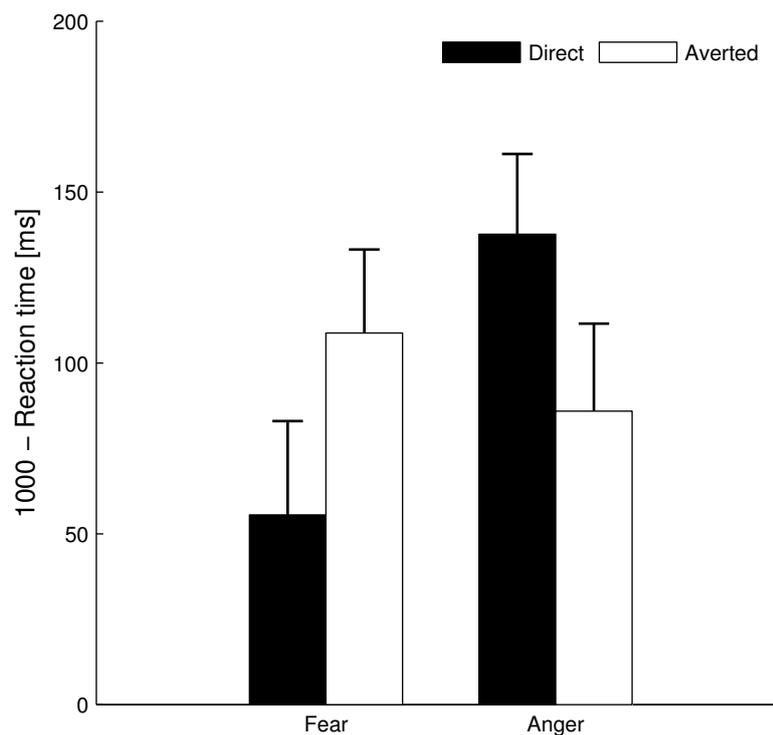


Figure 3. The interaction effect of affective expression and gaze direction on the speed of affective judgments (reported after Adams & Kleck, 2003). For ease of comparison, reaction times have been transformed into a measure of response speed (by subtracting them from 1000; $M \pm SE$). Response speed perfectly matches the reported pattern of startle potentiation. In addition to a significant interaction effect of gaze and expression on response speed, a main effect of expression can be found, as well ($p < 0.01$ both).

Anokhin and Golosheykin (2010) stated that previous findings of startle modification by affective faces were sparse and somewhat inconsistent. We propose that two separate reasons account for this situation.

First, influences of facial expressions on startle magnitudes seem to reflect rather small and transient affective responses. Even concentrating on early trials, the present study found an interaction effect of medium size at best (classified after Cohen, 1988). Thus, it can be expected that such effects are vulnerable to a variety of methodological issues regarding stimulus selection (e.g. pretesting), the experimental procedure (balancing of conditions, control of serial effects, and reduction of predictability), and the particular choice of standardization technique (e.g. determining the natural logarithm vs. z-scores of startle magnitudes). Achieving startle modification by affective faces appears to be far from trivial.

Transiency of affective responses, i.e. their habituation, further complicates their detection. The way of dealing with this issue appears to be of crucial importance. Habituation of affective responses to facial expressions is a typical finding (Waters et al., 2008; Breiter et al., 1996). And if affective habituation over the course of the experiment is ignored, effects

likely are underestimated. The present study focuses on differences to baseline conditions derived from early trials. A different approach was pursued by Anokhin and Golosheykin (2010), who quantified startle responses as deviations from a nonlinear (quadratic) startle-reactivity estimate. This latter method, however, has at least one drawback. Habituation of startle blinks and habituation of affective responses *modulating* startle blinks are not the same. Results rather suggest affective responses to be superimposed on general startle reactivity. But if affective potentiation is included into a global reactivity estimation, the resulting statistic is an average rather than a baseline. Thus, differences from this estimate can not be interpreted in absolute terms. Applying this method the present study would clearly have underestimated the strong impact of direct anger. In contrast, employing designated baseline conditions yields interpretable absolute differences even if startle magnitudes are standardized (transformed into z-scores). Of course, the intended-to-be neutral stimuli cannot be proven to have no effect. It seems reasonable, however, to assume that scrambled facial expressions do not elicit any systematic affective response, as they barely convey any figural information.

Second, we propose that the impression of prior inconsistencies arises from the attempt to see startle modification as dependent on the affective dimension of valence. Anokhin and Golosheykin (2010) give a short overview of previous studies on startle modification by facial expressions and discuss their results on the background of affective valence. Discussed findings of startle potentiation, though, were exclusively due to angry faces. This is compatible with a defensive state being the basis of startle modification. Moreover, discussed findings of startle alleviation (Balaban, 1995) were due to happy faces. As the latter rather signal friendly intentions (likely further promoted by direct gaze; Kleinke, 1986; van Hoof, 1972; cited after Adams & Kleck, 2003), they can be seen as a kind of safety signal. Thus, startle alleviation by happy faces is likewise compatible with the threat perspective. Finally, it is not surprising that sad faces (crying; Spangler, Emlinger, Meinhardt & Hamm, 2001) do not potentiate the startle reflex, as they do not pose any threat, either. Or, to put it the other way round, the negative finding regarding sadness clearly is in conflict with the notion that affective valence determines the magnitude of the startle response.

Anokhin and Golosheykin (2010) are perfectly right noting that the effect of facial stimuli on startle magnitudes can be assessed more comprehensively if fearful faces are considered. Unfortunately they did not report effects of fear and anger separately. The threat account would have predicted direct anger to produce higher magnitudes than direct fear. The present results, as well as the findings by Springer et al. (2007), support this view. Together,

results show that effects of different facial expressions on the startle response can be understood better if gaze direction is taken into account.

Participants reported having problems focusing on the visual stimulation over the course of the experiment (even experiencing sleepiness in some cases; informal questionings). This might reflect the small effects of the affective facial displays (s. above). A study by Hajcak et al. (2010) could also be seen to indicate the low impact of facial threat signals on the human defensive state. They administered graded displays of direct anger and found only full-blown expressions to significantly increase the startle response. The simple task of stimulus classification in the present study might have helped to maintain a certain degree of responsivity. Furthermore, the instruction to imagine a vis-à-vis encounter with the depicted person or object was meant to increase affective responses by improving stimulus validity. Some other ways to achieve more pronounced effects seem feasible. Preexamining affective responses to a larger set of facial expressions could help to refine stimulus selection. People differ highly in their ability to convey facial affect (Calvo & Lundqvist, 2008). Differential stimulus effects might also be amplified by fear acquired through aversive conditioning. A similar approach was pursued by Grillon and Charney (2011) who facilitated startle modification due to fearful expressions by means of threat-of-shock induced anxiety. As direct fearful and averted angry expressions apparently do not convey intense threat, it can be speculated that they will not benefit from aversive conditioning as much as direct anger and averted fear (cf. the concept of preparedness with respect to fear learning: Ohman & Mineka, 2001). As another consequence acquired fear to some extent could inhibit affective habituation by adding to the stimuli's relevance to the perceiver. Finally, as a conceptually simple measure, the reported data show that experiments aiming at affective responses could rely on rather short procedures with increased numbers of participants. In this way, a higher test power could be obtained which would allow to reliably detect even small effects.

Some concluding remarks shall be made. First, together with the reported results startle studies of affective faces increasingly underpin the notion that startle modification does not indicate affective valence, but that it reflects threat to the perceiver's physical integrity. Second, from the reported results it once more is evident that for the understanding of facial affect the sender's gaze direction must be taken into account. Third, and most central to the present study, for the first time it was shown by means of peripheral physiology that the processing advantage of direct anger and averted fear likely is based on the degree of conveyed threat. Of course, different mediating concepts regarding other facial expressions are conceivable. It remains to be seen, whether a unified account of interaction effects of gaze

and expression can be found. From a functional perspective, however, this seems unlikely. As Springer et al. (2007) put it quite aptly, the "differential effects of these two facial threat signals on the defensive motivational system add to growing literature highlighting the importance of distinguishing between emotional stimuli [...] along lines of meaning and functional impact" (p. 516).

Acknowledgments

The authors would like to thank Julia Becherer, Anna-Lena Pausch, and Jessica Wichman for their diligence and commitment during an undergraduate practical.

References

- Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2003). Perceived gaze direction and the processing of facial displays of emotion. *Psychological Science, 14*(6), 644–647.
- Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2005). Effects of direct and averted gaze on the perception of facially communicated emotion. *Emotion, 5*(1), 3–11.
- Anokhin, A. P. & Golosheykin, S. (2010). Startle modulation by affective faces. *Biological Psychology, 83*(1), 37–40.
- Argyle, M. & Cook, M. (1976). *Gaze and Mutual Gaze*. Cambridge: University Press.
- Balaban, M. T. (1995). Affective Influences on Startle in 5-Month-Old Infants - Reactions to Facial Expressions of Emotion. *Child Development, 66*(1), 28–36.
- Benton, C. P. (2010). Rapid reactions to direct and averted facial expressions of fear and anger. *Visual Cognition, 18*(9), 1298–1319.
- Boll, S., Gamer, M., Kalisch, R. & Buchel, C. (2011). Processing of facial expressions and their significance for the observer in subregions of the human amygdala. *Neuroimage, 56*(1), 299–306.
- Bradley, M. M. & Lang, P. J. (2000). Affective reactions to acoustic stimuli. *Psychophysiology, 37*(2), 204–215.
- Breiter, H. C., Etcoff, N. L., Whalen, P. J., Kennedy, W. A., Rauch, S. L., Buckner, R. L. et al. (1996). Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression. *Neuron, 17*(5), 875–887.
- Calvo, M. G. & Lundqvist, D. (2008). Facial expressions of emotion (KDEF): identification under different display-duration conditions. *Behavior Research Methods, 40*(1), 109–115.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Garner, M., Clarke, G., Graystone, H. & Baldwin, D. S. (2011). Defensive startle response to emotional social cues in social anxiety. *Psychiatry Research, 186*(1), 150–152.
- George, N. & Conty, L. (2008). Facing the gaze of others. *Neurophysiologie Clinique-Clinical Neurophysiology, 38*(3), 197–207.
- Grillon, C. (2008). Models and mechanisms of anxiety: evidence from startle studies. *Psychopharmacology, 199*(3), 421–437.
- Grillon, C. & Charney, D. R. (2011). In the face of fear: anxiety sensitizes defensive responses to fearful faces. *Psychophysiology, [Epub ahead of print]*.
- Hadjikhani, N., Hoge, R., Snyder, J. & de Gelder, B. (2008). Pointing with the eyes: the role of gaze in communicating danger. *Brain and Cognition, 68*(1), 1–8.

- Hajcak, G., Dunning, J. P., Auriemmo, A. & Castille, C. (2010). In the face of anger: startle modulation to graded facial expressions. *Psychophysiology*, 47(5), 874–878.
- Hess, U., Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2007). Looking at you or looking elsewhere: the influence of head orientation on the signal value of emotional facial expressions. *Motivation and Emotion*, 31(2), 137–144.
- Kleinke, C. L. (1986). Gaze and Eye Contact - a Research Review. *Psychological Bulletin*, 100(1), 78–100.
- Libkuman, T. M., Otam, H., Kern, R., Viger, S. G. & Novak, N. (2007). Multidimensional normative ratings for the international affective picture system. *Behavior Research Methods*, 39(2), 326–334.
- Lundqvist, D., Flykt, A. & Öhman, A. (1998). The Karolinska Directed Emotional Faces - KDEF, CD ROM. Solna, SE: Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet.
- N'Diaye, K., Sander, D. & Vuilleumier, P. (2009). Self-relevance processing in the human amygdala: gaze direction, facial expression, and emotion intensity. *Emotion*, 9(6), 798–806.
- Ohman, A. & Mineka, S. (2001). Fears, phobias, and preparedness: toward an evolved module of fear and fear learning. *Psychological Review*, 108(3), 483–522.
- Redican, W. K. (1982). An evolutionary perspective on human facial displays. In P. Ekman (Hrsg.), *Emotion in the Human Face* (S. 212–280). New York: Cambridge University Press.
- Roelofs, K., Hagenars, M. A. & Stins, J. (2010). Facing freeze: social threat induces bodily freeze in humans. *Psychological Science*, 21(11), 1575–1581.
- Sander, D., Grandjean, D., Kaiser, S., Wehrle, T. & Scherer, K. R. (2007). Interaction effects of perceived gaze direction and dynamic facial expression: evidence for appraisal theories of emotion. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19(3), 470–480.
- Sato, W., Yoshikawa, S., Kochiyama, T. & Matsumura, M. (2004). The amygdala processes the emotional significance of facial expressions: an fMRI investigation using the interaction between expression and face direction. *Neuroimage*, 22(2), 1006–1013.
- Spangler, G., Emlinger, S., Meinhardt, J. & Hamm, A. (2001). The specificity of infant emotional expression for emotion perception. *International Journal of Psychophysiology*, 41(2), 155–168.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, P. R., Vagg, P. R. & Jacobs, A. G. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y)*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Springer, U. S., Rosas, A., McGetrick, J. & Bowers, D. (2007). Differences in startle reactivity during the perception of angry and fearful faces. *Emotion*, 7(3), 516–525.
- Traupe, O. & Kaernbach, C. (2011). *Threat determines affective startle potentiation*. Paper presented at the International Workshop on Emotion Synthesis, rePresentation, and

Analysis in Continuous space (EmoSPACE 2011), held in conjunction with the 9th International IEEE Conference on Face and Gesture Recognition 2011 (FG 2011), Santa Barbara, CA.

Traupe, O., Wolff, S., Kaernbach, C. & Wiesner, C. (in preparation). An fMRI investigation of backwardly masked facial displays of threat.

van Hoof, J. A. R. A. M. (1972). A comparative approach to the phylogeny of laughter and smiling. In R. A. Hinde (Hrsg.), *Non-verbal communication* (S. 209–241). New York: Cambridge University Press.

Waters, A. M., Neumann, D. L., Henry, J., Craske, M. G. & Ornitz, E. M. (2008). Baseline and affective startle modulation by angry and neutral faces in 4-8-year-old anxious and non-anxious children. *Biological Psychology*, 78(1), 10–19.

Teil 5: Experiment III

An fMRI investigation of backward masked facial displays of threat.

Inhalt

a) Introduction.....	111
b) Method.....	113
c) Results.....	116
d) Discussion.....	121
References.....	129

Abstract.

Facially displayed emotion and gaze direction are perceptually interrelated: direct-gaze expressions of anger and averted-gaze expressions of fear are particularly salient to the observer. This effect has been shown in detection measures and affective self report, as well as in the BOLD response of the amygdala region. It must be debated, however, on the contribution of early affective responses and later, more flexible cognitive processing. In a novel approach, we used visual backward masking to separate these aspects by considering the opposed effects of affective habituation and perceptual learning. We presented masked angry and fearful faces with direct or averted gaze during fMRI scanning and asked participants to detect them among neutral control faces matched for gaze direction. Behavioral results display the described interaction effect of expression and gaze that fades quickly with ongoing stimulation. Neuroimaging results are twofold: while (direct-gaze) angry faces activated the amygdala only in the beginning of the experiment, activation by (direct-gaze) fearful faces was confined to subsequent phases. These findings indicate a certain degree of attention-independent affective processing. They further suggest the known amygdalar interaction effect to reflect both: involuntary threat detection and more controlled gaze orienting to fearful eyes.

a) Introduction

Facial expression and gaze direction are core features of social communication (Itier & Batty, 2009; see also Adolphs, 2001). Moreover, they are hard to separate, when participants are asked to judge one of them while the other is being varied (Ganel, Goshen-Gottstein & Goodale, 2005). Neuroimaging has shown the amygdala to play a crucial role for the perceptual effects of both of these cues (Adolphs, 2008).

Responses to angry and fearful expression are qualified by the gaze direction of the sender in a way that “direct anger” and “averted fear” exhibit a robust perceptual advantage. Behavioral measures showing such an interaction effect are reaction times (Adams & Kleck, 2003; Benton, 2010), decoding accuracy (Adams & Kleck, 2005; Hess, Adams & Kleck, 2007; Sander, Grandjean, Kaiser, Wehrle & Scherer, 2007; N'Diaye, Sander & Vuilleumier, 2009), and self-reported affect (Boll, Gamer, Kalisch & Buchel, 2011; Sato, Yoshikawa, Kochiyama & Matsumura, 2004, for anger only). Neuroimaging studies revealed the amygdala to be involved in the underlying processing: the BOLD response of the amygdala region largely corresponds to the behavioral effect (N'Diaye et al., 2009; Boll et al., 2011; Sato et al., 2004, limited to anger; Hadjikhani, Hoge, Snyder & de Gelder, 2008, limited to fear), which in turn is diminished by unilateral damage to this structure (Cristinzio, N'Diaye, Seeck, Vuilleumier & Sander, 2010).

The amygdala is often seen as responding to specific kinds of threat in a fast and reliable way (LeDoux, 2000; Ohman, 2005; Ohman, Carlsson, Lundqvist & Ingvar, 2007). According to this view, an angry person facing the observer, and a fearful person gazing at common surroundings, could yield threat signals which are processed in a “quick and dirty” way. On the other hand, the amygdala has been linked to determining the domain-general self-relevance of stimuli (Sander, Grafman & Zalla, 2003; relating to appraisal theory of emotion: Sander, Grandjean & Scherer, 2005), or simply their “biological significance” (Pessoa & Adolphs, 2010).

To integrate these two perspectives, we applied visual backward masking to the perception of angry and fearful faces (varying in gaze direction) to separate potential fast responses from processing that usually requires longer stimulus durations. Visual backward masking is supposed to selectively interfere with visual awareness (see Esteves & Ohman, 1993, for details on the method), leaving involuntary responses to the masked target stimuli largely intact (Lamme & Roelfsema, 2000). Accordingly, backward masking has been shown

to reduce the awareness of facial expressions despite them obviously being processed by the brain (Morris, Ohman & Dolan, 1998; Whalen et al., 1998).

Yet, involuntary affective responses to facial expressions should gradually decrease in a way that is common for repeated affective stimulation. Habituation of fear, particularly, is a known effect of repeated exposure in animals and humans (Lester, 1968; Klorman, 1974), and it is utilized by desensitization techniques in anti-phobic treatment (see Hofmann, 2008, for a review). Habituation to threatening stimuli has been argued to indicate normal (healthy) affective responding to stimuli that lack any harmful consequences, and it can occur in phobic patients due to successful treatment (Foa & Kozak, 1986). Habituation applies also to experimentally induced emotions, as can be seen from a series of experiments assessing the perceived intensity of masked highly affective (verbal) stimuli: implicit and explicit intensity measures revealed affective experience to decrease with repeated stimulation (Dijksterhuis & Smith, 2002). Similarly, initial differentiation of affective (visual) stimuli by various physiological measures was found to decrease over time (Bradley, Lang & Cuthbert, 1993), and this finding was replicated focussing particularly on fear (Weike & Hamm, 2005). Correspondingly, the amygdala displays habituation of responses to affective stimuli such as facial expressions (Breiter et al., 1996; Phillips et al., 2001; Wright et al., 2001; Thomas et al., 2001; Fischer et al., 2003; Ishai, Pessoa, Bickle & Ungerleider, 2004; see Zald, 2003, for a review of sensory processing that involves the amygdala).

On the other hand, visual masking is associated with low initial stimulus impact, that improves over time due to perceptual learning (Breitmeyer & Ogmen, 2006). Perceptual learning involves neural plasticity on various levels of perceptual systems and is mediated by attentional processes (Yotsumoto & Watanabe, 2008). In turn, the improved perception of stimuli yields the basis of more directed attentional processing: in human and non-human primates repeated backward-masked stimulation leads to an improved perceptual separation of target and mask, and thus to a more specific responding to the target (Maehara & Goryo, 2003, Op De Beeck, Wagemans & Vogels, 2007). In applying signal detection (Signal Detection Theory, SDT; Green & Swets, 1966) to backward-masked facial expressions of fear, substantial improvement of target detection across subsequent experimental sections can be observed (Szczepanowski & Pessoa, 2007).

Therefore, the repeated presentation of masked affective faces should dissociate early affective responses from later perceptual processing. In other words, we expect that habituation and learning result in a shift from fast, automatic affective responses found in the initial phase of the experiment to a rather elaborated, conscious perceptual analysis occurring

during subsequent stages. This should be reflected by signal detection parameters as well as by the BOLD response of the amygdala.

b) Method

Participants. Eighteen healthy volunteers participated in the study (13 female, 5 male) aged 19–30 years (22.5 ± 2.96 years, Mean \pm SD). All participants were right-handed, had normal or corrected-to-normal vision and reported no history of neurological or psychiatric illness. They were checked by questionnaires for claustrophobia and other MRI-related contraindications. All participants provided written informed consent. The study was approved by the ethics committee of the local faculty of medicine (proposal no. A 152/09).

To promote differences of detection rates for stimulus categories, participants should be excluded, who would not be able to detect affective faces at all, or who would show perfect detection rates. Thus, participants attended a pretest of near-threshold discrimination under simulated MR-conditions (including body posture, stimulus presentation, ambient light and noise). This pretest was performed at least four weeks prior to the main experiment. Due to pretesting, participants were familiar with the procedure and the tasks.

Stimuli and design. Stimuli were taken from the Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF; Lundqvist, Flykt & Öhman, 1998) based on the data reported by (Calvo & Lundqvist, 2008). The 40 most expressive face models (20 female, 20 male) were selected, each contributing one angry, fearful, and neutral target expression with direct and averted gaze (Fig. 1A). Happy expressions of identical models matched for gaze direction were used as masks. Pictures were contrast enhanced and blurred outside the face region to maximize the impact of the facial expressions.⁴

Stimulus presentation followed a 2 (expression: fear/anger) x 2 (gaze: direct/averted) x 2 (target type: affective/neutral) full-factorial design with all factors being varied within subject. The factor ‘expression’ was implemented in alternating blocks (sequence balanced across participants) to facilitate a stable response criterion for the detection of affective among neutral targets. All other stimulus variables (gender, gaze aversion to the left/right) were balanced within blocks. Notably, individual affective faces (the “signal” to be detected) were presented only once per participant. Therefore, possible habituation and learning effects could not be attributed to the recognition of individual faces, but had to pertain to the stimulus

⁴ A complete list of these stimuli can be obtained from the corresponding author.

conditions. In contrast, neutral faces (the distracting “noise”) were presented twice, i.e. within anger as well as fear blocks.

Procedure. Prior to image acquisition participants completed a short response training with a trial structure similar to the one outlined below. The subsequent experimental procedure (during scanning) consisted of 10 blocks containing either angry or fearful expressions, and it was divided by the acquisition of structural images into two runs of equal length. Each block comprised 36 trials including 4 trials without any stimulation or task (“null trials”).

In stimulus trials participants viewed the compound stimulus of target and mask and subsequently were asked to indicate the presence or absence of the signal, i.e. an affective target; neutral targets were used as noise. Neuroimaging studies often apply happy expressions as control stimuli to affective face perception (e.g. Whalen et al., 1998). However, happy faces typically are recognized best among affective expressions (Kirita & Endo, 1995; Leppanen & Hietanen, 2002). Thus, we suspected that the presence or absence of a happy target face (intended to act as less salient noise) could largely determine the detection performance in anger as well as fear blocks.

Stimulus trials contained an initial blank (500–2500 ms), a fixation cross (1000 ms; at nasion), the compound stimulus of target (50 ms) and mask (100 ms), a post-stimulus blank (350 ms), a target judgment (affective: “yes”, neutral: “no”; max. 2000 ms; plus 500 ms response feedback displaying the given response) and a confidence rating (four-point scale; max. 2000 ms; 500 ms response feedback; see Szczepanowski & Pessoa, 2007, for a similar paradigm). Masks were slightly dislocated (in 8 possible directions) to prevent detection cues from potential apparent movement.

The average trial duration was 8 s and blocks were separated by a recovery time of about 20 s. A complete session encompassed 360 trials and took about 50 min. Stimuli were back-projected onto a translucent screen and viewed via a mirror mounted on the fMRI head coil. The LCD projector (3M, “Piccolo X20”) was equipped with a “frame lock” capability assuring video frame updates to be synchronous to vertical blanks. In this way, defined stimulus durations could be achieved, which were monitored by means of the high-speed function of a compact digital camera (Casio “EX FS-10”).

Signal detection analysis. Responses of single participants were scored according to the rating model of the signal detection framework (Macmillan & Creelman, 2005): target judgments and confidence ratings were combined yielding an eight-point scale gradually indicating perceived signal presence by ranging from “yes—very sure” to “no—very sure”. Cumulating

the relative scale point frequencies for signal (affective) and noise (neutral) trials separately revealed the receiver operating characteristic (ROC) curve of a participant (see Pessoa, Japee & Ungerleider, 2005, for a detailed description). The area under the ROC curve (AUC) is a bias-insensitive measure of stimulus discrimination and its distribution is approximately normal (Macmillan & Creelman, 2005). AUCs can range from 0 to 1 with a value of 0.5 indicating chance performance.

Imaging data acquisition and analysis. MRI scanning was performed on a 3 T MR tomograph (Philips Achieva®) with a phased array head coil (8-channel, sense). T2-weighted gradient echo planar images of the whole brain were acquired with a contrast sensitive to the BOLD signal (TR 2.5 s, TA 2.367 ms, TE 35 ms, flip angle 90°). The volumes consisted of 38 axial slices with an in plane resolution of 3.375 * 3.375 mm, a slice thickness of 3 mm and a gap of 0.3 mm. A total of 1270 volumes subdivided into 2 runs were collected. The first three volumes of each run were discarded to allow for T1 equilibration. In addition a T1-weighted anatomical image (voxel size 1 * 1 * 1 mm) was acquired for each participant using a magnetization prepared, rapid-acquisition gradient echo sequence.

BOLD responses were analyzed on an event-related basis using the target onsets as events. Preprocessing and statistical analyses of the imaging data were performed with SPM8 (<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>). Standard preprocessing was applied consisting of slice-time and motion correction, spatial normalization to MNI standard space by means of segmentation-derived structural parameters, and smoothing with a 6 mm full-width at half-maximum isotropic Gaussian kernel suitable for rather small brain structures as the amygdala (Sato et al., 2004; Hadjikhani et al., 2008). Data analysis was performed following a general linear model (GLM) approach with individual level (1st level) and group level (2nd level) models. On the 1st level affective and neutral conditions including null trials were modeled for every run separately. On the 2nd level two alternative approaches were pursued: In a first approach we attempted to replicate the amygdalar interaction effect reported by others (N'Diaye et al., 2009; Boll et al., 2011). For this purpose we computed a repeated-measures ANOVA and maximized power by collapsing both runs. In a second approach we were looking for the neuronal correlates of the effects seen on the behavioral level and for the influence of habituation and learning. Therefore we computed another repeated-measures ANOVA, where both runs were entered separately.

Furthermore, regions of interest (ROIs) were determined for the bilateral amygdala. They were taken from the AAL atlas (Tzourio-Mazoyer et al., 2002) and were crosschecked

for overlap with cytoarchitectonic probability maps (Amunts et al., 2005) contained in the Anatomy toolbox for SPM (Eickhoff et al., 2005).

c) Results

Signal detection. A two-way (expression by gaze) repeated measures ANOVA was carried out on the AUCs derived from the whole experiment (data not shown). Analyses of AUCs revealed significant main effects of gaze (direct>averted; $F(1,17)=17.397$, $p=0.001$, partial $\eta^2=0.506$) and expression (fear>anger; $F(1,17)=14.795$, $p=0.001$, partial $\eta^2=0.465$). In addition, a significant interaction effect was found ($F(1,17)=7.314$, $p=0.015$, partial $\eta^2=0.301$). Post-hoc tests corrected for multiple comparisons revealed direct-gaze angry expressions (“direct anger”; AD) to be more easily detected than in the averted case (“averted anger”; AA; $t(17)=4.872$, $p<0.001$), whereas direct-gaze (“direct fear”; FD) and averted-gaze (“averted fear”; FA) fearful expressions did not differ significantly ($t(17)=1.477$, $p=.316$).

In a second step, we divided the experiment into five consecutive sections, each of which spanned across two adjacent blocks. To track changes of detection performance over the course of the experiment, we compared the AUCs of these five homologous sections. Concluded from previous findings, an interaction of expression and gaze direction should reflect affective processing that is prone to habituation. Thus, we expected such an effect to be stronger in the first sections. Subsequent sections should be largely determined by non-affective processing. The results are depicted in figure 1B.

Analyses of the AUCs of section I revealed a significant interaction effect ($F(1,17)=6.510$, $p=0.021$, partial $\eta^2=0.277$) matching the one reported for the whole experiment. Post-hoc tests confirmed that direct anger was more easily detected than averted anger ($t(17)=3.091$, $p<0.007$), while direct and averted fear, again, did not differ ($t(17)=-0.628$, $p=0.538$). In section II only a weak tendency towards this interaction effect could be observed ($F(1,17)=0.621$, $p=0.441$; Fig. 1B, left).⁵ As later sections (III–V) showed very similar patterns of means, these data were pooled: no interaction effect could be found in this phase ($F(1,17)=0.005$, $p=0.946$). The development (decline) of the interaction effect across sections is displayed in the left diagram of Fig. 1B.

We also tested directly, whether the interaction effect was more pronounced in section I as compared to sections III–V. Therefore we computed the respective AUC differences per

⁵ Preliminary analyses suggested different slopes of habituation perceptual within the affective stimulus categories. To promote clearness of the results AUCs from section II were not considered in detail.

stimulus category and participant; the means are depicted in the inset in Fig. 1B (left). A repeated-measures ANOVA on these data revealed a marginally significant interaction effect ($F(1,17)=3.5979$, $p=0.075$; post-hoc tests not significant). Despite this obvious change in stimulus processing, however, no change in overall performance could be found across sections I–V (AUCs averaged across conditions; $F(4,14)=0.167$, $p=0.952$; data not shown).

The analysis of the total experimental data revealed also main effects of expression and gaze direction. Thus, individual sections were tested for such effects. Main effects of gaze (direct>averted; $F(1,17)=15.310$, $p=0.001$, partial $\eta^2=0.474$) and expression (fear>anger; $F(1,17)=7.640$, $p=0.013$, partial $\eta^2=0.310$) were strongly present in sections III–V (Fig. 1B, right). However, these main effects could also be found in section I (gaze: $F(1,17)=7.502$, $p=0.015$, partial $\eta^2=0.306$; expression: $F(1,17)=6.703$, $p=0.019$, partial $\eta^2=0.283$). The right side of Fig. 1B shows the AUCs of section I as well as the pooled data from sections III–V.

Brain activation. Neuroimaging studies repeatedly found an interaction effect of expression and gaze direction on the BOLD response of the amygdala region. Hence, we started the analyses by testing for such effects within ROIs corresponding to the left and the right amygdala. Secondly, activation by single conditions was examined to assess the effects of the affective stimulation in detail. Finally—based on the above considerations regarding affective habituation and perceptual learning—different kinds of amygdalar responses were assessed by focusing on individual experimental runs.

(1) Interaction of expression and gaze direction. The interaction contrast was determined as ‘(AD–AA)>(FD–FA)’. When applying this contrast to the pooled data of the whole experiment, even a liberal analysis ($p=0.01$, uncorrected) revealed no significant voxels within the amygdalae. Also, no main effects of gaze or expression were found in these ROIs. Behavioral analyses revealed an interaction effect of expression and gaze direction only in the beginning of the experiment. Thus, focus was alternatively set on the experimental sections I–II (pooled) and even on section I in further step.⁶ Applying the same liberal criterion as above, no interaction effect was found within either of the amygdalae.⁷

(2) Simple effects. In a first attempt to understand the results from the interaction analyses, simple effects in the pooled data from the whole experiment were assessed. Affective target conditions were contrasted with the control conditions that were seen as most appropriate to reveal the particular affective processing of these targets: neutral expressions

⁶ This was done by selecting for these sections on the 1st level of additional BOLD analyses.

⁷ As weak but uniform activation of the amygdalae, hard to detect by means of voxelwise analysis, cannot be ruled out, negative results were confirmed by a ROI analysis as provided by the MarsBaR toolbox for SPM (Brett, Anton, Valabregue & Poline, 2002), i.e. averaging across included voxels ($p>0.2$ for all comparisons).

matched for gaze direction that were presented in the expression-specific blocks. These control conditions are called the “specific controls” and are denoted by a subscript “C”.

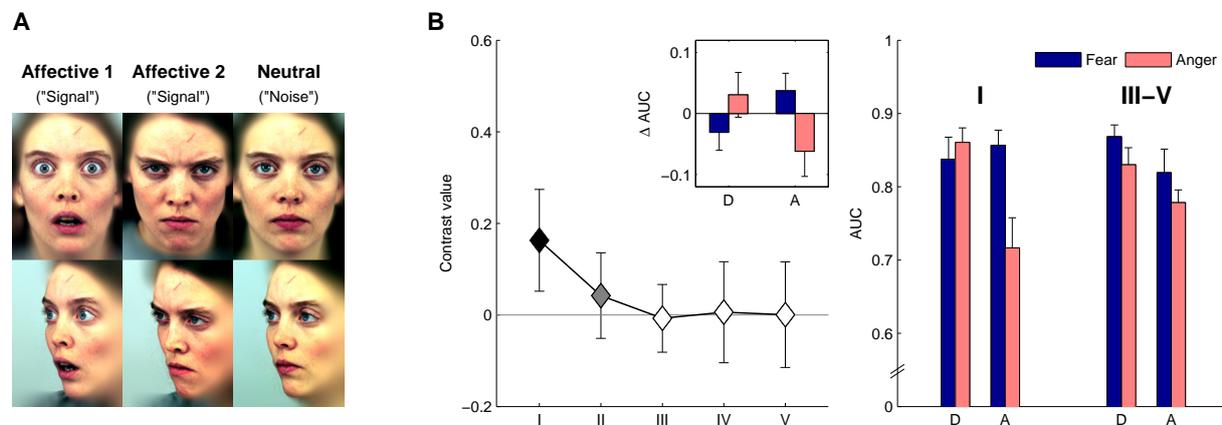


Fig. 1. Example of stimuli and behavioral results from signal detection (Green & Swets, 1966). **A.** Direct (eye contact; upper) and averted (lower) gazing facial stimuli: affective faces (“signal”; left two columns) had to be detected among equally frequent neutral faces (“noise”; right column); fear and anger occurred in alternative blocks. Stimuli were masked with happy expressions of identical models, that were matched for gaze direction. **B.** Detection of masked affective faces in the course of the experiment: expressions of fear (blue) and anger (red) with either direct (‘D’) or averted (‘A’) gaze (see text for details). *Left.* Putative affective processing across homologous experimental sections (I–V) as indicated by the interaction contrast value (along with 90%-confidence intervals). Section I shows a significant interaction effect and for section II a tendency can be observed. From section III on no interaction effect was present in the data. The inset depicts AUC differences between section I and section III–V (pooled); the interaction effect in this data is marginally significant. *Right.* AUCs (Mean±SEM) from different experimental sections: while section I exhibits an interaction effect superimposed on main effects of gaze and expression; sections III–V reveal only these main effects, that presumably reflect non-affective perceptual processes. As affective habituation and perceptual learning can take different time courses for different stimulus conditions, results of section II likely are difficult to interpret and are not assessed in detail.

Direct-gaze angry expressions ($AD > AD_C$) activated the left (peak: $x=-12$, $y=16$, $z=-4$, $t(136)=5.60$, $p=0.003$, FWE corrected) and the right ventral head of the caudate nucleus (peak: $x=8$, $y=16$, $z=-4$, $t(136)=5.60$, $p=0.003$, FWE corrected; Fig. 2A). Notably, the controls contribute to this relative activation in an outstanding way: controls specific to direct anger effected a selective drop of the BOLD response and increased the determined effect of direct anger (Fig. 2B). Applying FWE correction, no further significant voxels were found for this or any other condition. By means of small volume correction direct fear ($FD > FD_C$) was found to activate the bilateral amygdala (Table 1, top).

Amygdalar BOLD responses to direct anger might reflect early affective processing and could be rather weak due to the masking procedure. Hence, they were assessed by contrasting affective conditions with the average of the controls (regular “C”), which provided a most reliable baseline for the analysis of affective responses. That way direct anger ($AD > C$; Table 1, bottom) could be shown to have activated the right amygdala. Again, direct fear ($FD > C$) was found to activate the bilateral amygdala. Contrasting affective conditions

with the average of the controls obviously suits both fearful and angry expressions, so this means was kept for the final step of the BOLD analysis.

(3) Different types of amygdalar responses. As stated above, affective responses to facial stimuli are likely to habituate during repeated stimulation, whereas perceptual learning should foster the development of non-affective stimulus processing. Thus, activation sites found in the data of the whole experiment were checked for different response patterns in the two experimental runs.⁸

Direct anger activated the right amygdala in the first run ($AD > C$; peak: $x=20, y=-2, z=-18, t(289)=3.04, p=0.059$, small-volume corrected: FWE; marginally significant; Fig. 3, left), but not in the second run ($p > 0.19$). The particular site of activation corresponds to previously reported amygdalar responses to masked angry faces (e.g. Dannlowski et al., 2007: $x=22, y=-4, z=-18$). In contrast, direct fear activated the left amygdala in the second run ($FD > C$; peak: $x=-28, y=-6, z=-18, t(289)=3.21, p=0.036$, small-volume corrected: FWE; Fig. 3, left), but not in the first run ($p > 0.23$). This activation site corresponds to previously reported (contralateral) amygdalar activation by gaze orienting to fearful eyes (Gamer & Buchel, 2009; peak: $x=28, y=-4, z=-18$). Notably, averted anger activated the right amygdala in the second run ($AA > C$; peak: $x=32, y=0, z=-26, t(289)=3.13, p=0.047$, small-volume corrected: FWE).

To confirm differential responding of the amygdala across time, activation during the two runs was contrasted directly. Direct fear activated the left amygdala more in the second as compared to the first run ($FD_{Run_2} > FD_{Run_1}$; peak: $x=-28, y=-6, z=-18, t(289)=2.85, p=0.090$, small-volume corrected: FWE; marginally significant). However, the respective contrast for direct anger ($AD_{Run_1} > AD_{Run_2}$) did not reveal any supra-threshold voxels: direct anger did not activate the right amygdala significantly stronger in the first than in the second run.

⁸ In contrast to considering individual sections (I–V) of the experiment, the comparison of the two runs of equal length was chosen to maximize the statistical power of the BOLD analysis.

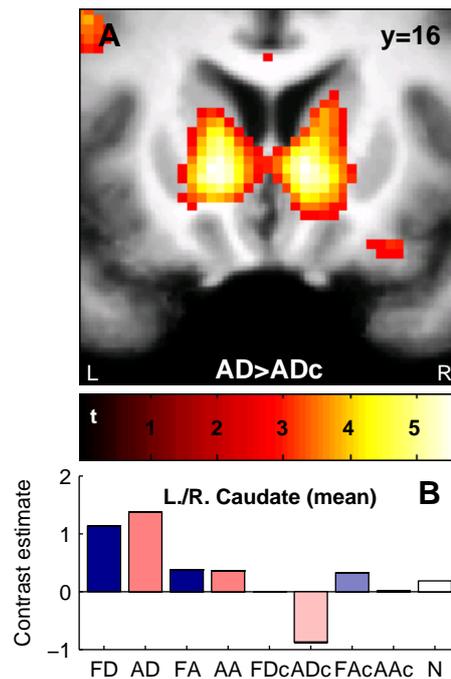


Fig 2. Activation of the ventral caudate nuclei by masked affective and neutral faces with direct and averted gaze; data derived from the whole experiment (see text for details). Notation: AD, direct anger; FD, direct fear; AA, averted anger; FA, averted fear; a subscript “C” denotes controls specific to individual affective conditions; N, null trials. **A.** Activation of the left (peak: $x=-12$, $y=16$, $z=-4$, $t(136)=5.60$, $p=0.003$, FWE corrected) and the right (peak: $x=8$, $y=16$, $z=-4$, $t(136)=5.60$, $p=0.003$, FWE corrected) caudate nucleus by direct angry faces contrasted with activation by direct neutral faces presented in identical blocks (threshold for displayed activation is $p=0.005$, uncorrected). **B.** Contrast estimates (left/right averaged) of caudate activation by stimulus categories (incl. null trials; see A for coordinates). Controls specific to direct anger produce a notable signal drop contributing to the large activation difference seen in A (see Table 1 for notation).

Table 1. Activation within ROIs derived from both experimental runs (pooled; $df=136$).

Contrast / Location	# Voxels	T-value	p_{FWE}	MNI coordinates		
				x	y	z
AD>AD_C	-					
FD>FD_C						
R. Amygdala	22	3.45	0.021	28	-8	-14
L. Amygdala	18	3.44	0.020	-28	-6	-18
AD>C						
R. Amygdala	41	3.33	0.029	24	-2	-20
FD>C						
R. Amygdala	33	3.67	0.011	28	-8	-14
L. Amygdala *	32	3.05	0.057	-30	-4	-16

(* marginally significant; small-volume correction was applied according to predefined ROIs pertaining to the bilateral amygdala; AD: direct anger; FD: direct fear; C: average of controls; a subscript “C” denotes neutral control stimuli pertaining to individual affective conditions; “-” indicates zero supra-threshold voxels within ROIs)

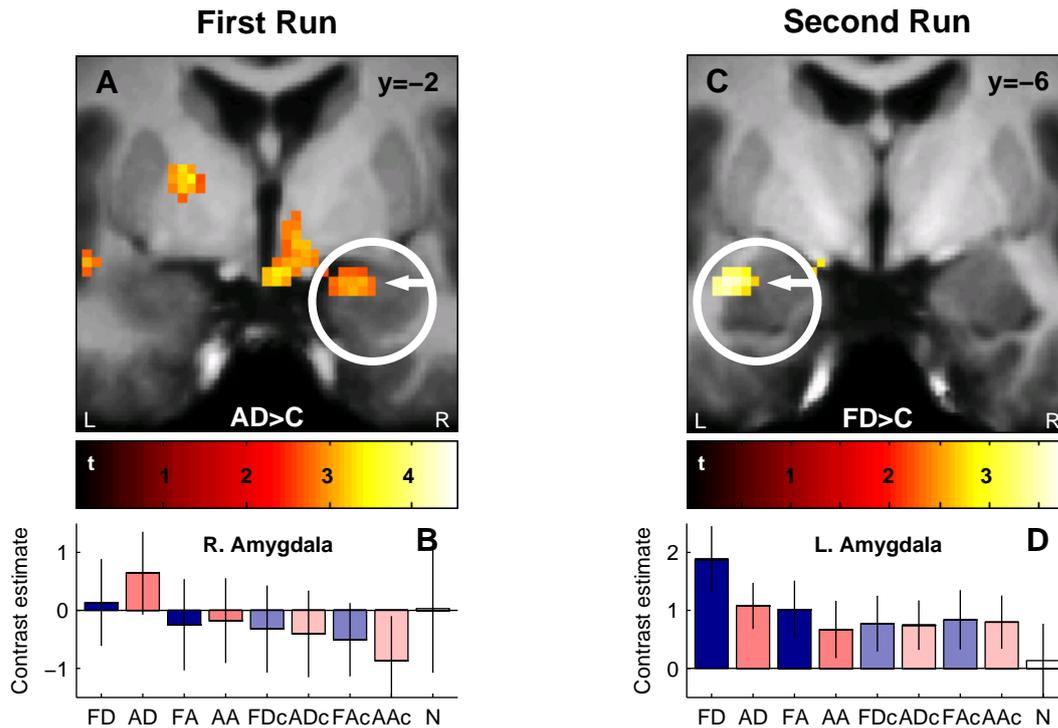


Figure 3. Differential activation of the amygdalae within the two experimental runs by masked affective and neutral faces with direct and averted gaze (images display significant voxels above a threshold of $p=0.005$). Notation: AD, direct anger; FD, direct fear; AA, averted anger; FA, averted fear; C, neutral controls (average); a subscript “C” denotes control stimuli specific to individual affective conditions; N, null trials. **A.** Direct angry faces (AD>C) activated the right amygdala in the first run (peak: $x=20, y=-2, z=-18, t(289)=3.04, p=0.059$, small-volume corrected: FWE; marginally significant). The activation site corresponds to previously reported amygdalar responses to masked angry faces (Dannlowski et al., 2007: $x=22, y=-4, z=-18$). **B.** Contrast estimates of right amygdalar activation displayed by stimulus category (incl. null trials; see A for coordinates). **C.** Direct fearful faces (FD>C) activated the left amygdala in the second run (peak: $x=-28, y=-6, z=-18, t(289)=3.21, p=0.036$, small-volume corrected: FWE), and this activation was marginally stronger in the second compared to the first run ($t(289)=2.85, p=0.090$, small-volume corrected: FWE). The activation site corresponds to previously reported (contralateral) amygdalar activation by gaze orienting to fearful eyes (Gamer & Buchel, 2009; peak: $x=28, y=-4, z=-18$). **D.** Contrast estimates of left amygdalar activation displayed by stimulus category (incl. null trials; see C for coordinates).

d) Discussion

Our study addressed potential different processes involved in the perception of the threat-related facial expressions of anger and fear. This was done in a novel way by taking into account affective habituation and perceptual learning. These phenomena must be expected to co-occur during repeated backward-masked affective stimulation.

Core findings. The neuroimaging results (fMRI) revealed that angry as well as fearful faces activated the amygdala in the course of stimulation. However, no interaction effect of expression and gaze direction on the amygdalar BOLD response could be found; this applies to the pooled data of the whole experiment as well as to the data of particular subsections.

Hence, this study could not replicate previous neurophysiological findings of the perceptual integration of affective facial expressions and concomitant gaze direction (N'Diaye et al., 2009; Boll et al., 2011).

In the first half of the experiment only direct-gaze angry faces activated the (right) amygdala. This finding is in line with these stimuli initially yielding highest detection scores (Fig. 2B, right). Moreover, the site of activation corresponds to previously reported amygdalar responses to masked angry faces (Dannlowski et al., 2007; see Boll et al., 2011, for contralateral activation by overt angry faces). Compatible with these findings is the report that damage to the right amygdala can impair the recognition of facially displayed anger (Cristinzio et al., 2010). However, amygdalar responses to potential threat signals are not specific to anger displays (Anderson, Christoff, Panitz, De Rosa & Gabrieli, 2003, investigated fearful and disgusted threatening faces), or to facial stimuli at all: the amygdala traditionally is seen to respond to a variety of threatening stimuli in a rather automatic way (Ohman et al., 2007) and to elicit a range of reactions directed at the protection of the organism (LeDoux, 2000).

In the second half of the experiment direct-gaze fearful faces activated the (left) amygdala, and this activation tended to be stronger compared to the first half. In this phase, direct-gaze angry expressions did not yield any activation in the amygdalar ROIs. This finding is in line with highest detection rates found for direct-gaze fearful faces in later sections of the experiment (Fig. 1B, right). Moreover, the sites of activation by these stimuli reported throughout the experiment match previously found responses to fearful faces (Gamer & Buchel, 2009) and could reflect the attempt to locate a threat in shared surroundings (Hadjikhani et al., 2008): fearful (and surprised) expressions increase an observer's gaze shift towards the eyes (Bayless, Glover, Taylor & Itier, 2011) and such gaze orienting can be predicted by activation of the amygdala (Gamer & Buchel, 2009). The amygdala is widely recognized to respond to gaze-relevant cues in facial expressions, to direct the observer's attention to the eye regions of faces, and to determine the relevance of social signals such as differently gazing faces (Kawashima et al., 1999; Driver et al., 1999; Sander et al., 2007; see Adolphs, 2008 for a review).

As angry and fearful faces activated the amygdala in two distinct phases of the experiment, the study must be seen as successful in revealing different processing of these threat-related stimuli. Considerations on affective habituation and perceptual learning further promote this view: as activation by angry faces was initially present and decreased over time, it must be seen to reflect fast affective processing, that is prone to habituation (Zald, 2003).

Therefore, this processing likely is a response to the immediate threat by direct-gaze angry faces. In contrast, activation by fearful faces was initially absent and increased over time. Thus it must be seen to reflect attention-based processing, that depends on the ability of the observer to perceptually separate target from mask (Maehara & Goryo, 2003). Therefore, the latter processing likely is aimed at locating a potential threat that is signaled by facially displayed fear.

Our behavioral results appear to contradict neuroimaging findings in part. The detection of affective among neutral target faces (AUCs) revealed an interaction effect of expression and gaze direction. Angry expressions were detected more reliable, if they were presented with direct gaze than with averted gaze, while the analysis of the fear conditions did not reveal any gaze effects. This finding roughly matches previous reports of an interaction effect of expression and gaze direction on the decoding of affective faces (Adams & Kleck, 2005; Hess et al., 2007; Sander et al., 2007; N'Diaye et al., 2009). Furthermore, this interaction effect was initially present and decreased quickly leaving only main effects of expression and gaze direction in subsequent sections of the experiment (Fig. 1B). The interaction effect tended to be stronger in section I as compared to sections III–V, and the particular pattern of AUC differences suggests angry as well as fearful faces to contribute to this finding (see the inset in Fig. 1B, left).

Following the above considerations, the decreasing behavioral interaction effect must be seen to reflect the (habituating) affective impact of the masked facial expressions on participants' detection performance. Such an impact does not necessarily require conscious processing of the stimuli itself, but can depend on the observer's integration of the elicited bodily responses into the decision process (Bechara & Damasio, 2005). Furthermore, it seems likely that even at early stages of the experiment affective processing of backward masked facial expressions only added information to existing (and developing; Szczepanowski & Pessoa, 2007) non-affective stimulus discrimination. Affective processing should initially modulate effects that arise from figural stimulus properties. It appears that this is exactly what we found: while main effects of expression and gaze direction can be found throughout the experiment, a significant interaction effect of these factors is restricted to the first section (Fig. 1B). These main effects of expression and gaze direction likely are attributable to particular figural stimulus properties (see below). However, though the effect sizes of these main effects slightly increase over time, no change of overall performance was found. This result indicates increasing non-affective face processing to compensate for decreasing affective information in the course of signal detection.

Three possible conclusions arise from the results of this study. First, we propose that fast brain responses to averted fearful faces do not involve the amygdala. Averted fearful expressions apparently were detected more reliably in the first as compared to later sections. However, these stimuli did not activate the amygdala at any point of time. Thus, if there were brain responses specific to averted fearful faces in the beginning of the experiment, they likely did not include amygdalar processing. Of course, such activation might have been weak enough to go undetected by small-volume corrected BOLD analyses. However, facial features such as expression and gaze direction might also have been processed by other brain regions as the superior temporal sulcus (STS; Engell & Haxby, 2007). Activation in this region, though, did not exceed the threshold applied to the statistical analysis of the whole brain.

Second, we agree that gaze orienting to fearful eyes is not a genuine affective response, but a response *to* affectively motivated behavior. The strong behavioral evidence of affective habituation having occurred in this study, together with the body of literature regarding habituation of initial amygdalar responses to various affective stimuli (Zald, 2003), support this notion. In contrast to initial responses to angry faces, amygdalar activation by fearful faces, having only occurred later in the experiment, likely resulted from perceptual learning, that allowed for a more effective stimulus processing. Thus, our data add evidence to the view “that the amygdala does not seem to be activated by fearful faces or eyes, per se, but plays an important role in initiating reflexive attentional shifts toward salient facial features (such as fearfully widened eyes)” (Gamer & Buchel, 2009; p. 9126). Similarly, others have stated that while a certain degree of preattentive perception of fearful faces might be mediated by the amygdala, such processing is not inevitably faster than cortical responses (Adolphs, 2008). This view might explain why brain responses to fearful faces exhibited a training effect during the procedure but not a habituation pattern otherwise typical for repeated affective stimulation.

Third, we assume the expressions of anger and fear to activate different subregions of the broader amygdala region. If located ipsilateral, the reported activation sites would lie about 9 mm apart. By employing a high-resolution neuroimaging technique, it could turn out that angry faces activate the corticomедial nuclear group, while fearful faces rather produce activation in the lateral nucleus (see Boll et al., 2011, for the application of such a technique and for a graphical illustration of amygdalar subregions).

In sum, the behavioral and the neurophysiological interaction effect of expression and gaze direction do not necessarily arise from the same functional (and anatomical) underpinnings. While the contribution of fearful faces to the behavioral effect might actually

reflect early responses to salient facial features (though not to perceived threat), their contribution to the neurophysiological effect should better be seen as reflecting attention-base stimulus processing. The neurophysiological interaction effect therefore appears to be of a compound nature: we propose it only to be found if the dynamics of the experimental procedure allows for the early and the delayed effects of direct-gaze angry and averted-gaze fearful faces, respectively, on the amygdalar BOLD response to coincide. In particular, the previously reported interaction effect on the amygdalar BOLD response during supra-threshold perception might not have a uniform anatomical basis, but might indicate differently located BOLD responses spreading into overlapping tissue.

Main effects of gaze and expression. An important question is why direct-gaze fearful faces activated the amygdala in the second half of the experiment, while averted fearful faces did not. This would be expected from the prior literature reporting an interaction effect of expression and gaze direction on decoding measures as well as brain activation (s. above). The answer might lie in the particular way of gaze manipulation confounding gaze direction with the head orientation of the depicted models. For overtly presented faces, this could be seen as a benefit to the validity of the stimuli, as steady straight head orientation with averted gaze might rarely be found in realistic situations. Employing short target durations (<200 ms), however, the averted gaze of frontally presented faces should be the more valid stimulus, as gaze aversion is known to precede head turning during gaze shifts (Corneil, 2011). More serious, head aversion substantially reduces the visible facial (and eye) area and thereby the information available to the perceiver (cf. Fig 1A). In fact, the detection of averted-gaze targets was found to be impaired if head orientation was averted (Conty, Tijus, Hugueville, Coelho & George, 2006). This might explain the robust behavioral main effect of gaze direction (direct>averted) found throughout the experiment as well as the lack of amygdalar responding to averted fearful expressions in the second run. It can be speculated that in applying gaze manipulation independent of head orientation backward masking would lead to an actual dissociation (over time) of the neurophysiological interaction effect of expression and gaze direction.

Furthermore, the main effect of expression (fear>anger) on detection scores might as well be ascribed to figural stimulus properties. The most prominent feature of fearful faces are the widened eyes (Ekman & Friesen, 1978), which present a large amount of the white sclera and should be the main focus of non-affective perceptual strategies. Angry faces, in contrast, lack such an easily detectable feature (cf. Fig. 1A). In conjunction with backward masking, the position of the fixation cross might even have increased this effect: it was placed over the

nasion of the faces (i.e. between the eyes), further promoting the detection advantage of fearfully widened eyes. Shifting the fixation cross to the mouth region might help to alleviate this main effect by providing better chances for the detection of angry faces. Furthermore, such a modification can lead to enhanced amygdala activation by fearful faces (Gamer & Buchel, 2009). A plausible reason for this effect is the increased effort in performing the gaze shift to the eye region.

Taken together, we propose the two main effects of gaze and expression on detection performance to stem from constraints on the non-affective processing of stimulus features. Reducing them by improving on the stimulation technique should allow for assessing the effects of the affective stimulation in a more secured manner.

Role of the caudate nuclei. Surprisingly, the strongest activation was found for the bilateral caudate nucleus: direct-gaze angry expressions, contrasted with their specific control condition, activated the left and the right ventral head of the caudate nucleus ($p=0.003$, FWE; Fig. 2A). The caudate head is part of the ventral striatum and has been associated with various functions such as executive processes (Lewis, Dove, Robbins, Barker & Owen, 2004) and the detection of task (and perhaps stimulus) changes during learning (Monchi, Ko & Strafella, 2006; Monchi, Petrides, Mejjia-Constain & Strafella, 2007). In addition, lesions to the ventral striatum impair the recognition of anger expression (Calder, Keane, Lawrence & Manes, 2004) and the bilateral caudate nucleus is activated by masked negative expressions (sad faces; Suslow et al., 2010). Particularly, activation sites corresponding to the present findings were reported for the performing of Go/NoGo tasks (Go>NoGo; Laurens, Kiehl & Liddle, 2005; peak: $x=12$, $y=21$, $z=-4$; coordinates translated to MNI space), uncertainty evaluation during probabilistic classification (Aron et al., 2004), and the determination of reward probability in instrumental learning (Yacubian et al., 2007; see van der Meer & Redish, 2011, for a review).

Contrast estimates further revealed that the neutral controls specific to direct-gaze angry faces produced a signal drop comparable in size to the signal increase due to the respective affective condition. As only this control condition yields such a drop, differential caudate activation by physically identical control conditions specific to direct-gaze angry and fearful faces might indicate their respective signal value. While the absence of an anger expression implies the absence of (immediate) threat, this does not hold true for a fearful face. As the latter signals threat in an indirect way (threat by a third person or object), their absence can not be regarded as a safety signal. In addition, as only direct-gaze angry expressions should have activated the amygdala due to an immediate threat, we speculate that the caudate nuclei received input from

the amygdala (Etkin, Prater, Schatzberg, Menon & Greicius, 2009) and—in order to promote a vital stimulus discrimination—overemphasized the salience of a threatening (vs. neutral) target stimulus.

Further methodological issues. Weak affective responses to the masked faces could have impeded the conclusiveness of the findings. Direct-gaze angry faces could not be shown to activate the amygdala stronger in the beginning of the experiment compared to later stages. We assume at least two aspects to have contributed to this. The pretests performed several weeks in advance have preexposed participants to the entire picture set. This was done to familiarize participants with near-threshold detection and to allow for the exclusion of extreme performers (near zero detection as well as likely supra-threshold perception). In addition, the response training immediately preceding the procedure incorporated affective faces as well (from the Averaged KDEF; Lundqvist & Litton, 1998). These measures assured, that all participants were able to perform the task under MR-conditions and that no learning due to task familiarization occurred. Indeed, participants showed a virtually constant overall performance right from the beginning of the experiment. However, initial affective responses might have been lowered and habituation might have increased, thus effecting lower brain activation and associated (differential) detection scores. This might be avoided in future studies by training procedures employing different faces or even non-facial objects.

Conclusions and future direction. The findings of this study suggest that regarding the role of the amygdala we do not have to decide *either* for the fast and automatic detection of threat *or* for the more elaborate determination of the biological, and perhaps social, significance of visual stimuli. At least in the domain of face perception there could occur both. This would explain, why angry expressions activated the amygdala under very difficult conditions (i.e. in the beginning of a backward-masking procedure), while fearful faces required some amount of training to do so. Likewise, the behavioral results vote for a certain degree of attention-independent affective processing as well as for a robust non-affective basis for target detection.

Of course, both facial expressions can be related to threat in an abstract way. But while an angry expression can actually reflect an immediate threat, threat by a fearful expression should arise in a more empathic manner: in the first instance it signals the experienced threat of the sender. Evidence has been provided, that the relation to threat might not equally apply to experience in both cases (Boll et al., 2011; but findings are not unequivocal: Hess et al., 2007). To decide this issue, it might be helpful to assess perceived

threat in a more objective way, i.e. by means of a physiological measure (e.g. the startle response; Traupe & Kaernbach, 2011). Such a technique could even be used to see, whether the interaction effect of expression and gaze direction fully arises from differential threat by affective faces. In any case, a more objective measure of threat should help to clarify, whether stimuli, that actually pose a threat, are processed in a prioritized way.

Acknowledgements

The Authors would like to thank Anne Pacho and Marc Allgeier for their help with the data acquisition.

References

- Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2003). Perceived gaze direction and the processing of facial displays of emotion. *Psychological Science, 14*(6), 644–647.
- Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2005). Effects of direct and averted gaze on the perception of facially communicated emotion. *Emotion, 5*(1), 3–11.
- Adolphs, R. (2001). The neurobiology of social cognition. *Current Opinion in Neurobiology, 11*(2), 231–239.
- Adolphs, R. (2008). Fear, faces, and the human amygdala. *Current Opinion in Neurobiology, 18*(2), 166–172.
- Amunts, K., Kedo, O., Kindler, M., Pieperhoff, P., Mohlberg, H., Shah, N. J. et al. (2005). Cytoarchitectonic mapping of the human amygdala, hippocampal region and entorhinal cortex: intersubject variability and probability maps. *Anatomy and Embryology, 210*(5–6), 343–352.
- Anderson, A. K., Christoff, K., Panitz, D., De Rosa, E. & Gabrieli, J. D. E. (2003). Neural correlates of the automatic processing of threat facial signals. *Journal of Neuroscience, 23*(13), 5627–5633.
- Aron, A. R., Shohamy, D., Clark, J., Myers, C., Gluck, M. A. & Poldrack, R. A. (2004). Human midbrain sensitivity to cognitive feedback and uncertainty during classification learning. *Journal of Neurophysiology, 92*(2), 1144–1152.
- Bayless, S. J., Glover, M., Taylor, M. J. & Itier, R. J. (2011). Is it in the eyes? Dissociating the role of emotion and perceptual features of emotionally expressive faces in modulating orienting to eye gaze. *Visual Cognition, 19*(4), 483–510.
- Bechara, A. & Damasio, A. R. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and Economic Behavior, 52*(2), 336–372.
- Benton, C. P. (2010). Rapid reactions to direct and averted facial expressions of fear and anger. *Visual Cognition, 18*(9), 1298–1319.
- Boll, S., Gamer, M., Kalisch, R. & Buchel, C. (2011). Processing of facial expressions and their significance for the observer in subregions of the human amygdala. *Neuroimage, 56*(1), 299–306.
- Bradley, M. M., Lang, P. J. & Cuthbert, B. N. (1993). Emotion, Novelty, and the Startle Reflex - Habituation in Humans. *Behavioral Neuroscience, 107*(6), 970–980.
- Breiter, H. C., Etcoff, N. L., Whalen, P. J., Kennedy, W. A., Rauch, S. L., Buckner, R. L. et al. (1996). Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression. *Neuron, 17*(5), 875–887.
- Breitmeyer, B. & Ogmen, H. (2006). *Visual Masking: Time Slices Through Conscious and Unconscious Vision*. Oxford: University Press.

- Brett, M., Anton, J., Valabregue, R. & Poline, J. (2002). Region of interest analysis using an SPM toolbox., *8th International Conference on Functional Mapping of the Human Brain*. Sendai, Japan.
- Calder, A. J., Keane, J., Lawrence, A. D. & Manes, F. (2004). Impaired recognition of anger following damage to the ventral striatum. *Brain*, *127*, 1958–1969.
- Calvo, M. G. & Lundqvist, D. (2008). Facial expressions of emotion (KDEF): identification under different display-duration conditions. *Behavior Research Methods*, *40*(1), 109–115.
- Conty, L., Tijus, C., Hugueville, L., Coelho, E. & George, N. (2006). Searching for asymmetries in the detection of gaze contact versus averted gaze under different head views: a behavioural study. *Spatial Vision*, *19*(6), 529–545.
- Corneil, B. (2011). Eye-head gaze shifts. In S. Liversedge, I. Gilchrist & S. Everling (Hrsg.), *Oxford Handbook of Eye Movements* (S. 303–321). Oxford: University Press.
- Cristinzio, C., N'Diaye, K., Seeck, M., Vuilleumier, P. & Sander, D. (2010). Integration of gaze direction and facial expression in patients with unilateral amygdala damage. *Brain*, *133*, 248–261.
- Dannlowski, U., Ohrmann, P., Bauer, J., Kugel, H., Arolt, V., Heindel, W. et al. (2007). Amygdala reactivity predicts automatic negative evaluations for facial emotions. *Psychiatry Research-Neuroimaging*, *154*(1), 13–20.
- Dijksterhuis, A. & Smith, P. (2002). Affective habituation: Subliminal exposure to extreme stimuli decreases their extremity. *Emotion*, *2*(3), 203–214.
- Driver, J., Davis, G., Ricciardelli, P., Kidd, P., Maxwell, E. & Baron-Cohen, S. (1999). Gaze perception triggers reflexive visuospatial orienting. *Visual Cognition*, *6*(5), 509–540.
- Eickhoff, S. B., Stephan, K. E., Mohlberg, H., Grefkes, C., Fink, G. R., Amunts, K. et al. (2005). A new SPM toolbox for combining probabilistic cytoarchitectonic maps and functional imaging data. *Neuroimage*, *25*(4), 1325–1335.
- Ekman, P. & Friesen, W. (1978). *Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Engell, A. D. & Haxby, J. V. (2007). Facial expression and gaze-direction in human superior temporal sulcus. *Neuropsychologia*, *45*(14), 3234–3241.
- Esteves, F. & Ohman, A. (1993). Masking the Face - Recognition of Emotional Facial Expressions as a Function of the Parameters of Backward-Masking. *Scandinavian Journal of Psychology*, *34*(1), 1–18.
- Etkin, A., Prater, K. E., Schatzberg, A. F., Menon, V. & Greicius, M. D. (2009). Disrupted Amygdalar Subregion Functional Connectivity and Evidence of a Compensatory Network in Generalized Anxiety Disorder. *Archives of General Psychiatry*, *66*(12), 1361–1372.

- Fischer, H., Wright, C. I., Whalen, P. J., McNerney, S. C., Shin, L. M. & Rauch, S. L. (2003). Brain habituation during repeated exposure to fearful and neutral faces: A functional MRI study. *Brain Research Bulletin*, 59(5), 387–392.
- Foa, E. B. & Kozak, M. J. (1986). Emotional Processing of Fear - Exposure to Corrective Information. *Psychological Bulletin*, 99(1), 20–35.
- Gamer, M. & Buchel, C. (2009). Amygdala Activation Predicts Gaze toward Fearful Eyes. *Journal of Neuroscience*, 29(28), 9123–9126.
- Ganel, T., Goshen-Gottstein, Y. & Goodale, M. A. (2005). Interactions between the processing of gaze direction and facial expression. *Vision Research*, 45(9), 1191–1200.
- Green, D. M. & Swets, J. A. (1966). *Signal Detection Theory and Psychophysics*. New York: Wiley.
- Hadjikhani, N., Hoge, R., Snyder, J. & de Gelder, B. (2008). Pointing with the eyes: the role of gaze in communicating danger. *Brain and Cognition*, 68(1), 1–8.
- Hess, U., Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2007). Looking at you or looking elsewhere: the influence of head orientation on the signal value of emotional facial expressions. *Motivation and Emotion*, 31(2), 137–144.
- Hofmann, S. G. (2008). Cognitive processes during fear acquisition and extinction in animals and humans: Implications for exposure therapy of anxiety disorders. *Clinical Psychology Review*, 28(2), 199–210.
- Ishai, A., Pessoa, L., Bickle, P. C. & Ungerleider, L. G. (2004). Repetition suppression of faces is modulated by emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(26), 9827–9832.
- Itier, R. J. & Batty, M. (2009). Neural bases of eye and gaze processing: The core of social cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33(6), 843–863.
- Kawashima, R., Sugiura, M., Kato, T., Nakamura, A., Hatano, K., Ito, K. et al. (1999). The human amygdala plays an important role in gaze monitoring - A PET study. *Brain*, 122, 779–783.
- Kirita, T. & Endo, M. (1995). Happy Face Advantage in Recognizing Facial Expressions. *Acta Psychologica*, 89(2), 149–163.
- Klorman, R. (1974). Habituation of Fear - Effects of Intensity and Stimulus Order. *Psychophysiology*, 11(1), 15–26.
- Lamme, V. A. F. & Roelfsema, P. R. (2000). The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends in Neurosciences*, 23(11), 571–579.
- Laurens, K. R., Kiehl, K. A. & Liddle, P. F. (2005). A supramodal limbic-paralimbic-neocortical network supports goal-directed stimulus processing. *Human Brain Mapping*, 24(1), 35–49.

- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155–184.
- Leppanen, J. M. & Hietanen, J. K. (2002). The recognition-speed advantage for happy faces. Does it originate from the stimulus or the perceiver? *Perception*, 31, 24–24.
- Lester, D. (1968). Effects of Habituation to Fear on Exploratory Behaviour of Rats. *Nature*, 220(5170), 932–&.
- Lewis, S. J. G., Dove, A., Robbins, T. W., Barker, R. A. & Owen, A. M. (2004). Striatal contributions to working memory: a functional magnetic resonance imaging study in humans. *European Journal of Neuroscience*, 19(3), 755–760.
- Lundqvist, D., Flykt, A. & Öhman, A. (1998). The Karolinska Directed Emotional Faces - KDEF, CD ROM. Solna, SE: Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet.
- Lundqvist, D. & Litton, J. E. (1998). The Averaged Karolinska Directed Emotional Faces - AKDEF, CD ROM. Solna, SE: Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet.
- Macmillan, N. A. & Creelman, C. D. (2005). *Detection Theory: A User's Guide* (2nd). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Maehara, G. & Goryo, K. (2003). Perceptual learning in visual backward pattern masking. *Perceptual and Motor Skills*, 97(3), 1137–1149.
- Monchi, O., Ko, J. H. & Strafella, A. P. (2006). Striatal dopamine release during performance of executive functions: A [C-11] raclopride PET study. *Neuroimage*, 33(3), 907–912.
- Monchi, O., Petrides, M., Mejia-Constain, B. & Strafella, A. P. (2007). Cortical activity in Parkinson's disease during executive processing depends on striatal involvement. *Brain*, 130, 233–244.
- Morris, J. S., Ohman, A. & Dolan, R. J. (1998). Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. *Nature*, 393(6684), 467–470.
- N'Diaye, K., Sander, D. & Vuilleumier, P. (2009). Self-relevance processing in the human amygdala: gaze direction, facial expression, and emotion intensity. *Emotion*, 9(6), 798–806.
- Ohman, A. (2005). The role of the amygdala in human fear: Automatic detection of threat. *Psychoneuroendocrinology*, 30(10), 953–958.
- Ohman, A., Carlsson, K., Lundqvist, D. & Ingvar, M. (2007). On the unconscious subcortical origin of human fear. *Physiology & Behavior*, 92(1–2), 180–185.
- Op De Beeck, H. P., Wagemans, J. & Vogels, R. (2007). Effects of perceptual learning in visual backward masking on the responses of macaque inferior temporal neurons. *Neuroscience*, 145(2), 775–789.

- Pessoa, L. & Adolphs, R. (2010). Emotion processing and the amygdala: from a 'low road' to 'many roads' of evaluating biological significance. *Nature Reviews Neuroscience*, *11*(11), 773–782.
- Pessoa, L., Japee, S. & Ungerleider, L. G. (2005). Visual awareness and the detection of fearful faces. *Emotion*, *5*(2), 243–247.
- Phillips, M., Medford, N., Young, A., Williams, L., Williams, S. C. R., Bullmore, E. T. et al. (2001). Time courses of left and right amygdalar responses to fearful facial expressions. *Neuroimage*, *13*(6), S458–S458.
- Sander, D., Grafman, J. & Zalla, T. (2003). The human amygdala: an evolved system for relevance detection. *Reviews in the Neurosciences*, *14*(4), 303–316.
- Sander, D., Grandjean, D., Kaiser, S., Wehrle, T. & Scherer, K. R. (2007). Interaction effects of perceived gaze direction and dynamic facial expression: evidence for appraisal theories of emotion. *European Journal of Cognitive Psychology*, *19*(3), 470–480.
- Sander, D., Grandjean, D. & Scherer, K. R. (2005). A systems approach to appraisal mechanisms in emotion. *Neural Networks*, *18*(4), 317–352.
- Sato, W., Yoshikawa, S., Kochiyama, T. & Matsumura, M. (2004). The amygdala processes the emotional significance of facial expressions: an fMRI investigation using the interaction between expression and face direction. *Neuroimage*, *22*(2), 1006–1013.
- Suslow, T., Kugel, H., Reber, H., Bauer, J., Dannlowski, U., Kersting, A. et al. (2010). Automatic Brain Response to Facial Emotion as a Function of Implicitly and Explicitly Measured Extraversion. *Neuroscience*, *167*(1), 111–123.
- Szczepanowski, R. & Pessoa, L. (2007). Fear perception: Can objective and subjective awareness measures be dissociated? *Journal of Vision*, *7*(4).
- Thomas, K. M., Drevets, W. C., Whalen, P. J., Eccard, C. H., Dahl, R. E., Ryan, N. D. et al. (2001). Amygdala response to facial expressions in children and adults. *Biological Psychiatry*, *49*(4), 309–316.
- Traupe, O. & Kaernbach, C. (2011). *Threat determines affective startle potentiation*. Paper presented at the International Workshop on Emotion Synthesis, rePresentation, and Analysis in Continuous space (EmoSPACE 2011), held in conjunction with the 9th International IEEE Conference on Face and Gesture Recognition 2011 (FG 2011), Santa Barbara, CA.
- Tzourio-Mazoyer, N., Landeau, B., Papathanassiou, D., Crivello, F., Etard, O., Delcroix, N. et al. (2002). Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain. *Neuroimage*, *15*(1), 273–289.
- van der Meer, M. A. A. & Redish, A. D. (2011). Ventral striatum: a critical look at models of learning and evaluation. *Current Opinion in Neurobiology*, *21*(3), 387–392.
- Weike, A. I. & Hamm, A. O. (2005). Fear reduction by means of repeated stimulus exposure in animal phobia. *Zeitschrift Fur Klinische Psychologie Und Psychotherapie*, *34*(2), 111–120.

- Whalen, P. J., Rauch, S. L., Etkoff, N. L., McInerney, S. C., Lee, M. B. & Jenike, M. A. (1998). Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. *Journal of Neuroscience*, *18*(1), 411–418.
- Wright, C. I., Fischer, H., Whalen, P. J., McInerney, S., Shin, L. M. & Rauch, S. L. (2001). Differential prefrontal cortex and amygdala habituation to repeatedly presented emotional stimuli. *Neuroreport*, *12*(2), 379–383.
- Yacubian, J., Sommer, T., Schroeder, K., Glascher, J., Braus, D. F. & Buchel, C. (2007). Subregions of the ventral striatum show preferential coding of reward magnitude and probability. *Neuroimage*, *38*(3), 557–563.
- Yotsumoto, Y. & Watanabe, T. (2008). Defining a link between perceptual learning and attention. *Plos Biology*, *6*(8), 1623–1626.
- Zald, D. H. (2003). The human amygdala and the emotional evaluation of sensory stimuli. *Brain Research Reviews*, *41*(1), 88–123.

Teil 6: Diskussion

Diskussion der zentralen Projektergebnisse einschließlich konzeptueller und methodologischer Probleme; Interpretation im Kontext aktueller und künftiger psychologischer und neurowissenschaftlicher Forschung.

Inhalt

a) Experiment I: Threat Determines Affective Startle Modification	138
b) Experiment II: Gaze Influences on Startle Modification by Affective Faces.....	145
c) Experiment III: An fMRI investigation of backward masked facial displays of threat .	156
d) Übergreifende Diskussion der Projektergebnisse	175
e) Fazit und Zukunftsperspektiven	183
Literatur	186

Die Untersuchung sollte klären, wie die affektiven Gesichtsausdrücke von Ärger und Angst wahrgenommen beziehungsweise verarbeitet werden, und welche Rolle in diesem Zusammenhang die begleitende Blickrichtung spielt. Ein wiederholt erbrachter Befund ist, dass Ärgerausdrücke mit Blickkontakt zum Betrachter (direkter Blick) besser wahrgenommen werden und stärkere affektive Reaktionen hervorrufen, als es bei abgewandtem Blick der Fall ist. Für Angsausdrücke hingegen gilt gerade das Gegenteil (siehe Teil 2). Beide Gesichtsausdrücke können abstrakt mit Bedrohung in Verbindung gebracht werden: Ein Ärgerausdruck kann eine Bedrohung für eine Person im Umfeld des Senders darstellen, während ein Angsausdruck in erster Linie eine Reaktion des Senders auf eine mögliche Bedrohung ist.

Dies macht zunächst keine Aussage über die affektiven Reaktionen die ein bestimmter Betrachter beim Anblick des Senders zeigt. Nimmt man aber die Blickrichtung des Senders als eine weitere Informationsquelle hinzu, lassen sich konkretere Vorhersagen ableiten: Blickt der Sender eines Ärgerausdrucks einen Betrachter direkt an (Augenkontakt), sollte eine mögliche vom Sender ausgehende Bedrohung am ehesten dieser Person gelten. Blickt der Sender eines Angsausdrucks hingegen auf einen Aspekt der gemeinsamen Umwelt, sollte dies der deutlichste Hinweis darauf sein, dass sich in dieser Umwelt eine Bedrohung befindet, die für Sender und Betrachter gleichermaßen relevant ist. Diese beiden Situationen sollten vom Betrachter bevorzugt verarbeitet werden, wohingegen die anderen beiden Fälle, Ärger mit abgewandtem Blick und Angst mit direktem Blick, aufgrund ihres geringeren Bedrohungspotentials eine untergeordnete Bedeutung haben sollten.

Das Konzept der Bedrohung könnte den genannten Befund also erklären (Hess, Adams & Kleck, 2007; N'Diaye, Sander & Vuilleumier, 2009). Es gibt jedoch weitere Erklärungsansätze, die entweder auf die typische Motivationslage (Annäherung oder Vermeidung) eines Senders von Ausdrücken und Blickrichtungen (Adams & Kleck, 2003; 2005), oder auf die allgemeine Relevanz (Sander, Grafman & Zalla, 2003; 2005; 2007) und somit auf die „biologische Signifikanz“ dieser Reize für den Betrachter abzielen (Pessoa & Adolphs, 2010). Daher sollte der Bedrohungsansatz im vorliegenden Projekt aus verschiedenen Richtungen untersucht werden.

Wenn diese Bedrohungshypothese zutrifft, sollten Ärgerausdrücke mit direktem Blick und Angsausdrücke mit abgewandtem Blick tatsächlich eine stärkere Bedrohtheit, das heißt größere Angst, in einem Betrachter auslösen. Darüber hinaus sollte diese affektive Reaktion möglichst schnell und verlässlich entstehen. Affektiv vermittelte Verarbeitungsvorteile sollten also auch dann auftreten, wenn eine vollständige Bewusstheit der Reize durch experimentelle

Techniken verhindert wird. Genauer würde erwartet, dass Ärger mit direktem Blick und Angst mit abgewandtem Blick auch bei eingeschränkter Bewusstheit vergleichsweise besser erkannt werden als die beiden anderen Fälle. Darüber hinaus sollte die Aktivierung von Hirngebieten, die mit der Bedrohungserkennung in Verbindung gebracht werden, ein ähnliches Interaktionsmuster zeigen.

Das erste Experiment sollte entsprechend klären, ob es ein physiologisches Maß gibt, das die Bedrohlichkeit von affektiven Reizen in objektiver Weise bestimmen kann. Bei Erfolg sollte das zweite Experiment dieses Maß auf die Ausdrücke von Ärger und Angst mit direktem und abgewandtem Blick anwenden. Das dritte Experiment sollte schließlich bei reduziertem visuellem Bewusstsein die Wahrnehmungsgenauigkeit für diese Reize und die durch sie hervorgerufene Hirnaktivierung untersuchen. Sollte sich zeigen, dass Ärger mit direktem Blick und Angst mit abgewandtem Blick vergleichsweise bedrohlicher sind, und dass diese Reize ihre (verhaltensbezogenen und neurophysiologischen) Verarbeitungsvorteile in der Nähe der Bewusstseinschwelle beibehalten, läge der Schluss nahe, dass der eingangs genannte Interaktionseffekt von affektivem Ausdruck und begleitender Blickrichtung tatsächlich auf der Bedrohlichkeit der verwendeten Reize beruht.

Die Befunde der durchgeführten Experimente werden nun zunächst einzeln diskutiert. Hierbei wird dargestellt, welche Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen gezogen werden konnten, und in wie weit die einzelnen Fragestellungen dadurch beantwortet wurden. Insbesondere wird darauf eingegangen, welche Probleme sich ergaben und wie diese möglicherweise im Rahmen künftiger Experimente gelöst werden können. Da aber eine ausführliche Diskussion bereits in der abgeschlossenen Darstellung der jeweiligen Einzelexperimente stattgefunden hat, werden an dieser Stelle vorrangig solche Aspekte berücksichtigt, die für das Gesamtprojekt von Bedeutung sind. Anschließend werden die einzelnen Befunde zu einander in Beziehung gesetzt. Dabei wird diskutiert, welche Folgen die Projektergebnisse für die aktuelle Modellbildung haben, und welche Studien durchgeführt werden müssen, um neu entstandene Fragen zu beantworten.

a) Experiment I: Threat Determines Affective Startle Modification

Rekapitulation des Untersuchungsansatzes. Das erste Experiment sollte ein objektives Maß für die Bedrohlichkeit (visueller) Reize finden. Der Selbstbericht mentaler Zustände ist verschiedenen Verfälschungstendenzen durch Versuchspersonen unterworfen (z.B. Amelang & Schmidt-Atzert, 2006), und bot sich deshalb für eine verlässliche

Bedrohlichkeitsbestimmung nicht an. Vielmehr sollte ein Aktivitätsmaß eines peripherphysiologischen Systems verwendet werden. Derartige Systeme werden in der Regel durch Teile des Nervensystems gesteuert, die für die meisten Menschen kaum willentlich beeinflussbar sind. Die meisten physiologischen Maße autonomer Aktivität sind im Hinblick auf Emotionen jedoch sehr unspezifisch, da sie vorwiegend auf Veränderungen körperlicher Belastung reagieren (z.B. pulmonale oder kardio-vaskuläre Ableitungen).

Ein guter Kandidat für ein spezifisches „System“ ist die Vorbereitung des Körpers auf eine Schreckreaktion (engl.: startle response). Diese Reaktion kann sehr genau anhand der Lidschlussstätigkeit des Auges gemessen werden und wird weitgehend als ein Maß für die empfundene Angenehmheit (Valenz: „Positivität“ bzw. „Negativität“) derjenigen Reizen angesehen, die kurz vorher wahrgenommen wurden (Lang, Bradley & Cuthbert, 1990). Andererseits wird die Schreckreaktion, und insbesondere der Lidschlussreflex, als ein Schutzmechanismus anerkannt, der unter anderem das Auge vor möglichen Schäden bewahren soll. Daher war die Vermutung naheliegend, dass nur solche „negativen“ (niedrig-valenten) Reize die Schreckreaktion verstärken, die vergleichsweise bedrohlich sind. Anders ausgedrückt wurde Startle-Potenzierung nur durch Angst erwartet, da nur diese eine Reaktion auf eine ernstzunehmende Bedrohung ist. Reize hingegen, die beispielsweise Trauer hervorrufen, sollten trotz ihrer niedrigen Valenz keinen Einfluss auf zeitnah ausgelöste Schreckreaktionen haben.

Diese Hypothese wurde überprüft, indem Versuchspersonen Bilder gezeigt wurden, die hochgradig selektiv nicht-ängstigende niedrig-valente Emotionen (Ekel, Ärger oder Trauer; n=18), Angst (weniger niedrig-valent; n=18) und Freude (hoch-valent; n=18) hervorrufen (Libkuman, Otam, Kern, Viger & Novak, 2007). Diese Bilder wurden für 6 Sekunden auf einem Bildschirm angezeigt, und zu einem unvorhersehbaren Zeitpunkt erfolgte ein kurzes, aber sehr lautes Geräusch (50 ms, 96 dB). Die Höhe der so ausgelösten Schreckreaktion wurde über das Elektromyogramm des Lidschlussmuskels gemessen. Die Versuchspersonen hatten lediglich die Aufgabe sich möglichst lebhaft vorzustellen, sie wären in der gezeigten Situation anwesend.

Zentrale Ergebnisse. Die Ergebnisse bestätigten die Bedrohungshypothese der Schreckreaktion: Bilder, die Angst auslösen, bewirkten höhere Schreckreaktionen als niedrig-valente und hoch-valente Bilder, während die letzten beiden Bedingungen sich nicht signifikant unterschieden. Hierbei ist besonders interessant, dass die ängstigenden Bilder eine signifikant höhere Valenz aufwiesen als die niedrig-valenten Bilder. Zusätzlich zu den oben angesprochenen Werten für kategoriale Emotionsurteile finden sich in der Literatur Angaben

über die von den Reizen hervorgerufenen Valenz-Empfindungen (Libkuman et al., 2007). Die Schreckreaktion muss also klar als bedrohungssensitiv gesehen werden, und sie besitzt dazu ein deutliches Maß an Spezifität. Niedrige Valenz scheint jedenfalls für eine Startle-Potenzierung kein hinreichendes Kriterium zu sein. Dieser Befund spiegelt sehr genau die Sicht der Schreckreaktion als einen Schutzmechanismus wider: Nur solche Reize sollten diesen Reflex verstärken, die bisweilen durch eine schnelle motorische Reaktion vermieden werden müssen. Hierzu passt, dass im Tiermodell eine Verbindung der Amygdala zum neuronalen Startle-Pfad nachgewiesen wurde (Rosen, Hitchcock, Sananes, Miserendino & Davis, 1991), und dass die Amygdala dort insbesondere eine wesentliche Rolle für die Startle-Modulation durch angstkonditionierte Reize spielt (Davis, Hitchcock & Rosen, 1987; Walker, Cassella, Lee, DeLima & Davis, 1997). Die Amygdala könnte Teil eines Netzwerks zur automatischen Bedrohungsbestimmung sein (Ohman, Carlsson, Lundqvist & Ingvar, 2007). Ebenso wie im Tiermodell wird die menschliche Amygdala mit der Verarbeitung von (unkonditionierten und konditionierten) angstbesetzten Reizen assoziiert (LeDoux, 2000; Ohman, 2005). Überdies fand eine Einzelfallstudie, dass die selektive Läsion der rechten Amygdala zum Fehlen affektiver Startle-Modifikation führt (Angrilli et al., 1996). Auch die neurophysiologische Perspektive spricht also für die Bedrohungssensitivität der Schreckreaktion.

Ekel als Bedrohung. Differenziert man die Unteremotionen der niedrig-valenten Bedingung, zeigt sich zunächst ein leicht anderes Bild: Ekel steigerte die Schreckreaktion ähnlich stark wie Angst (während für Ärger und Trauer kein Unterschied zu Freude vorlag). Dieser Befund war überraschend, da ein Bedrohungsempfinden klassischerweise nur mit Reizen in Verbindung gebracht wird, die eine Bedrohung des Körpers „von außen“ darstellen. Hierzu zählen drohende Verletzungen der äußeren Körperhülle (durch Bisse, Stiche, Schnitt- und Stichverletzungen etc.), aber auch drohende innere Verletzungen (Blutungen, Organrisse, Knochenbrüche etc.) durch äußere Gewalteinwirkung. Derartige Bedrohungen führen zu einer Reaktionslage, die Kampf- oder Fluchtreaktionen vorbereitet (engl.: fight-or-flight; Cannon, 1915), und die sowohl mit Ärger als auch mit Angst verbunden sein kann. Angst sollte dabei von solchen Bedrohungen ausgelöst werden, die die individuelle Bewältigungsmöglichkeit übersteigen, und sollte zu einer Startle-Potenzierung führen.

Ekel auslösende Reize stellen jedoch ebenfalls eine Bedrohung der körperlichen Integrität dar, da sie unter anderem Vergiftungen oder Infektionen zur Folge haben können. Nur bezieht sich diese Bedrohung meist auf Vorgänge, die innerhalb des Körpers stattfinden. Dementsprechend sind durch Ekel hervorgerufene Reaktionen häufig darauf ausgerichtet, das

Eindringen von Objekten oder Stoffen in den Körper zu verhindern. Allerdings kann es auch in diesem Fall lebensnotwendig sein kann, Kontakt mit Umweltaspekten (ihre Berührung oder ihren Verzehr) durch eine schnelle motorische Reaktion zu vermeiden. Insofern ist eine Startle-Potenzierung durch Ekel auslösende Reize nicht unplausibel. Angst auslösend.

Darüber hinaus existieren Vorbefunde, die nahelegen, dass Ekel die Schreckreaktion steigert. Nur beziehen sich diese Befunde häufig auf mit Blut verbundenem Ekel (engl.: blood-disgust: Yartz & Hawk, 2002; Bernat, Patrick, Steffen & Sass, 2002; Stanley & Knight, 2004), der beispielsweise durch Bilder von verstümmelten Körpern hervorgerufen wird. Dabei wird neben Ekel meist auch Angst ausgelöst (Libkuman et al., 2007), weshalb solche Befunde keine differenzierte Betrachtung dieser beiden Emotionen zulassen. Nach der Terror-Management-Theorie erinnern derartige Bilder an die Sterblichkeit von Menschen, und stellen so eine empfundene Bedrohung des Betrachters durch den eigenen Tod dar (engl.: mortality salience, threat of death; Greenberg, Pyszczynski & Solomon, 1986). Zusätzlich könnte gerade die Verbindung von Ekel mit Angst die Schreckreaktion über das Ausmaß hinaus steigern, das den Emotionen getrennt zuzuschreiben ist. Dies könnte erklären, weshalb in den oben genannten Studien der mit Blut verbundene Ekel den weitaus größten Effekt auf die Schreckreaktion hat.

Das Experiment I hingegen ist der erste dem Autor bekannte Versuch, die selektive Startle-Modifikation durch Angst und Ekel in kontrollierter Weise zu untersuchen, das heißt unter Einbeziehung von Emotionsurteilen für die Reizauswahl. Natürlich müssen die Ergebnisse für die affektiven Unterbedingungen aufgrund ihrer geringeren Reizanzahl ($n=6$) als weniger verlässlich angesehen werden. Ein weiteres Ergebnis spricht jedoch für eine ähnliche Rolle von Angst und Ekel für die Höhe der Schreckreaktion. In dem Versuch, einen zusätzlichen Einfluss der Valenz der Reize zu finden, wurden Korrelationen der aus der Literatur stammenden affektiven Reizeigenschaften mit der Schreckreaktion untersucht. Diese Korrelationsanalyse beschränkte sich auf die Angstbedingung, die hinsichtlich der primär ausgelösten Emotion eher homogen ist, aber eine hinreichende Varianz in den weiteren untersuchten Merkmalen besitzen. Hierbei zeigte sich eine signifikante Korrelation niedriger Valenz mit der Schreckreaktion, die zunächst auf einen möglichen sekundären Effekt hinwies. Jedoch fand sich eine stärkere Korrelation der Schreckreaktion mit empfundenem Ekel, und eine Kontrolle (ein rechnerisches Konstanthalten) dieses Ekels mit Hilfe der Partialkorrelation ließ die Korrelation der Valenz mit der Schreckreaktion verschwinden.

Zusammenfassung. Dieser letzte Befund unterstreicht einerseits, dass sowohl Angst als auch Ekel einen Einfluss auf die Schreckreaktion haben. Darüber hinaus bestätigt er eindrucksvoll

die Eingangsmotivation des Experiments: Der Einfluss von niedriger Valenz auf die Höhe der Schreckreaktion kann dann gefunden werden, wenn diese Valenz von bedrohlichen Reizen stammt. Die vermittelnde Rolle kommt hierbei jedoch nicht der Valenz zu, sondern den durch die Bedrohung ausgelösten grundlegenden Emotionen. Hierzu passt, dass zwar ein üblicher Geschlechtereffekt auf die Schreckreaktion gefunden wurde (Frauen > Männer; z.B. Anokhin & Golosheykin, 2010), dass sich dieser aber nur zeigen ließ, wenn Differenzen zwischen der Angst- und der Freudebedingung betrachtet wurden, und nicht mit Hinblick auf nicht-angstbezogene niedrige Valenz. Vermutlich könnte ein solcher Geschlechtereffekt auch für Ekel gezeigt werden, wenn diese Emotion mit einer hinreichend großen Anzahl von Reizen hervorgerufen würde.

Probleme der Untersuchung und mögliche Lösungen. Ein grundsätzliches Problem bei dieser Art von Experimenten soll etwas ausführlicher besprochen werden: Aus Ökonomiegründen wird die beabsichtigte Emotionsauslösung meist nicht unmittelbar überprüft. Vielmehr beziehen sich Studien in der Regel auf Reizeigenschaften, die von anderen Autoren berichtet wurden, und die unter der Annahme übertragbar sind, dass sich die jeweiligen Stichproben von Versuchspersonen nicht wesentlich unterscheiden. In vorliegenden Fall stammen die für die Reizauswahl berücksichtigten affektiven Parameter aus Untersuchungen von nordamerikanischen Studierenden (Libkuman et al., 2007). Für nordamerikanische und westeuropäische Versuchspersonen müssen gewisse Unterschiede in der kulturellen Validität von affektiven Reizen angenommen werden: Beispielsweise ist nicht zu erwarten, dass deutsche Studierende genauso viel Angst beim Anblick von Wirbelstürmen empfinden wie US-amerikanische Studierende. Bilder mit augenfälliger kultureller Spezifität wurden ohne eine nähere Prüfung dieser Vermutung aus dem Reizset entfernt.

In weiten Bereichen sollten nordamerikanische und westeuropäische Populationen jedoch eine große Ähnlichkeit aufweisen: Sie stammen in beiden Fällen aus industrialisierten Nationen eines vergleichbaren ethischen und technologischen Entwicklungsstands. Auch konnten informelle Begutachtungen den ausgewählten Reizen eine hohe Augenscheinvalidität zusprechen. Nordamerikanische Studierende scheinen sich vor den gleichen Umweltaspekten zu ängstigen, zu ekeln, oder Trauer durch sie zu empfinden wie westeuropäische Studierende. Entsprechend sind die Ergebnisse für die entsprechenden Bedingungen entweder erwartungskonform oder lassen sich zumindest in den übergeordneten Konzeptrahmen integrieren: Im Gegensatz zu Trauer sind Angst und Ekel Reaktionen auf eine Bedrohung der körperlichen Integrität und steigern die Schreckreaktion gegenüber Freude.

Die Ärgerbedingung hingegen muss als problematisch erachtet werden: Sie bewirkte eine leichte Startle-Potenzierung, auch wenn diese nicht signifikant war. Unter den Ärger auslösenden Reizen fanden sich vorwiegend Darstellungen körperlicher Gewalt und die Hälfte von ihnen zeigte Menschen afrikanischen Ursprungs. Der Anblick solcher Gewaltszenen ist in Nordamerika vermutlich auch durch mediale Einflüsse bekannt, und er könnte in entsprechenden Stichproben durchaus Ärger hervorrufen. Es ist fraglich, ob dies auch für den westeuropäischen Kulturraum gilt. Da aber nur wenige Reize der verwendeten Datenbank, des International Affective Picture System (IAPS; Lang, Bradley & Cuthbert, 2008), der Ärgerkategorie zugeordnet werden konnten, wurden auch solche Gewaltszenen verwendet, für die kulturelle Einflüsse auf affektive Reaktionen nicht völlig auszuschließen waren. Es ist also möglich, dass diese Reize in der vorliegenden Stichprobe aus kulturellen Gründen keinen starken Ärger hervorgerufen und deshalb die Schreckreaktion nur wenig gesteigert haben. Im Gegensatz zur Valenzhypothese würde der Bedrohungsansatz jedoch keine wesentliche Startle-Potenzierung durch Ärger vorhersagen.

Darüber hinaus muss spekuliert werden, dass Ärger grundsätzlich schwer durch Bilder ausgelöst werden kann. Ärger dient nach einer verbreiteten Sichtweise der Mobilisierung von Ressourcen zur Überwindung von Hindernissen im Rahmen von zielorientiertem Handeln (siehe Teil 2). Ein Betrachter von Bildern im Rahmen eines psychologischen Experiments verfolgt aber häufig keine Ziele, die mit den Bildinhalten verbunden sind. Im Experiment I hatten die Versuchspersonen im Wesentlichen die Aufgabe, die Bilder zu betrachten. Darüber hinaus können Ziele sowie mögliche Hindernisse für Personen, die sich in derselben Situation befinden, stark variieren. Hieraus folgt, dass Bilder, die Ärger auslösen sollen, tatsächlich sehr unterschiedliche Reaktionen in Betrachtern hervorrufen können. Für die untersuchten „negativen“ Emotionen zeigt sich dies tatsächlich: Die aus der Literatur entnommenen Emotionsurteile für die Ärgerkategorie sind durchweg hoch (Libkuman et al., 2007; Daten nicht gezeigt). Es muss daher angenommen werden, dass die Reize dieser Bedingung Ärger nicht sehr selektiv ausgelöst haben, und dass anhand der diskutierten Ergebnisse keine Aussage darüber möglich ist, wie sich Ärger auf die Höhe einer Schreckreaktion auswirkt. Es könnte sogar sein, dass der deutliche Anteil von Angst und Ekel, der bei der Betrachtung dieser Bilder entsteht, für die tendenzielle Steigerung ursächlich ist.

Zwei Aspekte sollten in künftigen Studien unbedingt berücksichtigt werden. Erstens sollte anhand weiterer Maße (z.B. affektiver Selbstbericht) eine Überprüfung der experimentellen Manipulation erfolgen, also der Emotionsauslösung, die durch die verwendeten Reize angestrebt wird. Da häufig keine kulturell angemessenen

Normierungsdaten vorliegen, können etwaige Ergebnisse sonst nicht mit absoluter Sicherheit interpretiert werden. Solche Manipulationsprüfungen können in Form von Voruntersuchungen an vergleichbaren Stichproben von Versuchspersonen erfolgen, damit keine Abschwächung der affektiven Reaktionen im eigentlichen Experiment durch die wiederholte Darbietung befürchtet werden muss. Sie können aber auch (mit hinreichendem zeitlichem Abstand) im Anschluss an die Untersuchung anhand derselben Versuchspersonen vorgenommen werden. Die zweite Variante hätte den Vorteil, dass die Prüfdaten den Ergebnissen einzelner Personen unmittelbar zugeordnet werden könnten, und dass sich so auch bei kleineren Stichproben eine große Sicherheit hinsichtlich der tatsächlich ausgelösten Emotionen ergäbe.

Zweitens sollten die untersuchten Emotionen jeweils durch gleiche Anzahlen von Reizen ausgelöst werden, damit die Ergebnisse einzelner Bedingungen gut miteinander verglichen werden können. Im vorliegenden Fall erschien die Wahl für gleichgroße „übergeordnete“ Reizkategorien sinnvoll, da das vorrangige Ziel der Vergleich von (niedriger) Valenz und Angst im Hinblick auf die Startle-Modifikation war. Die Ergebnisse für die niedrig-valenten Unterbedingungen (Ekel, Ärger, Trauer) müssen jedoch als unsicher angesehen werden, da ein direkter Vergleich mit der Freudebedingung (und mit Angst) statistisch nicht abgesichert war. In jedem Fall wird aber anhand der niedrig-valenten Unterbedingungen deutlich, dass Valenz keine Rolle für die Höhe der Schreckreaktion spielt: Valenzurteile für die nicht-ängstigenden „negativen“ Bedingungen sind weitgehend identisch, während sich die entsprechenden physiologischen Reaktionen deutlich unterscheiden.

Fazit und Ausblick. Die zentralen Ergebnisse können nur so interpretiert werden, dass eine empfundene Bedrohung die Schreckreaktion steigert, und das dies mit einem deutlichen Maß an Spezifität geschieht. Zumindest gilt diese Spezifität für die hier untersuchten Emotionskonzepte, und es wurde neben der dimensional (Valenz) und der diskreten (Angst) Perspektive bislang keine weitere Erklärung für die Startle-Modifikation vorgeschlagen. Insbesondere wird aus den Daten ersichtlich, dass etwaige Valenzeffekte tatsächlich auf solchen grundlegenden Emotionen beruhen könnten, die eine Reaktion auf bedrohliche Reize darstellen. Das Experiment I kann als erfolgreich angesehen werden, da es mit der Schreckreaktion ein objektives (physiologisches) Maß empfundener Bedrohung bestätigt hat. Überdies sind die unsicheren Ergebnisse hinsichtlich der affektiven Unterbedingungen wenig problematisch für das Gesamtprojekt, da im Experiment II lediglich untersucht werden sollte, in welchem Maße affektive Gesichtsausdrücke Angst auslösen. Es ist nicht zu erwarten, dass

Angst- und Ärgerausdrücke mit unterschiedlicher Blickrichtung neben Angst weitere wesentliche Reaktionen hervorrufen.

Aufgrund der Ergebnisse für die einzelnen Emotionen muss jedoch – wenigstens in Bezug auf die Schreckreaktion – ein erweitertes Bedrohungskonzept in Betracht gezogen werden: Sowohl Angst als auch Ekel versetzen den Körper offenbar in einen vorbereitenden Zustand, der der Vermeidung von Schäden durch reflexhafte Reaktionen dient. Bedrohungen der körperlichen Integrität können in diesem Sinne sowohl von außen als auch von innen erfolgen, das heißt sie können eine Verletzung über die äußere Körperhülle oder eine Kontamination mit schädigenden Substanzen betreffen. Diese Formulierung des Bedrohungskonzepts scheint sich in Befunden zu spiegeln, die zeigen, dass die Amygdala in Ratten nicht nur durch konditionierte Angst, sondern auch durch Ekel aufgrund konditionierter Geschmacksaversion aktiviert wird (Shabel, Schairer, Donahue, Powell & Janak, 2011). Darüber hinaus reagiert die menschliche Amygdala dann auf Ekelausdrücke reagiert, wenn die Aufmerksamkeit des Betrachters auf andere sichtbare Reize gerichtet ist (Anderson, Christoff, Panitz, De Rosa & Gabrieli, 2003). Die Amygdala ist eine Hirnstruktur, die unter anderem mit der schnellen, verlässlichen Bedrohungsermittlung in Verbindung gebracht wird. Auch deshalb war sie in Experiment III das Hauptziel der neurophysiologischen Untersuchung von Reaktionen auf die unterschiedlich orientierten Ausdrücke von Angst und Ärger. Wird also, im Rahmen von psychologischen Experimenten oder Alltagssituationen, Ekel ausgelöst, muss davon ausgegangen werden, dass der menschliche Organismus in eine Reaktionslage versetzt wird, die Ähnlichkeit mit einer durch Angst vermittelten Schutzreaktion besitzt.

b) Experiment II: Gaze Influences on Startle Modification by Affective Faces

Rekapitulation des Untersuchungsansatzes. Das zweite Experiment sollte überprüfen, ob Ärgerausdrücke bei direktem Blick tatsächlich bedrohlicher sind als bei abgewandtem Blick, und ob Angstausrücke bei abgewandtem Blick eine stärkere Bedrohung hervorrufen als bei direktem Blick. Aus einer funktionalen Betrachtung der beiden Emotionen kann dies erwartet werden (siehe oben), und ein entsprechendes Ergebnis könnte verschiedene Befunde von Verarbeitungsvorteilen nach ebendiesem Muster erklären. Ein positives Ergebnis würde zwar nicht bedeuten, dass diese Verarbeitungsvorteile auch tatsächlich auf der Bedrohlichkeit der Reize beruhen, aber die Auffassung, dass bedrohliche Reize bevorzugt (schneller, genauer, intensiver) verarbeitet werden sollten, würde dies nahelegen. Für einen experimentellen

Nachweis dieses Zusammenhangs müsste es gelingen, die Bedrohlichkeit von Gesichterreizen, beispielsweise über ihre Intensität, selektiv zu variieren, ohne dabei ihre Prototypikalität (das heißt ihre Erkennbarkeit) zu verändern. Die Intensität und die Prototypikalität affektiver Ausdrücke sind jedoch in der Regel stark korreliert.

In Experiment I wurde gezeigt, dass die Höhe der elektrophysiologisch gemessenen Schreckreaktion spezifisch von empfundener Bedrohung abhängt und nicht durch die allgemeine Angenehmheit von zeitnah wahrgenommen Reizen bestimmt wird. Daher wurde die Schreckreaktion in Experiment II zur Bedrohlichkeitsbestimmung der genannten affektiven Gesichterreize verwendet. Eine physiologische Messung affektiver Reaktionen kann als vergleichsweise objektiv angesehen werden, da mit Emotionen verbundene körperliche Reaktionslagen in der Regel durch Teile des Nervensystems gesteuert werden, die von den meisten Menschen nicht willkürlich beeinflusst werden können (Schandry, 2011).

In diesem Experiment wurden die Reize für 7 Sekunden angezeigt und es erfolgte zu einem unvorhersehbaren Zeitpunkt ein kurzes lautes Geräusch (50 ms, 96 dB). Die Höhe der Schreckreaktion wurde über das Elektromyogramm des Lidschlussmuskels gemessen. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe sich möglichst genau vorzustellen, sie stünden der gezeigten Person gegenüber. Die Startle-Modifikation gegenüber einer Ausgangslage wurde bestimmt, in dem den Versuchspersonen neben Ärger- und Angsausdrücken mit unterschiedlicher Blickrichtung zusätzlich auch neutrale Reize gezeigt wurden. Diese Vergleichsreize wurden aus neutralen Gesichtsausdrücken hergestellt, indem letztere in kleine Ausschnitte zerlegt und zufällig neu angeordnet wurden. Die Ausschnittsgröße war dabei so klein (20 x 20 Pixel), dass nach der Neuordnung keine figuralen Merkmale der ursprünglichen Gesichter mehr zu erkennen waren. Ausgewertet wurden letztlich die Reaktionsdifferenzen, die sich für die affektiven Gesichter im Vergleich mit den neutralen Reizen ergaben. Im Anschluss an eine Darbietung sollten die Versuchspersonen angeben, ob es sich bei dem Bild um eine Frau, einen Mann oder ein zufällig angeordnetes Gesicht handelte. Diese Aufgabe diente lediglich dem Aufmerksamkeitserhalt und die daraus entstandenen Verhaltensdaten wurden nicht ausgewertet. Zusätzlich wurden Personendaten wie Geschlecht und allgemeine Ängstlichkeit erhoben, letztere über das Stait-Trait-Anxiety-Inventory (STAI; Spielberger, Gorsuch, Lushene, Vagg & Jacobs, 1983).

Zentrale Ergebnisse. In den Daten des gesamten Experiments ließen sich weder ein Interaktionseffekt noch Haupteffekte für affektiven Ausdruck oder Blickrichtung finden. Es zeichnete sich zwar ein Interaktionseffekt ab, der in seiner Form früheren Befunden entsprach

(siehe Teil 2), dieser war jedoch statistisch nicht signifikant. Genauso lieferten Analysen einzelner Mittelwerte keine signifikanten Ergebnisse.

Es ist aber bekannt, dass sowohl physiologische Reaktionen als auch ihre affektive Modifikation mit wiederholter Stimulation nachlassen: Sie habituierten (Bradley, Lang & Cuthbert, 1993; Weike & Hamm, 2005). Dies gilt unter anderem für die Schreckreaktion, deren Verlauf über die Zeit durch eine (abnehmende) quadratische Beziehung zur Wiederholungszahl beschrieben werden kann (Anokhin & Golosheykin, 2010). Genauso lassen auch erlebte (hier: selbst berichtete) affektive Reaktionen mit der Zeit nach, wie beispielsweise die empfundene Intensität wiederholt dargebotener verbaler Begriffe mit starkem affektivem Gehalt (Dijksterhuis & Smith, 2002). Darüber hinaus findet sich Habituation auch in der Aktivität von Hirnstrukturen wie der Amygdala, die mit der Verarbeitung der verschiedensten affektiven Reize in Verbindung gebracht wird (Zald, 2003). Allgemein gilt Habituation von unmittelbaren Reaktionen auf sensorische Informationen als gesicherter Befund und muss insbesondere im Hinblick auf physiologisch gemessene und erlebte affektive Reaktionen erwartet werden.

Aus diesem Grund waren die Daten von Experiment II in fünf homologen Versuchsteilen erhoben worden. Dies ermöglichte einerseits die Untersuchung etwaiger Habituationseffekte, und andererseits konnte so die Verarbeitung der affektiven Gesichter in anfänglichen Abschnitten untersucht werden, das heißt bei vermuteter geringer Habituation. Hierbei war vor allem wichtig, dass die verwendeten Reizkategorien in allen Abschnitten mit gleicher Häufigkeit vorkamen, damit sich eine Habituation nicht differenziell auf diese auswirken konnte (Kontrolle von Reihenfolgeneffekten). Entsprechend erbrachte eine Analyse späterer Versuchsteile (4–5) weder einen Interaktionseffekt noch Haupteffekte. Insbesondere war keine der Reaktionsdifferenzen (affektiv vs. neutral) signifikant von Null verschieden, und kein Einzelvergleich der Reaktionsdifferenzen erbrachte ein signifikantes Ergebnis. Eine Analyse der anfänglichen Versuchsteile (1–2) erbrachte jedoch einen signifikanten Interaktionseffekt von affektivem Ausdruck und Blickrichtung: Ärgerausdrücke mit direktem Blick wiesen eine größere Startle-Potenzierung auf als Ärgerausdrücke mit abgewandtem Blick, während für Angstausrücke das Gegenteil galt. Über den Interaktionseffekt hinaus lagen erneut keine Haupteffekte von Ausdruck und Blick vor, auch wenn sich ein Haupteffekt für den Ausdruck (Ärger > Angst) anzudeuten schien. Dieses Ergebnis entspricht weitgehend den Befunden, die bislang für die perzeptuelle Integration von Ausdrucks- und Blickrichtungsinformationen erbracht wurden. Darüber hinaus repliziert es insbesondere den ersten Befund dieses Interaktionseffekts mit überraschender Präzision,

sofern man für diesen Vergleich die Differenzen der gefundenen Mittelwerte heranzieht. (Adams & Kleck, 2003).

Absicherung der zentralen Ergebnisse. Zur näheren Bestimmung von Interaktionseffekten im Rahmen von Varianzanalysen werden in der Regel sogenannte „post-hoc“ Tests nachgeschaltet, die einzelne Mittelwerte miteinander vergleichen und Aussagen über die konkrete Form des vorliegenden Ergebnisses ermöglichen. Damit sich aber im Rahmen solcher nachträglichen Tests die Gesamtwahrscheinlichkeit für ein falsch-positives Ergebnis nicht über die konventionelle Signifikanzschwelle (z.B. $p=0.05$) hinaus steigert, werden die Schwellen der Einzeltests anhand der Gesamtzahl der durchgeführten Tests angepasst (z.B. Bonferroni-Korrektur; Abdi, 2007). Leider führte diese Fehlerkorrektur im vorliegenden Fall dazu, dass die post-hoc Tests nicht signifikant wurden: Es konnte nicht statistisch bestätigt werden, dass direkte (vs. abgewandte) Ärgerausdrücke und abgewandte (vs. direkte) Angsausdrücke die Schreckreaktion stärker potenzieren. Sogar anhand unkorrigierter Tests konnte lediglich gezeigt werden, dass direkte Ärgerausdrücke eine größere Reaktionssteigerung erzielten als direkte Angsausdrücke, und dass eine Tendenz für eine Reaktionssteigerung durch direkte Ärgerausdrücke gegenüber den Vergleichsreizen vorlag.

Aus diesem Grund wurden weitere Variablen untersucht, um die Gültigkeit der gefundenen Ergebnisse zu stützen. Einerseits ist bekannt, dass Frauen gegenüber Männern in der Regel eine größere affektive Startle-Modifikation aufweisen (Anokhin & Golosheykin, 2010). Andererseits ist bekannt dass diese Steigerung auch von der Grundängstlichkeit der untersuchten Personen abhängt (Grillon, 2008), auch wenn dieser Zusammenhang mitunter spezifisch für soziale Bewertung sein kann. In den Daten von Experiment II konnte sowohl ein Geschlechtereffekt (Frauen > Männer) als auch ein Effekt der Ängstlichkeit (hoch > niedrig) erkannt werden: Frauen zeigten nahezu doppelt so große Startle-Potenzierung als Männer, und hoch-ängstliche Personen zeigten etwas mehr als anderthalb mal so große Reaktionssteigerungen als niedrig-ängstliche Personen. Beide Ergebnisse waren jedoch ebenfalls nicht statistisch signifikant.

Zusammenfassung. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass der beobachtete Interaktionseffekt von Ausdruck und Blickrichtung lediglich auf die Startle-Potenzierung durch Ärgerausdrücke mit direktem Blick zurückgeht. Das bereits in den Gesamtdaten gefundene Interaktionsmuster entspricht jedoch früheren Befunden für die Verarbeitung der Ausdrücke von Angst und Ärger mit unterschiedlicher Blickrichtung. Darüber hinaus zeigt die Habituationsanalyse ein erwartetes Ergebnis: Der genannte Effekt liegt zu Beginn des

Experiments verstärkt vor, während in späteren Abschnitten keine physiologische Differenzierung der affektiven Reizbedingungen mehr erfolgt. Da auch für weitere Variablen (Geschlecht, Ängstlichkeit) erwartungskonforme Ergebnisse gefunden wurden, deutet alles darauf hin, dass sich die Schreckreaktion in Experiment II in sehr verlässlicher Weise „verhalten“ hat. Es kann angenommen werden, dass die fehlende Signifikanz von post-hoc Tests lediglich auf die geringe Stichprobengröße, und somit auf eine zu geringe Testpower, zurückgeht. Es scheint daher so zu sein, dass Ärgerausdrücke mit direktem Blick und Angstausrücke mit abgewandtem Blick tatsächlich bedrohlicher sind als die beiden anderen Bedingungskombinationen. Darüber hinaus findet sich tendenziell ein Vorteil von Ärger gegenüber Angst, der auf den funktionalen Unterschieden dieser Emotionen beruhen könnte: Ausgedrückter Ärger kann eine unmittelbare Bedrohung darstellen, wohingegen ausgedrückte Angst bestenfalls mittelbar auf eine Bedrohung hindeutet.

Probleme der Untersuchung und mögliche Lösungen. Affektive Gesichtsausdrücke könnten grundsätzlich eher schwache und vorübergehende Veränderungen der Schreckreaktion bewirken, die darüber hinaus aufgrund methodologischer Probleme schwer festzustellen sind. Dies könnte erklären, weshalb die affektive Manipulation in Experiment II eher geringe Effekte erzielte. Neben dem geringen Alter dieser Forschungsrichtung könnte es darüber hinaus dazu beitragen, dass die Literatur hierzu bislang eine wenig eindeutige Befundlage aufweist (siehe Anokhin & Golosheykin, 2010, für einen kurzen Überblick über bisherige Untersuchungen). Im Folgenden werden Gründe für diese Vermutung genannt, und es werden Lösungsmöglichkeiten skizziert, die helfen könnten, aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten. Im Übrigen treffen viele der aufgeführten Überlegungen auch auf Experiment I (und anteilig auf Experiment III) zu. Sie werden erst hier diskutiert, da die Ergebnisse des vorangegangenen Experiments weitgehend gut interpretierbar waren.

(1) Bei der Startle-Modifikation durch affektive Ausdrücke könnte es sich um einen eher schwachen Effekt handeln. Die Höhe der Schreckreaktion hängt offenbar spezifisch von der empfundenen Bedrohung durch zeitnah präsentierte Reize ab (siehe Experiment I). Eine grundsätzlich eher geringe Bedrohlichkeit von affektiven Ausdrücken könnte somit zu geringen Unterschieden zwischen den Bedingungen geführt haben und die schwachen Befunde von Experiment II anteilig erklären. Dies ist nicht unplausibel, da von allen mit Bedrohung verbundene Reizen nur Ärgerausdrücke mit direktem Blick (tendenziell) zu einer Startle-Potenzierung geführt haben; für diese Bedingung ist von Theorieweite her die stärkste Bedrohlichkeit zu erwarten (siehe Teil 2).

Für diese Sichtweise spricht weiterhin, dass die Betrachtung von Ärgerausdrücken anscheinend nur dann eine Startle-Potenzierung bewirkt, wenn diese Ausdrücke mit voller Intensität präsentiert werden (Hajcak, Dunning, Auriemmo & Castille, 2010). Darüber hinaus ist bekannt, dass Bilder von phobisch besetzten Objekten (z.B. Schlangen oder Spinnen) für entsprechende phobische Patienten, sowie die Antizipation leichter elektrischer Schocks für gesunde Kontrollgruppen, durchaus große Steigerungen der Schreckreaktion zur Folge haben können (Grillon, 2008). Letzteres zeigt, dass der Körper sich dann merklich auf eine Vermeidungsreaktion einstellt, wenn entweder die applizierten Reize oder entsprechende Hinweise aus dem Untersuchungskontext tatsächlich zu starker Angst führen. Gesichtsausdrücke hingegen müssen als weniger starke Bedrohungssignale angesehen werden, da sie nicht in jedem Fall eine unmittelbare Bedrohtheit erzeugen sollten. Im Fall von (ausgedrückter) Angst fühlt sich zunächst nur der Sender bedroht, während im Fall von Ärger beispielsweise soziale Verhaltensregeln eine tatsächliche Bedrohung verhindern können. Darüber hinaus handelt es sich bei den in Experimenten verwendeten affektiven Ausdrücken in aller Regel lediglich um Bilder von Gesichtern, sodass sich die Versuchspersonen keiner faktischen Bedrohung ausgesetzt fühlen können.

Dennoch sind einige Wege denkbar, die zu stärkeren Schreckreaktionen bei der Betrachtung affektiver Ausdrücke führen könnten. Zunächst könnten globale Voruntersuchungen ganzer Reizdatenbanken die Auswahl von Reizen ermöglichen, welche die anvisierten affektiven Reaktionen möglichst stark hervorbringen. In Experiment II wurden affektive Ausdrücke verwendet, die möglichst gut erkannt werden, und die gemäß Vorüberlegungen starke Reaktionen auslösen sollten. Voruntersuchungen, die über physiologische Maße und Selbstbericht gezielt die affektiven Reaktionen von Versuchspersonen erheben, könnten diesen Ansatz verbessern. Zusätzlich könnte ein Kontext für die Betrachtung affektiver Ausdrücke errichtet werden, der die Interpretation der Reize als bedrohlich begünstigt. Dies wurde in Experiment II dadurch versucht, dass die Versuchspersonen sich eine persönliche Begegnung mit den gezeigten Personen vorstellen sollten. Möglicherweise könnte dieser Ansatz dadurch verbessert werden, dass ein ausführlicherer Kontext die Plausibilität einer solchen Begegnung erhöht (einschließlich ihrer möglichen Folgen; siehe Boll, Gamer, Kalisch & Buchel, 2011). Alternativ wäre auch denkbar, dass ein Kontext die Erwartung ganz bestimmter Ausdrücke reduziert, sodass ihr unerwartetes Auftreten damit verbundene affektive Reaktionen und physiologische Veränderungen begünstigt.

(2) Zusätzlich handelt es sich bei der affektiven Startle-Modifikation vermutlich um einen vorübergehenden Effekt. Die wiederholte Darbietung affektiver Reize führt in der Regel zu einer fortschreitenden Habituation der von ihnen ausgelösten Reaktionen (siehe oben). Dies hätte jedoch zur Folge, dass Mittelwerte von Schreckreaktionen stets über Phasen unterschiedlicher Reaktionsstärke hinweg gebildet würden und so zu einer Unterschätzung der ursprünglich ausgelösten physiologischen Reaktionen, und darüber zu einer weiteren Verringerung der gefundenen Effekte, führen würden. Dass affektive Habituation im Experiment II tatsächlich stattgefunden hat, legt der Vergleich der Daten vom Anfang (Abschnitte 1–2) und vom Ende (Abschnitte 4–5) des Experiments nahe: Nicht nur die Reaktionshöhen nehmen über die Zeit ab, auch die Differenzierung der verschiedenen Reizbedingungen ist in späteren Abschnitten nicht mehr erkennbar. Leider handelt es sich bei Habituation um einen eher sensorischen (i.w.S.) Effekt, der, wie die Arbeiten des Nobelpreisträgers Eric Kandel zeigen, mitunter sogar auf Vorgänge in einzelnen Nervenzellen zurückgeht (Castellucci, Pinsker, Kupfermann & Kandel, 1970). Dies bedeutet vermutlich, dass Habituation nur schwer verhindert werden kann, da Vorgänge auf der Ebene von kleinen Gruppen von Nervenzellen für Einflüsse komplexerer Verarbeitung wenig zugänglich sein sollten. Es kann natürlich darauf geachtet werden, Versuchspersonen nicht vorab dem verwendeten Reizmaterial auszusetzen. Darüber hinaus könnten längere Pausen zwischen den Darbietungen dazu führen, dass sich eine Habituation nur verzögert einstellt. Diese beiden Maßnahmen wurden in Experiment II ergriffen.

Aus den Arbeiten von Kandel geht allerdings hervor, dass einer Habituation durch die zusätzliche Darbietung neuartiger Reize (z.B. durch einen Kontextwechsel) entgegen gewirkt werden kann (Dishabituation; Castellucci et al., 1970), und dass bisweilen eine allgemeine sensorische Empfindlichkeitssteigerung durch einen aversiven (ggf. leicht schmerzhaften) Reiz erfolgt (Sensitivierung; Castellucci & Kandel, 1976). Eine Interpretation dieser Effekte könnte sein, dass der habituierte Organismus gelernt hat, dass ganz bestimmte Reize keine Konsequenzen haben, dass diese „Schlussfolgerung“ aber nur solange gilt, wie sich an der Gesamtsituation nichts Wesentliches ändert. Zusätzlich zu etwaigen ethischen Bedenken ist jedoch nicht unmittelbar ersichtlich, welche Folgen neuartige oder sogar aversive Reize in einem bestimmten Untersuchungskontext für das affektive Erleben von Versuchspersonen haben. Dieses steht ja gerade im Fokus der diskutierten Art von Untersuchungen. Es wäre sogar denkbar dass sich solche Stimulationen auf die Empfindungen verschiedener Reizbedingungen (z.B. affektiver Ausdrücke) unterschiedlich auswirken. Daher sollten diese Mittel mit Vorsicht verwendet und zunächst einer genauen Prüfung unterzogen werden.

(3) Die affektive Startle-Modifikation könnte nicht nur schwach ausfallen und vergleichsweise schnell habituiert werden, sondern ihre Bestimmung könnte zusätzlich durch methodologische Aspekte erschwert werden. Wie für die verschiedensten physiologischen Maße bekannt ist, habituiert auch die Schreckreaktion bei ihrer wiederholten Auslösung (siehe oben). Somit dürfte aber ihre affektive Modifikation ebenfalls geringer ausfallen, da diese ein prozentuales Ausmaß annehmen sollte. Nun wird aber die Schreckreaktion, wie die meisten physiologischen Reaktionen, stets ausgehend von einer gewissen Ruhelage gemessen. Dies hat zunächst nichts mit etwaigen Vergleichskategorien zu tun, sondern bezieht sich darauf, dass einzelne Lidschlüsse nach gängigem Standard (Blumenthal et al., 2005) nur dann für nachfolgende Analysen berücksichtigt werden, wenn sie eine bestimmte Mindestgröße überschreiten. Oft werden sie dann als valide angesehen, wenn sie mindestens einen Wert von 1 μV oberhalb einer mittleren Ruhelage (engl.: baseline) erreichen, die innerhalb von 60–70 ms vor der Schreckreaktion bestimmt wurde (vgl. Anokhin & Golosheykin, 2010). Da aber derartige Werte auch durch unsystematische Effekte zustande kommen können, folgt zwangsläufig, dass der Anteil von Fehlervarianz in Daten zur affektiven Startle-Modifikation zunimmt, wenn die Schreckreaktion selbst über die Zeit geringer ausfällt. So kann die Bestimmung systematischer Varianz (durch die affektive Manipulation) weiter erschwert werden, und es muss angenommen werden, dass dieses Phänomen in Experiment II aufgetreten ist.

Zur der Vermeidung von eher physiologischer Habituation finden zunächst grundsätzlich diejenigen Überlegungen Anwendung, die bereits hinsichtlich affektiver Habituation geäußert wurden. Darüber hinaus bestimmen zwei weitere Faktoren, von welcher anfänglichen Reaktionsstärke die Habituation im Lauf der experimentellen Prozedur ausgeht. Vor dieser Prozedur wird das laute Geräusch meist wiederholt dargeboten, um die Versuchspersonen daran zu gewöhnen. Der Hintergrund hierbei ist, dass die ersten Schreckreaktionen in einem Experiment meist sehr stark ausfallen und auf diese Weise einzelne Reizbedingungen gegenüber anderen begünstigt werden können (Jansen & Frijda, 1994). In Experiment II wurde diese „Vorhabituation“ anhand von 20 Wiederholungen durchgeführt, und diese Zahl kann in künftigen Experimenten vermutlich stark reduziert werden (z.B. auf 5 Wiederholungen: Jansen & Frijda, 1994). Der zweite Faktor, der die anfängliche Höhe der Schreckreaktion bestimmt, ist die Lautstärke des Geräuschs. In Experiment II wurden hierfür 96 dB gewählt, was sich eher im unteren Bereich der üblicherweise verwendeten Lautstärken befunden. Der Vergleich mit anderen Untersuchungen zeigt, dass diese Lautstärke in Experimenten auf bis zu 120 dB erhöht

werden kann. Eine häufiger verwendete Obergrenze für akustische Startle-Auslösung findet sich bei etwa 105 dB (Balaban & Taussig, 1994).

Zusätzlich handelt es sich bei der Schreckreaktion um einen polysynaptisch vermittelten Reflex (im Tiermodell: Rosen et al., 1991), der somit (auch Alltagserfahrungen gemäß) kognitiven Einflüssen unterlegen ist. Daraus folgt, dass sich die Erwartetheit, mit der ein lautes Geräusch auftritt, negativ auf die Höhe einer ausgelösten Schreckreaktion auswirken sollte. Die Vermeidung von Vorhersagbarkeit ist ein wesentlicher methodologischer Aspekt bei der Planung von Startle-Untersuchungen (z.B. Lang et al., 1990). Es kann sogar spekuliert werden, dass sich eine Vorhersagbarkeit der akustischen Stimulation nicht nur auf die Reaktionsstärke auswirkt, sondern dass sie zusätzlich eine Verstärkung der Habituation zur Folge hat: Ein Organismus kann möglicherweise schneller lernen, dass intensive Reize keine schädlichen Folgen haben, wenn er sich gezielt auf ihre Verarbeitung vorbereiten kann.

Um die Vorhersagbarkeit der akustischen Auslösung der Schreckreaktion zu reduzieren, werden in der Regel zwei Maßnahmen ergriffen (z.B. Anokhin & Golosheykin, 2010): Der akustische Reiz wird einerseits nicht in jedem visuellen Präsentationsdurchgang dargeboten, sondern meist zufällig in ungefähr zwei Dritteln der Fälle. Diese Technik erlaubt bisweilen auch den Vergleich von „verstärkten“ (mit Geräusch) und „nicht verstärkten“ (ohne Geräusch) Durchgängen. Darüber hinaus wird das Geräusch auch in einer gewissen Anzahl der Pausen zwischen den visuellen Präsentationen dargeboten. Diese Maßnahme erlaubt unter gewissen Voraussetzungen (die hier nicht näher beschrieben werden können) ein Nachverfolgen der Reaktionsfähigkeit von Versuchspersonen über die Zeit, und darüber hinaus einen Vergleich von visuellen Präsentationsdurchgängen mit Zeitpunkten ohne visuelle Stimulation. Diese beiden Maßnahmen wurden in Experiment II ergriffen. Dennoch kann vermutlich nicht verhindert werden, dass Versuchspersonen mit der Zeit ein Verständnis des Versuchsablaufs entwickeln und sich die gemessenen Schreckreaktionen dadurch verringern.

Schließlich berichteten viele Versuchspersonen, dass es Ihnen schwer fiel, die Konzentration auf die Gesichterreize über die Dauer des Experiments aufrecht zu erhalten (informelle postexperimentelle Befragungen). Die verwendete Reizunterscheidungsaufgabe (Mann/Frau/Bild) sollte dem Aufmerksamkeitserhalt dienen, und kann grundsätzlich zur Überprüfung verwendet werden, ob die verwendeten Reize tatsächlich betrachtet wurden. Diese Verhaltensdaten wurden in Experiment II nicht berücksichtigt, da sich die Auswertung letztlich auf anfängliche Teile des Versuchs konzentrierte, in denen die Aufmerksamkeit der

Versuchspersonen nicht bezweifelt werden musste. Andererseits war diese Aufgabe nicht sehr anspruchsvoll und hatte vermutlich auch keinen großen Belohnungseffekt. Es kann angenommen werden, dass der Belohnungseffekt von Aufgaben in Experimenten einen großen Teil der intrinsischen Motivation von Versuchspersonen ausmacht. Hieraus folgt, dass anspruchsvollere, belohnende Aufgaben in künftigen Experimenten möglicherweise zu einem stärkeren Aufmerksamkeitserhalt führen können. Dabei sollte nur beachtet werden, dass solche Aufgaben nicht von der anvisierten (affektiven) Reizverarbeitung ablenken sollten. Insbesondere sollten keine Verhaltenssysteme aktiviert werden, die mit den zu erzeugenden Affekten inkompatibel sind, wie beispielsweise durch sexuelle Erregung (vgl. Bernat, Patrick, Benning & Tellegen, 2006). Auch können sehr anspruchsvolle Aufgaben vermutlich eine gewisse Bedrohtheit in Versuchspersonen erzeugen, und diese könnte im Extremfall mit der Bedrohungsermittlung hinsichtlich der gezeigten Reize interferieren. Die Auswahl von Begleitaufgaben für wiederholte visuelle Stimulation scheint daher kein trivialer Planungsaspekt zu sein, sondern bedarf sorgfältiger Vorüberlegungen und *idealerweise* auch ausführlicher Vortests.

Nachträgliche Behandlung von Habituationseffekten. Aus den dargestellten Überlegungen zu Problemen bei der Startle-Messung im Allgemeinen, und zur Verwendung von affektiven Gesichtern insbesondere, wird klar, dass viele mögliche Hindernisse vorab nur unzureichend ausgeräumt werden können. Ein gewisser Teil der experimentellen Sorgfalt muss sich darauf konzentrieren, Störvariablen nachträglich im Rahmen der Auswertung zu berücksichtigen. Die nachträgliche Behandlung von Habituation ist in der geschlossenen Darstellung von Experiment II bereits ausführlich diskutiert worden, und deshalb sollen hier lediglich die Kernaspekte dieser Argumentation genannt werden.

In einer sehr ähnlichen Untersuchung (Anokhin & Golosheykin, 2010) wurde der Habituationsverlauf über das Experiment in Form einer (quadratischen) Regressionskurve bestimmt, die sich aus der Berücksichtigung aller verzeichneten Lidschlüsse ergab. Abweichungen von diesem Verlauf wurden als Startle-Modifikation interpretiert und für weitere Analysen zum Vergleich der Reizbedingungen berücksichtigt. Dieses Vorgehen erscheint elegant, da es sehr einfach ermöglicht, Habituationseffekte aus den Daten herauszurechnen und somit Startle-Modifikation über die gesamte Versuchsspanne zu berücksichtigen. Es gibt jedoch wenigstens zwei Argumente, dieses Vorgehen als nicht ganz angemessen zu erachten. Bei der so bestimmten Startle-Modifikation handelt es sich um Abweichungen von einem zeitlichen Mittelwertverlauf. Einerseits können diese Abweichungen nicht eindeutig als Zunahmen oder Abnahmen interpretiert werden, da dies

einen Vergleich mit einer geeigneten Ruhelage voraussetzen würde. Darüber hinaus kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Habituation der affektiven Reaktionen auf die verschiedenen Reizbedingungen nicht den gleichen zeitlichen Verlauf nimmt. Es ist schwer abzuschätzen, welche Auswirkungen eine solche differenzielle Habituation auf eine mittlere Reaktion und somit auf Abweichungen von einer solchen hat.

Zusätzlich zu diesen Bedenken kann der Regressionsansatz das grundsätzliche Problem nicht verhindern, dass der Anteil von Fehlervarianz in den Daten über den Verlauf des Experiments zunimmt und daher die Zielreaktionen, affektiv gesteigerte oder verringerte Schreckreaktionen, mit der Zeit „in Rauschen untergehen“. In Experiment II wurde dem Problem der physiologischen und der affektiven Habituation dadurch begegnet, dass sich die Analyse des Elektromyogramms schließlich gezielt auf anfängliche Versuchsteile konzentriert hat. Dieses Vorgehen kann als sehr effektiv angesehen werden, da die meisten skizzierten Probleme anfänglich nur wenig ausgeprägt sein dürften. Dennoch kann diese Methode den Anschein erwecken, ein Teil der Datenlage sollte gezielt unberücksichtigt bleiben. Insgesamt ergibt sich hieraus eine sehr einfache Konsequenz für künftige Untersuchungen: Diese sollten kürzere Zeitabschnitte und somit geringere Wiederholungszahlen für die Stimulation umfassen. So könnten Probleme der physiologischen und der affektiven Habituation gemildert werden, und gleichzeitig würde eine zunehmende Aufmerksamkeitsdivergenz der Versuchspersonen in späten Versuchsteilen verhindert. Darüber hinaus könnten in der gleichen Gesamtzeit für eine Studiendurchführung mehr Versuchspersonen teilnehmen, und so sollte sich die Testpower für den Nachweis affektiver Startle-Modifikation deutlich steigern lassen.

Fazit und Ausblick. Das Hauptergebnis von Experiment II, die physiologische Differenzierung der affektiven Reizbedingungen, war schwach ausgeprägt. Der gefundene Interaktionseffekt entspricht in seiner Form bisherigen Befunden, korrigierte post-hoc Tests der Mittelwertvergleiche waren jedoch nicht signifikant. Die weiteren untersuchten Parameter (Geschlecht, Ängstlichkeit) zeigten aber deutliche Sekundäreffekte, die aus früheren Arbeiten bekannt sind. Daher kann vermutet werden, dass sich der Interaktionsbefund verlässlich interpretieren lässt: Ärgerausdrücke sind bei direktem Blick bedrohlicher als bei abgewandtem Blick, und Angstausrücke rufen bei abgewandtem Blick eine stärkere Bedrohtheit hervor als bei direktem Blick. Frühere Befunde von Verarbeitungsvorteilen, die diesem Muster entsprechen, könnten also tatsächlich auf der unterschiedlichen Bedrohlichkeit von Gesichterreizen beruhen. Dennoch erscheint eine

Replikation der Ergebnisse notwendig, und hierbei sollten die Maßnahmen berücksichtigt werden, die sich aus den vorangestellten Überlegungen ergaben.

Darüber hinaus sprechen die berichteten Ergebnisse erneut gegen die Valenzhypothese zur Startle-Modifikation: Angst- und Ärgerausdrücke sollten eine ähnliche Valenz aufweisen und sich hierin stark von neutralen Reizen unterscheiden. Die physiologischen Reaktionen wiesen jedoch in den meisten Fällen nicht auf einen solchen Unterschied hin. Insbesondere ist schwer nachvollziehbar, welchen Einfluss die Blickrichtung auf die Valenz von Reizen haben sollte, ohne die möglichen Konsequenzen der Ausdrücke für den Betrachter mit einzubeziehen. Letzteres sind aber wiederum unmittelbaren mit spezifischen grundlegenden Emotionen verbunden.

Die zunehmenden Hinweise auf die Bedrohungsspezifität der Schreckreaktion weisen darauf hin, dass bisherige Studienergebnisse, die nach den jeweiligen Autoren die Valenzhypothese stützen sollen, neu interpretiert werden müssen. Konkret müsste im Einzelfall überprüft werden, in wieweit die verwendeten „negativen“ Reize tatsächlich bedrohlich gewesen sind, also Angst (oder Ekel) ausgelöst haben. Genauso sollten künftige Experimente affektive Veränderungen der Schreckreaktion nicht vorschnell in die dimensionale Sichtweise (Valenz, Erregung) auf Emotionen einordnen. Anokhin & Golosheykin, 2010 weisen darauf hin, dass die bisherige Befundlage zur Startle-Modifikation anhand von affektiven Gesichtern wenig eindeutig ist. Sie führen beispielsweise den Befund an, dass (direkte) Ausdrücke von Ärger die Schreckreaktion steigern können, während (direkte) Angstausdrücke in diesem Fall keinen Effekt hatten (Springer, Rosas, McGetrick & Bowers, 2007). Dieses Ergebnis ist jedoch sehr wohl kompatibel mit der Sichtweise, dass nur diejenigen Reize effektiv sein sollten, die im Betrachter die Emotion von Angst auslösen (und nicht etwa Mitleid; vgl. Boll et al., 2011). Wird die funktionale Rolle von Emotionen und ihren Ausdrücken berücksichtigt, kann es also gelingen Befunde zu integrieren, die in anderen theoretischen Gebäuden widersprüchlich erscheinen.

c) Experiment III: An fMRI investigation of backward masked facial displays of threat

Rekapitulation des Untersuchungsansatzes. Das dritte Experiment sollte die Wahrnehmung der affektiven Gesichterreize in der Nähe der zeitlichen Bewusstseinsschwelle untersuchen. Bedrohliche Reize sollten auch dann wahrgenommen werden und zu feststellbaren Reaktionen führen, wenn sie nicht vollständig bewusst werden. Dies würde für den Betrachter einen überlebensrelevanten Vorteil darstellen und sollte sich daher im Lauf der Phylogenese

als angeborenes Merkmal entwickelt haben. In der Tat zeigen verschiedene Studien, dass affektive Gesichter, die mit Bedrohung in Verbindung gebracht werden können, auch dann verarbeitet werden, wenn sie nicht vollständig bewusst werden (Dimberg & Ohman, 1996, Ohman, 2005). Experiment II hat darüber hinaus gezeigt, dass sich Ärgerausdrücke mit direktem Blick und Angstausrücke mit abgewandtem Blick mit großer Sicherheit durch ihre besondere Bedrohlichkeit auszeichnen. Wenn Experiment III also zeigen kann, dass ein derartiger Interaktionseffekt bei reduziertem visuellem Bewusstsein in der Hirnaktivierung und im Verhalten der Versuchspersonen sichtbar wird, läge der Schluss nahe, dass die Verarbeitungsvorteile von direkten Ärgerausdrücken und abgewandten Angstausrücken tatsächlich auf ihrer Bedrohlichkeit beruhen.

Um die visuelle Bewusstheit der Reize zu reduzieren, wurden diese „Zielreize“ nur sehr kurz angezeigt (50 ms) und durch einen unmittelbar folgenden weiteren Reiz, die „Maske“, zeitlich überdeckt. Eine solche Rückwärtsmaskierung kann unter Umständen dazu führen, dass Zielreize affektive Reaktionen hervorrufen, obwohl sie nicht bewusst wahrgenommen werden (Ohman et al., 2007). Diese Reaktionen sollten nun, wie affektive Reaktionen im Allgemeinen, im Lauf wiederholter Stimulation schwächer werden, sie sollten habituieren (siehe oben). Andererseits sollten Versuchspersonen aber mit der Zeit darin besser werden, den Zielreiz zu erkennen und gezielt auf ihn zu reagieren. Derartiges „perzeptuelles Lernen“ ist bei rückwärts maskierter Darbietung wiederholt gezeigt worden (Maehara & Goryo, 2003, Op De Beeck, Wagemans & Vogels, 2007; Szczepanowski & Pessoa, 2007), und es wird angenommen, dass hierbei aufmerksamkeitsbasierte Wahrnehmungsstrategien eine Rolle spielen (Yotsumoto & Watanabe, 2008). Zusammen genommen müssten affektive Reaktionen auf maskierte Reize im Lauf eines Experiments schwächer werden und eine etwaige nicht-affektive, möglicherweise bewusste Reizverarbeitung würde mit der Zeit zunehmen. Wenn bei der Verarbeitung von maskierten affektiven Gesichtern also auch nicht-affektive Verarbeitungsprozesse auftreten, sollte es mittels Rückwärtsmaskierung gelingen, diese zeitlich (über den Versuchsablauf) von der affektiven Verarbeitung zu trennen und beide vergleichsweise isoliert zu betrachten.

Die Amygdala ist eine Hirnstruktur, die mit der Verarbeitung von Bedrohungsinformationen in Verbindung gebracht wird (Ohman, 2005). Darüber hinaus ist bekannt, dass sie verlässlich durch die affektiven Gesichtsausdrücke von Angst und Ärger aktiviert wird (Suslow et al., 2006). Daher stand die Amygdala im Fokus von Experiment III. Würde die Aktivierung der Amygdala durch maskierte affektive Ausdrücke dem Interaktionsmuster entsprechen, dass in bisherigen Untersuchungen im Rahmen von deutlich

überschwelliger (bewusster) Verarbeitung gefunden wurde (z.B. N'Diaye et al., 2009), spräche dies dafür, dass Bedrohung im Wahrnehmungsprozess eine Rolle spielt. Zusätzlich sollte festgestellt werden, ob die Verarbeitung der Reize so weit geht, dass sie sich im Verhalten der Versuchspersonen niederschlägt. Auch auf Verhaltensebene liegen entsprechende Befunde für überschwellige Wahrnehmung vor (z.B. Adams & Kleck, 2003; 2005), die mit den Ergebnissen von Experiment III verglichen werden sollten. Auch könnte fehlende Aktivierung der Amygdala nur dann sinnvoll interpretiert werden, wenn gleichzeitig Verhaltensbefunde vorlägen: In diesem Fall müsste die Verarbeitung von anderen Hirnarealen vorgenommen worden sein. Als Verhaltensmaß für die Verarbeitung der affektiven Gesichterreize wurde die Unterscheidung von neutralen Reizen gewählt. Genauer wurde die Technik der Signalentdeckung verwendet, die unabhängig von etwaigen Antworttendenzen der Versuchspersonen (z.B. die Tendenz für „Ja, ein affektives Gesicht liegt vor“) sehr genau die Unterscheidungsfähigkeit für verschiedenste Reize bestimmen kann (Green & Swets, 1966).

In diesem Experiment wurden die untersuchten Ausdrücke (Zielreize; Angst und Ärger mit direktem oder abgewandtem Blick) für 50 ms angezeigt, und direkt auf sie folgte jeweils für 100 ms ein maskierender Freudeausdruck. Um zu bestimmen, wie gut die Versuchspersonen die Ausdrücke erkennen konnten, wurde in der Hälfte der Darbietungsdurchgänge ein neutraler statt eines affektiven Ausdrucks als Zielreiz gezeigt. Die Versuchspersonen hatten anschließend die Aufgabe anzugeben, ob es sich um einen affektiven oder um einen neutralen Zielreiz gehandelt hat, und wie sicher sie sich bei diesem Urteil gewesen sind. Urteile und Sicherheitsangaben können zu einem Maß kombiniert werden, dass die Unterscheidungsfähigkeit genauer bestimmen kann als Urteile alleine (Macmillan & Creelman, 2005). Darüber hinaus wurden die Ausdrücke von Angst und Ärger in getrennten (sich abwechselnden) Blöcken dargeboten, um den Versuchspersonen die Unterscheidung der kurz gezeigten und maskierten Zielreize nicht weiter zu erschweren. Genauer wurden zehn Signalentdeckungsblöcke durchgeführt (jeweils 5 für Angst und Ärger), und während der dieser Zeit wurde die Aktivierung des gesamten Hirns mittels funktioneller Magnetresonanztomografie (fMRT) gemessen. Für die Bestimmung der Amygdala-Beteiligung wurden zusätzlich speziell angepasste Hirnausschnitte untersucht, anhand derer die Aktivierung dieser Struktur mit größerer Empfindlichkeit festgestellt werden kann.

Zentrale Verhaltensergebnisse. Die Unterscheidungsleistung im gesamten Experiment wies einen signifikanten Interaktionseffekt von affektivem Ausdruck und begleitender

Blickrichtung auf: Ärgerausdrücke wurden bei direktem Blick besser von neutralen Ausdrücken unterschieden als bei abgewandten Blick, wohingegen sich für Angsausdrücke kein Unterschied zeigte. Darüber hinaus lagen Haupteffekte für beide Faktoren vor: Angsausdrücke wurden grundsätzlich besser unterschieden als Ärgerausdrücke und direkter Blick führte zu besserer Unterscheidung als abgewandter Blick. Der Interaktionseffekt entspricht verschiedenen Vorbefunden für die Verarbeitung affektiver Gesichter (z.B. Boll et al., 2011) und legt nahe, dass wenigstens die Vorteile von direkten Ärgerausdrücken auf Prozessen beruhen, die ohne vollständiges visuelles Bewusstsein ablaufen können. Der Ursprung der Haupteffekte blieb zunächst unklar. Da aber im Verlauf des Experiments mit der Habituation von affektiven Reaktionen und mit der Zunahme nicht-affektiver Wahrnehmungsvorgänge gerechnet werden musste, sind diese Ergebnisse für sich genommen nicht unbedingt klar zu interpretieren.

Die Unterscheidungsleistung der Versuchspersonen wurden anschließend für die einzelnen Darbietungsblöcke bestimmt. Genauer wurden jeweils zwei aufeinander folgende Blöcke zu einem Abschnitt zusammengefasst. Da sich Angst- und Ärgerblöcke abwechselten, konnte so die Entwicklung der Unterscheidungsleistung über fünf gleichwertige Versuchsblöcke hinweg verfolgt werden, die jeweils alle verschiedenen Reizbedingungen enthielten. Darüber hinaus war die Reihenfolge von Angst- und Ärgerblöcken über die Versuchspersonen hinweg balanciert, sodass in den entstehenden Abschnitten keine wesentlichen Reihenfolgeeffekte auftreten sollten. Diese Verlaufsanalyse ergab nur im ersten Versuchsabschnitt einen signifikanten Interaktionseffekt von Ausdruck und Blickrichtung (nach obigen Muster). Im Gegensatz dazu lagen die beiden genannten Haupteffekte über den gesamten Versuch hinweg vor und waren gegen Ende der Prozedur besonders ausgeprägt. Gemäß den Überlegungen zu Habituations- und Lerneffekten muss dieser Befund so interpretiert werden, dass der Interaktionseffekt auf affektiven Reaktionen basierte, die mit der Zeit nachließen, wohingegen die Haupteffekte nicht-affektive Wahrnehmungsvorgänge widerspiegeln (genauere Interpretation weiter unten), die von Beginn an vorhanden waren und von Trainingseffekten weiter profitierten. Da der Interaktionseffekt überdies unter besonders erschwerten Bedingungen auftrat, das heißt zu Anfang einer Maskierungsprozedur, kann vermutet werden, dass es sich hierbei um das Ergebnis schneller (möglicherweise automatischer) Reizverarbeitung handelt, die eine Reaktion auf Bedrohung darstellt. Derartige affektive Informationen können in Entscheidungsprozesse einfließen, ohne dass dem Entscheider ihre Herkunft vollständig bewusst wird (Bechara & Damasio, 2005; siehe auch Damasio, 1995).

Zusätzlich wurde die Unterscheidungsleistung aus verschiedenen Versuchsteilen direkt miteinander verglichen. Genauer wurde der erste Abschnitt hinsichtlich der Ausprägung des Interaktionseffektes mit den letzten drei Abschnitten verglichen, die nahezu identische Ergebnisse aufwiesen. Dieser Vergleich erbrachte tendenziell, dass der Interaktionseffekt im ersten Abschnitt stärker ausgeprägt war, und bestätigte somit die vermutete Verarbeitungsänderung im Verlauf der Stimulation. Konsequenterweise hätten an dieser Stelle die Haupteffekte auf einen Anstieg über die Zeit überprüft werden müssen, wie es für nicht-affektive Wahrnehmungseffekte zu erwarten wäre. Die bisherigen Ergebnisse zeigten jedoch bereits ihr Vorliegen über den gesamten Versuch und wiesen auf einen nur leichten Anstieg hin, weshalb diese Analyse wenig aussichtsreich erschien. Wenigstens schienen aber die wachsenden nicht-affektiven Informationen das zunehmende Fehlen der affektiven Informationen im Entscheidungsprozess zu kompensieren, da sich für die Gesamtleistung der Versuchspersonen über den Versuchsablauf keine Veränderung einstellte.

Schließlich wurde der Versuch unternommen, die Form des Interaktionseffekts im ersten Versuchsabschnitt näher zu bestimmen. Dieser Versuch ist spekulativ, da er auf der Annahme beruht, dass sich die Stärke der beiden Haupteffekte im Lauf des Experiments nicht wesentlich änderte. Er besitzt jedoch interessante Implikationen, sodass er an dieser Stelle ebenfalls wiedergegeben werden soll. Die Haupteffekte für Ausdruck (Angst > Ärger) und Blickrichtung (direkt > abgewandt) lagen über den gesamten Versuch vor und nahmen in dessen Verlauf nicht wesentlich zu. Daher kann angenommen werden, dass sich die genaue Ausprägung der Unterscheidungsleistung für die affektiven Reizbedingungen im ersten Abschnitt aus einer Überlagerung des Interaktionseffekts mit diesen Haupteffekten ergab, deren „Beitrag“ zum Mittelwertmuster aus der Ausprägung der Haupteffekte in späteren Abschnitten geschätzt werden kann. Zieht man dementsprechend die Mittelwerte für die Unterscheidungsleistung aus den späteren Abschnitten von denen des ersten Abschnitts ab, ergibt sich ein nahezu symmetrisches Interaktionsmuster. Dieses Muster kann vorsichtig als die Form der affektiven *Modifikation* der nicht-affektiven Reizunterscheidung interpretiert werden und deutet an, dass direkte Ärgerausdrücke und abgewandte Angsausdrücke gleichermaßen zum Interaktionseffekt beigetragen haben. Anders ausgedrückt: Das Mittelwertmuster im ersten Versuchsabschnitt weist Abweichungen von den Haupteffekten im gesamten Experiment auf, die für direkte Ärgerausdrücke und abgewandte Angsausdrücke ungefähr gleich groß sind. Das anfängliche Ergebnis, das nur für die Verarbeitung von Ärgerausdrücken einen Einfluss der Blickrichtung suggeriert, kann also möglicherweise nicht verlässlich interpretiert werden, da es wahrscheinlich auf einer

Überlagerung verschiedener (affektiver und nicht-affektiver) Unterscheidungsvorgänge beruht, die in Teilen des Versuchs gemeinsam vorliegen. Zusammen genommen hat es den Anschein, dass sowohl direkte Ärgerausdrücke als auch abgewandte Angstausrücke schnelle (möglicherweise automatische) Verarbeitungsvorgänge in Gang setzen, die Reaktionen auf verschiedene Bedrohungssignale sein könnten.

Zentrale Bildgebungsergebnisse. Zunächst wurden die Daten des gesamten Hirns über den gesamten Versuch hinweg ausgewertet. Die hierbei anzulegende Fehlerkorrektur (Verhinderung falsch-positiver Ergebnisse) hatte zur Folge, dass lediglich ein Ergebnis signifikant wurde: Direkte Ärgerausdrücke aktivierten den beidseitigen Nucleus caudatus im Vergleich mit direkten neutralen Ausdrücken, die in denselben Blöcken dargeboten worden waren. Der konkret aktivierte Bereich des Nucleus caudatus ist Teil des sogenannten „Ventralen Striatums“, von dem man weiß, dass es bei Lernvorgängen eine Rolle spielt. Genauer handelte es sich dabei um den ventralen Teil des „Kopfes“ des Nucleus caudatus, der Befunden zufolge an der Ermittlung von Belohnungswahrscheinlichkeiten, und demnach auch von Wahrscheinlichkeiten für korrektes Verhalten, beteiligt ist (Yacubian et al., 2007; siehe van der Meer & Redish, 2011, für eine Überblicksarbeit). Zusätzlich können Schäden des Ventralen Striatums die Identifikation von Ärgerausdrücken erschweren (Calder, Keane, Lawrence & Manes, 2004). Die Rolle dieser Hirnregion für die Gesichtererkennung scheint aber nicht auf Ärger beschränkt zu sein, da auch andere affektive Gesichterreize wie beispielsweise traurige Ausdrücke diese aktivieren (Suslow et al., 2010). Demnach ist nicht klar, warum diese Aktivierung nur für direkte Ärgerausdrücke gefunden wurde. Dennoch ist dieser Befund nicht überraschend, da in Experiment III tatsächlich Lernen anhand von affektiven Gesichtern aufgetreten sein sollte, und er kann daher in jedem Fall mit der Durchführung der Signalentdeckung in Verbindung gebracht werden.

Auffällig ist die unterschiedliche Rolle der Kontrollreize für die gefundene Aktivierung. Die neutralen Kontrollreize („Rauschen“ in der Signalentdeckung) für die Bestimmung der Aktivierung durch direkte Ärgerausdrücke bewirkten ein deutliches Absinken der Hirnaktivität, und dieses Absinken konnte für keine weitere Reizkategorie beobachtet werden. Die Kontrollreize für direkte Angstausrücke waren allerdings physikalisch identisch mit denen für die entsprechenden Ärgerausdrücke. Daher kann vermutet werden, dass der genannte Unterschied auf den verschiedenen Signalwirkungen der neutralen Reize in unterschiedlichen Situationen beruhte: Direkte Ärgerausdrücke können einem Betrachter die unmittelbare Bedrohung durch einen Sender anzeigen und neutrale Ausdrücke können in diesem Kontext (in den entsprechenden Blöcken) die Abwesenheit einer

Bedrohung, und somit Sicherheit, signalisieren. Angsausdrücke hingegen können eine Bedrohung durch eine dritte Person oder ein Objekt anzeigen, weshalb ihre Abwesenheit (und die Anwesenheit eines neutralen Ausdrucks) kein vergleichbares Sicherheitssignal sein kann. Die unterschiedliche Relevanz der neutralen Reize scheint sich also in der Caudatus-Aktivierung niedergeschlagen zu haben und könnte so in die Unterscheidungsleistung integriert worden sein. Diese affektiven Informationen könnten sogar aus der Bedrohungsbestimmung durch die Amygdala stammen, da diese neuronale Verbindungen mit dem Nucleus caudatus aufweist (Etkin, Prater, Schatzberg, Menon & Greicius, 2009).

Die Reizunterscheidung stand allerdings nicht im Fokus der neurophysiologischen Untersuchung, weshalb die Beteiligung der Caudati an der Signalentdeckung nicht weiter besprochen werden soll. Der Befund kann jedoch als Beleg dafür gewertet werden, dass die Bildgebung in diesem Experiment plausible Ergebnisse geliefert hat. Das ist nicht unwichtig, da die weiteren berichteten Ergebnisse vergleichsweise schwach ausgeprägt waren und deshalb mit einer gewissen Vorsicht behandelt werden müssen. Schwache Aktivitätsänderungen durch maskierte affektive Gesichter wurden jedoch bereits vorab erwartet. Deshalb wurden die weiteren Analysen anhand der Hirnausschnitte vorgenommen, die speziell auf die linke und die rechte Amygdala zugeschnitten worden waren. Eine gezielte Analyse einzelner Hirnstrukturen kann dazu beitragen, auch geringe Hirnaktivierung zu entdecken. Dies hat jedoch zur Folge, dass im Folgenden nur noch die Aktivierung der Amygdalae durch die affektiven Gesichterreize aufgeführt und diskutiert wird.

Die Bildgebungsdaten aus dem gesamten Experiment wiesen für die Aktivierung der Amygdala weder einen Interaktionseffekt noch Haupteffekte für Ausdruck und Blickrichtung auf. Der fehlende Interaktionseffekt stand zunächst im Widerspruch zu entsprechenden Vorbefunden für die Reaktion der Amygdala auf (überschwellig präsentierte) affektive Ausdrücke (z.B. N'Diaye et al., 2009). Er könnte jedoch dadurch erklärt werden, dass maskierte Reize geringere affektive Reaktionen hervorrufen als offen präsentierte Reize. Andererseits waren aus den Verhaltensdaten bereits Hinweise auf affektive Habituation und perzeptuelles Lernen hervorgegangen. Entsprechend der Analyse der Signalentdeckungsdaten wurden daher auch die Bildgebungsdaten in Abschnitte von jeweils zwei aufeinander folgenden Blöcken unterteilt. Es konnte jedoch nicht einmal im ersten Versuchsabschnitt ein Interaktionseffekt gefunden werden, wie es anhand der Verhaltensdaten zu erwarten gewesen wäre. Dieser Negativbefund könnte somit andeuten, dass bei der schwelennahen Wahrnehmung der affektiven Ausdrücke von Angst und Ärger nicht die gleichen Verarbeitungsvorgänge auftreten wie bei deutlich überschwelliger Wahrnehmung.

Um diesen Befund zu verstehen, wurden zunächst im gesamten Experiment die hirnphysiologischen Reaktionen auf die einzelnen affektiven Reizbedingungen untersucht. Hierbei stellte sich heraus, dass sowohl direkte Ärgerausdrücke als auch direkte Angsausdrücke die Amygdala aktivierten, wohingegen abgewandte Ausdrücke keine signifikante Aktivierung erzielten. Diese Ergebnisse zeigen, dass die affektiven Gesichter trotz der Maskierung wenigstens anteilig verarbeitet worden sind. Die Reaktionen auf Ärgerausdrücke waren allerdings so schwach, dass sie nur durch den Vergleich mit dem Mittel aus allen neutralen Kontrollbedingungen gezeigt werden konnten. Dieses Mittel kann als besonders verlässlich geschätzte Vergleichsbedingung angesehen werden. Ein Haupteffekt für die Blickrichtung (direkt > abgewandt) konnte jedoch nicht gefunden werden, was vermutlich an den räumlich verschiedenen Aktivierungen durch direkte Ärger- und Angsausdrücke innerhalb der Amygdala-Region liegt (siehe auch unten). Die Amygdala ist zwar eine recht kleine, aber dennoch komplexe Struktur, deren Unterregionen an unterschiedlichen Aufgaben beteiligt sein könnten (Amaral, Price, A. & Carmichael, 1992).

Zusätzlich wurde die Aktivierung der Amygdala in der ersten und der zweiten Versuchshälfte getrennt betrachtet. Die zehn Signalentdeckungsblöcke (abwechselnd für Angst- und Ärgerausdrücke) waren nach der ersten Hälfte des Versuchs von der Aufnahme anatomischer Hirnbilder unterbrochen wurden. Solche anatomischen Daten werden benötigt um gefundene Aktivierungen bestimmten Hirnregionen zuordnen zu können. Die Unterteilung in zwei Versuchshälften ermöglichte es überdies, Einflüsse von Habituation und Lernen auf die Hirnaktivierung anhand von zwei maximal großen Datensätzen zu berücksichtigen. Diese Methode wurde der Unterteilung in kleinere Teilabschnitte vorgezogen, da die vorliegende Hirnaktivierung offenbar schwach und schwer zu bestimmen war, und größere Datenmengen die Teststärke für statistische Vergleiche erhöhen.

Diese abschließende Analyse ergab, dass in der ersten Versuchshälfte nur direkte Ärgerausdrücke die Amygdala signifikant aktivierten. Darüber hinaus entsprach der Aktivierungsort recht genau früher berichteten Reaktionen auf maskierte Ärgerausdrücke (Dannowski et al., 2007). Im Gegensatz dazu aktivierten in der zweiten Versuchshälfte nur direkte Angsausdrücke die Amygdala, und diese Aktivierung war tendenziell stärker als im ersten Versuchsteil. Der Ort der Aktivierung entsprach dabei sehr genau Vorbefunden für Reaktionen der Amygdala auf offen präsentierte angstvolle Gesichter (Gamer & Buchel, 2009). Dieser Befund zeigt einerseits, dass einige der affektiven Gesichterreize – direkte Ärgerausdrücke – in einer Weise verarbeitet wurden, die eine schnelle affektive Reaktion auf eine unmittelbare Bedrohung nahelegen. Direkte Ärgerausdrücke aktivierten die Amygdala

unter stark erschwerten Bedingungen, das heißt zu Anfang einer Maskierungsprozedur und somit mutmaßlich vor dem Auftreten wesentlicher Lerneffekte, die zu sich entwickelndem visuellem Bewusstsein beigetragen haben könnten. Andererseits wird aber deutlich, dass dies nicht unbedingt für Ärger und Angst gleichermaßen gilt: Angstausrücke aktivierten die Amygdala erst in späteren Versuchsteilen, das heißt nachdem Lerneffekte auftreten konnten. Dies spricht dafür, dass Angstausrücke unter anderem solche hirnpfysiologischen Reaktionen hervorrufen, die keine schnelle Reaktion auf eine Bedrohung sind. Überdies lagen die Aktivierungsorte für direkte Ärger- und Angstausrücke etwa 9 mm auseinander, was zeigt, dass diese Reize sehr wahrscheinlich von verschiedenen Unterregionen der Amygdala verarbeitet worden sind. Anhand einer höher auflösenden Bildgebungstechnik könnte sich möglicherweise herausstellen, dass direkte Ärgerausrücke das kortikomediale Kerngebiet der Amygdala aktivieren, wohingegen direkte Angstausrücke eher den lateralen Kern der Amygdala aktiviert haben sollten (siehe Boll et al., 2011, für die Verwendung einer solchen Technik und für eine grafische Illustration der amygdalären Unterregionen). Dies ist zudem ein weiterer Hinweis darauf, dass Angst- und Ärgerausrücke unterschiedliche Verarbeitungen bewirkt haben.

Zusammenfassung und Auflösung scheinbarer Widersprüche. Die verhaltensbezogenen und die neurophysiologischen Untersuchungsbefunde erscheinen auf den ersten Blick uneinheitlich. Die Unterscheidungsfähigkeit der Versuchspersonen wies einen Interaktionseffekt von affektivem Ausdruck und begleitender Blickrichtung auf, der in etwa zu gleichen Teilen auf Blickrichtungseinflüssen auf die Verarbeitung von Ärger- und Angstausrücken zu beruhen scheint. Dieser Effekt lag zu Anfang der Maskierungsprozedur vor und nahm recht schnell ab, und er sollte demnach affektive Informationsverarbeitung repräsentieren. Haupteffekte für Ausdruck und Blickrichtung lagen über den gesamten Versuch vor und nahmen mit der Zeit leicht zu, weshalb sie vermutlich nicht-affektive Wahrnehmungsvorgänge repräsentieren. Dieses Ergebnismuster legt nahe, dass die Rückwärtsmaskierung affektive und nicht-affektive Verarbeitung in Teilen voneinander trennen konnte, und dass der nur anfänglich vorliegende Verarbeitungsanteil schnelle und unwillkürlich auftretende Reaktionen widerspiegelt. Die Verhaltensdaten sprechen somit zunächst dafür, dass der Verarbeitungsvorteil von direkten Ärger- und abgewandten Angstausrücken, den frühere Studien für überschwellige Wahrnehmung gefunden haben, tatsächlich auf der besonderen Bedrohlichkeit dieser Reize beruht.

Die neurophysiologisch bestimmte Reaktion der Amygdala wies jedoch zu keinem Zeitpunkt einen Interaktionseffekt von Ausdruck und Blickrichtung auf die Verarbeitung

affektiver Gesichterreize auf. Vielmehr aktivierten direkte Ärgerausdrücke die Amygdala in der ersten Versuchshälfte, wohingegen direkte Angstausrücke eine solche Aktivierung in der zweiten Versuchshälfte bewirkten. Darüber hinaus lagen die genauen Aktivierungsorte innerhalb der Amygdala so weit auseinander, dass vermutlich unterschiedliche Unterregionen an der jeweiligen Verarbeitung beteiligt waren. Diese Ergebnisse sprechen für eine sehr unterschiedliche Verarbeitung von möglichen Bedrohungssignalen in ärgerlichen und angstvollen Gesichtern in der Nähe der zeitlichen Bewusstseinschwelle. Drei Fragen erwachsen aus dieser scheinbar widersprüchlichen Befundlage: (1) Von welchen Hirnstrukturen außer der Amygdala könnten schnelle affektive Reaktionen auf abgewandte Angstausrücke vermittelt worden sein, die aus den Verhaltensdaten möglicherweise ersichtlich sind? (2) Wieso reagierte die Amygdala erst dann auf Angstausrücke, also ein gewisses Maß an perzeptuellem Lernen stattgefunden haben konnte? (3) Wieso reagierte die Amygdala nicht auf abgewandte Angstausrücke, wie es die bisherigen Studien zur perzeptuellen Integration von Ausdruck und Blickrichtung gefunden haben? Überdies entsteht eine weitere Frage aus den Verhaltensdaten: (4) Wieso liegt ein grundlegender Unterscheidungsvorteil für Angstausrücke vor, obwohl Ärgerausdrücke aus der Bedrohungsperspektive (direkte vs. indirekte Bedrohung) die relevanteren Reize darstellen sollten? Für die ersten beiden Fragen soll unmittelbar der Versuch eine Beantwortung unternommen werden. Die weiteren Fragen betreffen vermutlich eher methodische Aspekte der Untersuchung. Ihnen wird daher im nachfolgenden Abschnitt nachgegangen, der sich den Problemen der Untersuchung und ihren möglichen Lösungen widmet.

Zu (1): Die Verhaltensdaten legen nahe, dass abgewandte Angstausrücke besser von entsprechenden neutralen Ausdrücken unterschieden werden konnten, als es die nicht-affektiv geprägte Verarbeitung (geschätzt anhand der Haupteffekte in späteren Versuchsteilen) vorhersagen würde. Dies ist ein spekulativer Befund. Dennoch stellt sich die Frage, von welchen Hirnstrukturen schnelle Reaktionen auf diese Ausdrücke vermittelt worden sein könnten, die dieser Unterscheidungsleistung möglicherweise zu Grunde lagen. Die Amygdala ist von abgewandten Angstausrücken nicht aktiviert worden.

Für die Verarbeitung von Gesichterinformationen existiert im menschlichen Hirn jedoch ein komplexes und verteiltes Netzwerk von Arealen, die mit unterschiedlichen Aufgaben in Verbindung gebracht werden (Ishai, 2008). Beispielsweise scheint dem fusiformen Gesichtsareal (FG) eher die Verarbeitung von festen Gesichtsmerkmalen (z.B. der Identität von Personen) zuzukommen, während der superiore temporale Sulcus (STS) mit der Verarbeitung von variablen Merkmalen (z.B. biologisch relevanter Bewegung) assoziiert ist

(Haxby, Hoffman & Gobbini, 2000). Insbesondere wird der STS durch die Verarbeitung von Blickrichtung (Hoffman & Haxby, 2000) und affektiven Gesichtsausdrücken (Engell & Haxby, 2007) aktiviert. Der STS könnte also in Experiment III die Reaktionen auf abgewandte Angsausdrücke in anfänglichen Versuchabschnitten vermittelt haben. Leider überstieg die Aktivierung dieser Region nicht die Signifikanzschwelle, die sich aus der Testkorrektur für die Untersuchung des gesamten Hirns ergab. Dennoch unterstützt eine mögliche Beteiligung des STS den Gedanken, dass schnelle, möglicherweise automatische, Reaktionen auf Angsausdrücke von einer anderen Struktur als der Amygdala vermittelt worden sein könnten.

Zu (2): Die amygdalären Reaktionen auf direkte Angsausdrücke nahmen mit der Zeit zu: Sie konnten erst in der zweiten Versuchshälfte statistisch signifikant beobachtet werden. In dieser Phase sollte sowohl affektive Habituation als auch perzeptuelles Lernen bereits in gewissem Maße stattgefunden haben. Die Verhaltensdaten legen sogar nahe, dass affektive Reaktionen auf die Gesichterreize hier bereits vollständig habituiert waren. Es muss daher vermutet werden, dass es sich bei dieser Aktivierung der Amygdala nicht um genuin affektive Verarbeitung gehandelt hat, sondern um Reaktionen *auf* affektiv motiviertes Verhalten. Es hat zwar den Anschein, dass (abgewandte) Angsausdrücke schnelle Reaktionen hervorrufen, die sich in wenig bewusster Weise in Entscheidungsverhalten niederschlagen können (siehe 1). Die in Experiment III beobachteten amygdalären Reaktionen auf Angsausdrücke sind jedoch aufgrund ihrer zeitlichen Dynamik eher in den Bereich der aufmerksamkeitsbasierten Informationsverarbeitung einzuordnen.

In der jüngeren Literatur hat sich neben der Bedrohungsermittlung eine weitere wesentliche Rolle der Amygdala für die Verarbeitung von Gesichterreizen etabliert: Sie vermittelt offenbar die eher reflexhafte Aufmerksamkeitsverschiebung eines Betrachters auf die Augenregion eines Senders von Gesichterinformationen (siehe Adolphs, 2008 für einen jüngere Überblicksarbeit zur funktionalen Rolle der Amygdala). Konkret verstärken angstvolle (und überraschte) Ausdrücke eine Orientierungsreaktion des Betrachters in Richtung der Augenregion von Gesichtern (Bayless, Glover, Taylor & Itier, 2011), und diese Blickorientierung kann anhand der Aktivierung der Amygdala vorhergesagt werden (Gamer & Buchel, 2009). Eine solche Verschiebung des Aufmerksamkeitsfokus dient vermutlich der genaueren Analyse von Augenregionen, die unterschiedlichste Informationsarten enthalten können (siehe Teil 2), wie beispielsweise Ausdrücke affektiver Zustände (ärgerliche, angstvolle Augen), Echtheitsmerkmale solcher Ausdrücke (Duchène-Fältschen, Tränen) oder die Ortsangabe relevanter Umweltaspekte (Blickrichtung). Es kann somit spekuliert werden,

dass im Fall von Angsausdrücken auch die Ortsbestimmung einer möglichen Gefahrenquelle durch diesen Effekt begünstigt wird. Zumindest fällt die von Kameras gemessene Blickorientierung auf affektive veränderte Augenregionen für Angsausdrücke am stärksten aus (im Vergleich mit Ärger und Freude; Gamer & Buchel, 2009).

Während einige Autoren auf die Reflexhaftigkeit dieser Fokusänderung hinweisen (Gamer & Buchel, 2009), gibt es andererseits Hinweise darauf, dass die amygdaläre Aktivierung durch Angsausdrücke eher auf ihrer bewussten Verarbeitung beruht (Pessoa, Japee, Sturman & Ungerleider, 2006). Dies steht im Widerspruch zu einigen früheren Arbeiten, die Reaktionen der Amygdala auf unbewusst verarbeitete Angsausdrücke berichteten (z.B. Morris, Ohman & Dolan, 1998, Whalen et al., 1998). Die Methodologie zur Herstellung und Überprüfung unbewusster Verarbeitung hat sich jedoch seitdem deutlich weiter entwickelt (z.B. Lovibond & Shanks, 2002). Der Begriff der Reflexhaftigkeit von Blickorientierung sollte also eher als ein Hinweis auf die Verlässlichkeit dieser Reaktionen und nicht so sehr als das Postulat unbewusster Informationsverarbeitung verstanden werden. Genauso sprechen die für Experiment III berichteten Ergebnisse dafür, dass amygdaläre Reaktionen auf maskierte Angsausdrücke eines gewissen Maßes an perzeptuellem Training bedürfen. Darüber hinaus entsprachen die konkreten Aktivierungsorte sehr genau solchen amygdalären Reaktionen, die als Blickorientierung auf angstvolle Augenregionen identifiziert werden konnten (Gamer & Buchel, 2009).

Somit kann für die Amygdala zwar weiterhin eine zentrale Rolle in der schnellen und verlässlichen Entdeckung relevanter (z.B. bedrohlicher) Reize angenommen werden, sowie in der nachfolgenden Modulation komplexerer Verarbeitung und Verhaltensvorbereitung; amygdaläre Reaktionen auf Angsausdrücke sind jedoch aufmerksamkeitsbasiert, oder beruhen wenigstens auf einer solchen zielgerichteten Verarbeitung, die längere Darbietungszeiten erfordert (Anderson et al., 2003; siehe auch Adolphs, 2008). Diese Sichtweise entspricht den Befunden von Experiment III: Der Verarbeitungsvorteil direkter Ärgerausdrücke lässt sich als eine schnelle Reaktion auf direkte Bedrohung interpretieren, die trotz einer anfänglich effektiven Maskierungsprozedur auftritt und von der Amygdala vermittelt wird. Schnelle Reaktionen auf abgewandte Angsausdrücke könnten ebenfalls auftreten, werden jedoch offenbar nicht von der Amygdala vermittelt. Möglicherweise handelt es sich hierbei also nicht um Reaktionen auf die Bedrohlichkeit der Reize. Amygdaläre Reaktionen auf Angsausdrücke schließlich sind erst im späteren Verlauf einer Maskierungsprozedur zu beobachten und stellen daher vermutlich auf Aufmerksamkeit basierende Verarbeitung dar.

Auch in der Nähe der zeitlichen Bewusstseinschwelle sind also verhaltensbezogene und hirnhysiologische Verarbeitungsvorteile bestimmter affektiver Ausdrücke zu beobachten. Insgesamt besitzen die in Experiment III beobachteten Reaktionen auf die affektive Stimulation jedoch offenbar keine einheitliche anatomische und funktionale Basis. Insbesondere legen die Ergebnisse nahe, dass sich der für überschwellige Wahrnehmung gefundene Interaktionseffekt von Ausdruck und Blickrichtung auf die Aktivierung der Amygdala (z.B. N'Diaye et al., 2009) aus einer zeitlichen und räumlichen Überlagerung unterschiedlicher Reaktionen ergibt: Ärger- und Angstausdrücke aktivierten die Amygdala in unterschiedlichen Versuchsteilen und in verschiedenen anatomischen Unterregionen. Ein Interaktionseffekt könnte sich dann ergeben, wenn Reaktionen auf (direkte) Ärgerausdrücke und (abgewandte) Angstausdrücke aufgrund fehlender Maskierung zeitlich zusammentreffen, und wenn die BOLD-Reaktionen der aktivierten Teilgebiete der Amygdala in benachbartes Gewebe ausstrahlen und sich somit ein scheinbar aktivierter Überlappungsbereich ergibt.

Probleme der Untersuchung und mögliche Lösungen. Zunächst sollen nun die weiteren Fragen berücksichtigt werden, die sich unmittelbar aus der Darstellung der Ergebnisse ergaben. Anschließend werden weitere Probleme aufgegriffen, die eine Interpretation der Ergebnisse zusätzlich erschweren.

Zu (3): Aufgrund der bisherigen Befundlage war eine etwaige Aktivierung der Amygdala in stärkeren Ausmaß durch abgewandte als durch direkte Angstausdrücke erwartet worden. In den vorliegenden Daten konnten allerdings nur amygdaläre Reaktionen auf direkte Angstausdrücke gefunden werden. Es ist nicht zu vermuten, dass dieser Befund auf der größeren Bedrohlichkeit direkter Angstausdrücke in Experiment III beruht, da abgewandte Angstausdrücke mit höherer Wahrscheinlichkeit auf eine Bedrohung in einer gemeinsamen Umgebung hinweisen sollten. Vielmehr könnten hierbei figurale Reizmerkmale eine wesentliche Rolle gespielt haben.

Die Blickrichtungsmanipulation war anhand der Kopforientierung der Gesichterreize vorgenommen worden. Diese Methode wurde im Zuge der Planung als ein Validitätsvorteil der Reize gesehen, da eine frontale Kopforientierung mit dauerhaft abgewandtem Blick in realistischen Situationen kaum vorkommen sollten. Es ist jedoch bekannt, dass eine Blickrichtungsänderung zunächst mit einer Augenbewegung beginnt, auf die erst nach ca. 200 ms eine kompensierende Kopfdrehung erfolgt (Corneil, 2011). Für sehr kurz gezeigte Reize sollte also eine frontale Kopforientierung mit abgewandtem Blick durchaus ein valides Signal für einen seitlich verlagerten Aufmerksamkeitsfokus darstellen. Darüber hinaus könnte die Signalwirkung solcher Reize dadurch weiter verstärkt werden, dass sie eine große zeitliche

Nähe zum auslösenden Ereignis suggerieren: Der Betrachtungszeitpunkt sollte weniger als 200 ms nach diesem Ereignis liegen. Zusätzlich reduziert die abgewandte Kopforientierung die für den Betrachter sichtbare Gesichtsfläche, und schränkt dadurch die Verarbeitung derart abgewandter Ausdrücke grundsätzlich ein. Abgewandte Blickrichtung führt in abgewandten Gesichtern zu deutlich geringeren Detektionsleistungen (und längeren Reaktionszeiten) als in direkt orientiert Gesichtern (Conty, Tijus, Hugueville, Coelho & George, 2006).

Die Blickrichtungsmanipulation anhand der Kopforientierung vorzunehmen, scheint demnach keine günstige Wahl gewesen zu sein. Hieraus entstehende Verarbeitungsnachteile könnten sich sowohl in der Unterscheidungsleistung als auch in der Hirnaktivierung durch die Gesichterreize niedergeschlagen haben. Allein der letztgenannte Befund könnte für sich genommen den durchgängigen Haupteffekt für die Blickrichtung (direkt > abgewandt) in den Verhaltensdaten erklären. Da die Kopforientierung sowohl für Ärger- als auch für Angstausrücke variiert wurde, ist der übergreifende Effekt der Blickrichtung auf die Unterscheidungsleistung leicht nachvollziehbar. Während hierdurch jedoch im Verhalten der Versuchspersonen hilfreiche Hinweise auf nicht-affektive Verarbeitungsanteile vorlagen, könnte die erschwerte Erkennung abgewandter Angstausrücke eine signifikante amygdaläre Aktivierung in der zweiten Versuchshälfte verhindert haben. Eine Blickrichtungsmanipulation bei frontaler Kopforientierung (vgl. Hadjikhani, Hoge, Snyder & de Gelder, 2008) könnte dazu beitragen, den eigentlichen Interaktionseffekt von Ausdruck und Blickrichtung über den Verlauf einer Maskierungsprozedur zu dissoziieren: So könnten abgewandte Angstausrücke die Amygdala in späteren Versuchsteilen stärker aktivieren als direkte Angstausrücke.

Zusätzlich könnte vermutet werden, dass die spezielle Blickmanipulation eine signifikante Amygdala-Aktivierung durch abgewandte Angstausrücke auch in der ersten Versuchshälfte herhindert hat. Hiergegen spricht jedoch, dass sowohl direkte Ärgerausdrücke als auch abgewandte Angstausrücke zum Interaktionseffekt in den Verhaltensdaten beigetragen zu haben scheinen. Demnach sollte die Aktivierung einer Hirnstruktur vorgelegen haben, die stark genug war, um Verhaltenseffekte der Stimulation zu vermitteln. Es ist zu vermuten, dass eine entsprechende Aktivierung der Amygdala detektiert worden wäre, wenn sie vorgelegen hätte.

Zu (4): Neben dem Haupteffekt für die Blickrichtung wiesen die Verhaltensdaten über das gesamte Experiment hinweg einen Haupteffekt für den affektiven Ausdruck (Angst > Ärger) auf. Aufgrund der mutmaßlichen Bedrohlichkeit der Reize hätte der Haupteffekt jedoch eher in der umgekehrten Richtung (Ärger > Angst) erwartet werden müssen. Es liegt

also nahe, dass auch in diesem Fall figurale Reizmerkmal einen Effekt auf die Unterscheidungsleistung gehabt haben.

Das auffälligste Merkmal angstvoller Gesichter sind offenbar die weit geöffneten Augen, die einen vergleichsweise großen Teil der hellen Sklera präsentieren (siehe Teil 2; dort Abbildung 1). Allein aufgrund seiner Farbgebung hebt sich dieses Merkmal deutlich vom übrigen Gesicht ab und sollte zur leichten Unterscheidung der ängstlichen von den meisten weiteren affektiven (einschließlich neutralen) Ausdrücken führen. Im Gegensatz dazu besitzen Ärgerausdrücke kein so leicht zu entdeckendes spezifisches Merkmal: Die Augen von ärgerlichen Gesichtern sind zwar weitgehend diagnostisch für diese, allerdings sind sie gegenüber neutralen Gesichtern weiter geschlossen. Sie stellen vergleichsweise kleine und dunkle Bereiche in Gesichtern dar und sollten nicht in jeder Situation gut zu entdecken sein. Der Mund von Ärgerausdrücken hingegen ist dann gut zu erkennen, wenn er geöffnet ist und (helle) Zähne erkennen lässt. Dieses Merkmal unterscheidet sich jedoch nicht unbedingt deutlich von der Mundregion von Angstausrücken, und könnte somit ebenfalls nicht wesentlich dazu beitragen, eine gesteigerte Entdeckung von ängstlichen unter neutralen Ausdrücken auszugleichen. Zusammen mit der Maskierungsprozedur, die hervorspringende Merkmale in ihrer Berücksichtigung vermutlich weiter begünstigt, könnten allein die unterschiedlichen Augenregionen den Haupteffekt für affektiven Ausdruck auf die Unterscheidungsleistung erklären.

Zusätzlich wurde kurz vor der visuellen Stimulation ein Fixationskreuz dargeboten, das den anfänglichen Blickfokus der Versuchspersonen auf einen definierten Ort festlegen sollte. Diese Maßnahme wurde ergriffen, um zusätzliche Varianz in den Ergebnissen zu verhindern, die aus unterschiedlichen Zeiten für die Blickorientierung auf die wesentlichen Reizmerkmale hätte resultieren können. Das Kreuz wurde hierbei so platziert, dass es sich genau zwischen den Orten der später erscheinenden Augen befand. Diese Fixation wurde ursprünglich gewählt, da die Augenregion für die meisten affektiven Ausdrücke den höchsten diagnostischen Wert besitzen (Adolphs, 2008). Nachträglich erscheint es hingegen so, als dass diese Wahl die bessere Erkennbarkeit von Angstausrücken weiter begünstigt, bzw. die geringere Erkennbarkeit von Ärgerausdrücken weiter erschwert hat. Die Maskierung mag überdies dazu beigetragen haben, dass für die Unterscheidung der Ausdrücke nicht wesentlich mehr als die Augenregion berücksichtigt werden konnte.

In künftigen Untersuchungen könnte die Fixation weiter in Richtung der Mundregion verschoben werden. Dies könnte die Dominanz von angstvollen Augenregionen reduzieren und die Erkennbarkeit von Ärgerausdrücken begünstigen, indem eine mehr ganzheitliche

Verarbeitung der Gesichterreize entsteht. Darüber hinaus kann so die Aktivierung der Amygdala durch Angstausdrücke gesteigert werden, da der Aufwand für eine Blickorientierung auf die Augenregion entsprechend ansteigt (Gamer & Buchel, 2009).

Insgesamt könnte eine Abschwächung der Haupteffekte für Ausdruck und Blickrichtung durch die genannten methodischen Anpassungen dazu dienen, die schnelle und unwillkürliche Aktivierung der Amygdala durch Angstausdrücke mit größerer Sicherheit auszuschließen, als es in Experiment III möglich war. Darüber hinaus könnte die genaue Form des verhaltensbezogenen Interaktionseffektes eindeutiger bestimmt werden, wenn in anfänglichen Versuchsphasen keine starken Haupteffekte für Ausdruck und Blickrichtung vorlägen. Bis dahin muss es als Spekulation betrachtet werden, dass die nicht-affektive Reizunterscheidung zu Anfang des Experiments durch einen Interaktionseffekt moduliert wurde, der auf Blickrichtungseinflüssen sowohl auf die Wahrnehmung von Ärger- als auch Angstausdrücken beruhte.

Zusätzlich zu den bereits diskutierten Problemen besaß das Experiment wenigstens zwei weitere Nachteile, welche die Ergebnisse und ihre Interpretation beeinträchtigt haben könnten, und die in künftigen Experimenten durch einfache methodische Veränderungen umgangen werden können.

Erstens waren einige Wochen zuvor Vortests der schwelennahen Unterscheidung affektiver Gesichter durchgeführt worden, in denen die gleichen Reize verwendet wurden wie in der Hauptuntersuchung (Experiment III). Der zeitliche Abstand sollte den Übertrag von Habituations- und Lerneffekten auf die zweite Untersuchungssituation verhindern. Diese Vortests dienten einerseits dazu, Versuchspersonen auszuschließen, die eine zu geringe oder eine zu hohe Unterscheidungsleistung aufwiesen. Auf diese Weise sollten Bodenbeziehungsweise Deckeneffekte verhindert und unterschiedliche Leistungen für die verschiedenen affektiven Kategorien begünstigt werden. Andererseits wurden die Versuchspersonen so mit der Signalentdeckung und der Maskierung vertraut gemacht, um während der (aufwändigen) neurophysiologischen Untersuchung anfängliche Schwierigkeiten zu vermeiden und ein möglichst konstantes Verhalten zu erzielen. Darüber hinaus fand unmittelbar vor Beginn der Bildgebung ein kurzes Reaktionstraining statt, um eine Gewöhnung an die veränderten Eingabegeräte und eine Erinnerung an die experimentelle Prozedur zu ermöglichen. In diesem Zuge wurden ebenfalls affektive Gesichter präsentiert, auch wenn diese einer anderen Datenbank entnommen wurden.

Trotz der genannten Vorsichtsmaßnahmen kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich Effekte der vorausgegangen wiederholten Darbietung affektiver Gesichter auf die

affektiven und nicht-affektiven Verarbeitungsvorgänge der Versuchspersonen in Experiment III übertragen haben. Es muss befürchtet werden, dass die anfänglichen affektiven Reaktionen bereits durch vorausgegangene Habituation verringert worden waren. Die Aktivierung der Amygdala durch direkte Ärgerausdrücke war so schwach, dass kein Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Versuchshälfte gezeigt werden konnte. Darüber hinaus konnte eine Differenzierung der affektiven Reizkategorien durch die Unterscheidungsleistung bereits vor Ende der ersten Versuchshälfte nicht mehr gefunden werden. Genauso ist zu befürchten, dass nicht-affektive Wahrnehmungsvorgänge durch vorausgegangenes Lernen begünstigt worden waren. Die Aktivierung der Amygdala durch Angstausrücke in der zweiten Versuchshälfte war tendenziell stärker als in der ersten. Zusätzlich war sie betragsmäßig stärker als die Aktivierung durch Ärgerausdrücke in der ersten Versuchshälfte, und somit als die Aktivierung durch affektive Verarbeitung. Darüber hinaus konnten bereits zu Anfang des Experiments Haupteffekte für Ausdruck und Blick gefunden werden, die sich anhand späterer Versuchabschnitte als nicht-affektive Verarbeitungsmerkmale herausstellten.

Insgesamt haben Vortest und Training die Verarbeitungsweise der Versuchspersonen vermutlich in Richtung nicht-affektiver Wahrnehmung verschoben und so dazu beigetragen, dass die affektiven Verarbeitungsanteile schwerer bestimmt und weniger eindeutig interpretiert werden konnten. Vortests zur Reizunterscheidung erschienen dennoch sinnvoll, genau wie die Gewöhnung der Versuchspersonen an die experimentelle Prozedur. Allerdings könnten solche Maßnahmen in künftigen Experimenten anhand von anderen affektiven Gesichtern vorgenommen werden, oder sogar anhand von völlig anderen visuellen Reizen. Beispielsweise können Bilder von Häusern sehr ähnliche figurale Merkmale wie Gesichter aufweisen, weshalb sie bisweilen als Kontrollreize in Bildgebungsuntersuchungen zur Gesichtsverarbeitung verwendet werden (Summerfield, Egner, Mangels & Hirsch, 2006). Anhand von Häuserbildern könnten sowohl valide Vortests schwellennaher Verarbeitung also auch Reaktionstrainings vorgenommen werden, ohne Übertragseffekte der wiederholten Präexposition bestimmter Reize oder ihrer gemeinsamen Merkmale (z.B. ihres affektiven „Gehalts“) befürchten zu müssen.

Zusätzlich könnten zur Verstärkung der affektiven Reaktionen auf Gesichtsausdrücke, beziehungsweise ihrer hirnhysiologischen und verhaltensmäßigen Indikatoren, diejenigen Maßnahmen ergriffen werden, die bereits im Kontext von Experiment II diskutiert wurden. Ein Ziel von Experiment III war jedoch gerade die Unterscheidung von affektiven und nicht-affektiven Reaktionen anhand ihrer Veränderungen über den Versuchsablauf. Daher erscheinen diejenigen methodischen Erwägungen, die vornehmlich auf eine Verlängerung

affektiver Reaktivität (Verlangsamung von Habituation) abzielen, an dieser Stelle nicht angemessen. Allerdings könnten sich solche Veränderungen der Methode als hilfreich erweisen, die eine Verstärkung der anfänglichen affektiven Reaktionen bewirken sollten: die verbesserte Auswahl affektiver Gesichter anhand ausführlicher Voruntersuchungen und die Errichten von bedrohungsförderlichen Kontexten. Hinsichtlich der Schreckreaktion wurde zudem die Vorhersagbarkeit der Stimulation als relevante Variable diskutiert. Diese kann jedoch im Rahmen einer Maskierungsprozedur vermutlich nicht wesentlich reduziert werden: Zur Vermeidung von Störvarianz sollte stets ein vorausgehendes Fixationskreuz präsentiert werden (siehe oben), das die maskierten visuellen Reize verlässlich ankündigt. Überdies gilt vermutlich auch im Fall schwelennaher Verarbeitung, dass die Stimulation anhand von affektiven Ausdrücken in der Regel schwache Effekte zur Folge haben wird.

Zweitens waren die zehn Signalentdeckungsblöcke nach der Hälfte durch die Aufnahme der anatomischen Hirnbilder unterbrochen worden. Zur Analyse von Habituations- und Lerneffekten wurden aber unter anderem jeweils zwei dieser Blöcke zu einem Versuchsabschnitt zusammengefasst. Somit lag zwischen den beiden Blöcken des dritten Abschnitts eine Pause, in der die Versuchspersonen sich von der Prozedur erholen konnten und lediglich still liegen mussten. Mit dieser Pause waren vermutlich die unterschiedlichsten mentalen Vorgänge verbunden, die sich unvorhersehbar auf den nachfolgenden Block auswirken konnten. Darüber hinaus traten in dieser Pause verstärkt Bewegungsartefakte in den hirnhysiologischen Daten auf. Die Ergebnisse des dritten Versuchsabschnitts waren daher nicht unbedingt mit der gleichen Verlässlichkeit interpretierbar wie die der übrigen Abschnitte.

Hieraus entstand letztlich kein wesentliches Problem, da in der Verhaltensanalyse die Abschnitte 3–5 aufgrund ihrer sehr ähnlichen Datenlage zusammengefasst wurden, und in der neurophysiologischen Analyse vorrangig die beiden übergreifenden Versuchshälften miteinander verglichen wurden. Dennoch bietet es sich an, diesen konkreten Versuchablauf in Folgeuntersuchungen nicht zu wiederholen. Da die Signalentdeckung anhand von maskierten Reizen allerdings vergleichsweise anstrengend ist (informelle Beobachtungen), erscheint eine Pause bei einer Versuchszeit von ungefähr einer Stunde unerlässlich. Der Versuchablauf sollte in künftigen Untersuchungen nur so geplant werden, dass eine Pause nicht innerhalb eines geschlossen auszuwertenden Abschnittes liegt. In Experiment III hätte die Stimulation beispielsweise so angeordnet werden können, dass vor und nach der Pause jeweils gerade Anzahlen von Blöcken gelegen hätten. So hätten sämtliche Abschnitte vollständig vor oder nach der Pause stattgefunden und wären besser untereinander vergleichbar gewesen.

Fazit und Ausblick. Das dritte Experiment hat einerseits gezeigt, dass verhaltensbezogene Verarbeitungsvorteile von direkten gegenüber abgewandten Ärgerausdrücken auch unter erschwerten Wahrnehmungsbedingungen (kurze Darbietung, Maskierung) vorliegen, die vermutlich die visuelle Bewusstheit der Reize reduzierten. Darüber hinaus liegen Hinweise vor, dass dies genauso für abgewandte gegenüber direkten Angstausrücken gilt. Das Aktivierungsmuster der Amygdala lässt allerdings vermuten, dass nur der Entdeckungsvorteil direkter Ärgerausdrücke durch ihre besondere Bedrohlichkeit vermittelt wurde: Abgewandte Angstausrücken aktivierten die Amygdala zu keinem Versuchszeitpunkt. Die amygdaläre Rolle in der Bedrohungsbestimmung wird unter anderem durch Befunde gestärkt, dass Bilder von phobischen Reizen (Schlangen und Spinnen) in entsprechend phobischen Personen sehr ähnliche Bereiche der Amygdala aktivieren, wie es direkte Ärgerausdrücke in Experiment III taten (Dilger et al., 2003; Carlsson et al., 2004).

Abgewandte Angstausrücken hingegen sind aufgrund ihrer hervorspringenden Augenregionen zunächst starke Hinweise auf bedeutsame Reize in einer gemeinsamen Umgebung. Sie könnten ähnlich schnell und verlässlich vom superioren temporalen Sulcus verarbeitet worden sein, wie direkte Ärgerausdrücke durch die Amygdala. Ob es sich dabei jedoch um genuin affektive Reaktionen handelt, bleibt zunächst unklar. Aus einer funktionalen Perspektive heraus können alle diejenigen stabilen Verhaltensmuster als affektive Reaktionen (Emotionen) betrachtet werden, die sich aufgrund wiederkehrender Herausforderungen über die Phylogenese eines Organismus herausgebildet haben (vgl. Tooby & Cosmides, 1990). Andererseits könnte man fordern, dass mit einer affektiven Reaktion auch ein verändertes Erleben einhergehen muss. Wenigstens entspricht diese Forderung der Alltagsbeobachtung, dass Emotionen von einer spezifischen phänomenalen Qualität begleitet werden (siehe aber Scherer, K. R., 2009, für eine ausführlichere Diskussion des Zusammenwirkens affektiver Komponenten). Während jedoch die wahrgenommene Blickrichtung einen Einfluss auf die Bedrohlichkeit von Ärgerausdrücken hat, muss dies für Angstausrücken offenbar nicht der Fall sein (Boll et al., 2011). Abgewandte Angstausrücken könnten sich natürlich durch andere gesteigerte Qualitäten gegenüber direkten Angstausrücken auszeichnen (z.B. ein Gefühl der Zurückweisung; Hess et al., 2007). Dabei müsste sich jedoch auch theoretisch begründen lassen, weshalb die ausgelösten Emotionen die schnelle Entdeckung der entsprechenden Gesichterreize begünstigen sollten. Eine andere Möglichkeit wäre, dass es sich bei schnellen Reaktionen auf abgewandte Angstausrücken eher um das Ergebnis sensorischer als affektiver Informationsverarbeitung handelt.

Andererseits hat das Experiment gezeigt, dass Reaktionen der Amygdala auf Ärger- und Angsausdrücke auf sehr unterschiedlichen funktionalen Hintergründen beruhen: Sie erfolgten in zeitlich verschiedenen Versuchsteilen und traten vermutlich auch in unterschiedlichen neuronalen Kerngebieten auf. Amygdaläre Reaktionen auf Angsausdrücke werden mit der Blickorientierung von Betrachtern auf die gezeigten Augenregionen verbunden, und solche Orientierungsreaktionen aktivieren sehr ähnliche Bereiche der Amygdala, wie es die Angsausdrücke in Experiment III taten (Gamer & Buchel, 2009).

Haupteffekte von affektivem Ausdruck und begleitender Blickrichtung wiesen auf verschiedene methodologische Probleme hin. Diese könnten unter anderem die (langsamere, aufmerksamkeitsbasierte) Aktivierung der Amygdala durch abgewandte Angsausdrücke im zweiten Versuchsteil erschwert haben. Darüber hinaus könnten sie es verhindert haben, die Hirnstrukturen zu bestimmen, die für eine mutmaßlich bevorzugte Verarbeitung der abgewandten (gegenüber direkten) Angsausdrücke im ersten Versuchsteil ursächlich waren. Experiment III sollte also unter Berücksichtigung der genannten methodischen Korrekturen wiederholt werden. So könnte sich bestätigen lassen, dass im schwellennahen Bereich der bislang für überschwellige Wahrnehmung berichtete Interaktionseffekt auf die Aktivierung der Amygdala in zwei Anteile zerfällt: die schnelle Reaktion auf Bedrohung durch direkte Ärgerausdrücke und die langsamere Reaktion auf soziale Hinweisreize in abgewandten angstvollen Augenregionen.

d) Übergreifende Diskussion der Projektergebnisse

Die Grundfragestellung des Projekts war, ob Effekte der perzeptuellen Integration von affektivem Ausdruck und begleitender Blickrichtung im Fall unterschiedlich orientierter Ausdrücke von Ärger und Angst durch die Bedrohlichkeit dieser Reize vermittelt werden. Zu ihrer Klärung wurde diese Frage in drei Teilfragestellungen aufgegliedert, und es wurden drei Experimente entworfen, die diese beantworten sollten.

Teilfragestellung I: Lässt sich ein objektiveres Maß von Bedrohlichkeit finden als die selbstberichteten affektiven Reaktionen von Versuchspersonen?

Experiment I untersuchte die Schreckreaktionen, die während der Betrachtung von Bildern unterschiedlichen affektiven „Gehalts“ ausgelöst wurden. Erwartungsgemäß wurden diese nur durch solche Reize gesteigert, die eine Bedrohung der körperlichen Integrität des Betrachters darstellen können. Teilfragestellung I kann also positiv beantwortet werden: Mit der Steigerung der (peripherphysiologisch gemessenen) Schreckreaktion gibt es ein

vergleichsweise objektives Maß für die Bedrohtheit von Personen, und somit für die Bedrohlichkeit von Reizen. Dieses Maß kann somit auch auf die unterschiedlich orientierten Ausdrücke von Ärger und Angst angewendet werden.

Zusätzlich zeigte sich jedoch, dass nicht nur Angst die Schreckreaktion steigert, sondern offenbar auch Ekel. Dieser Befund wurde zum Anlass genommen, ein erweitertes Bedrohungskonzept zu formulieren, das sowohl klassische Bedrohungen von „außen“ (Bisse, Stiche, Knochenbrüche etc.) als auch ekelbezogene Bedrohungen von „innen“ (Vergiftungen, Infektionen) berücksichtigt. Beide Kategorien umfassen Reize, die mitunter durch schnelle motorische Reaktionen vermieden werden müssen. Steigerungen von schützenden Reflexen wie der Schreckreaktion sind daher plausible Folgen. In jedem Fall war aus den Ergebnissen ersichtlich, dass sich die Valenz (Angenehmheit) der Reize nicht auf die Schreckreaktionen ausgewirkt haben konnte. Vielmehr wurde deutlich, dass etwaige Valenzeffekte auf den latent ausgelösten Emotionen von Angst und Ekel beruhen sollten. Die Valenzhypothese für die Startle-Modifikation ist in der Literatur sehr verbreitet, sollte aber aufgrund der erbrachten Befunde kritisch betrachtet werden. Experiment I kann somit hinsichtlich der Fragestellung eindeutig interpretiert werden.

Dennoch bietet es sich an, Variationen des Experiments durchzuführen, um die Rolle weiterer „negativer“ Emotionen (neben Angst) für die Schreckreaktion näher zu bestimmen. Wird die Schreckreaktion durch Ekel genauso stark gesteigert wie durch Angst? Gibt es Unterkategorien von Ekel (nahrungsbezogen, berührungsbezogen, sexuell, moralisch etc.) die sich unterschiedlich auf die Schreckreaktion auswirken? In welcher Beziehung steht selektiv ausgelöster Ärger zur Schreckreaktion? Reduziert Trauer die Schreckreaktion, wie es sich hier andeutete? Darüber hinaus erwächst aus der Bedrohungsspezifität der Schreckreaktion eine Vorhersage: Reize, die dem Betrachter relative Sicherheit vermitteln oder Verhaltenssysteme aktivieren, die mit einer Schreckreaktion inkompatibel sind, sollten diese verringern. Es gibt bereits Hinweise in der Literatur, dass sexuelle (vmtl. Inkompatibilität mit Angst; z.B. Bernat et al., 2006) und allgemein stark „positive“ Reize (Sicherheit durch die klare Abwesenheit von Bedrohung; Yartz & Hawk, 2002) die Schreckreaktion verringern; letzteres ist ein Credo seit Beginn emotionspsychologischer Startle-Untersuchungen (Lang et al., 1990). Nur sollte das Augenmerk auf der funktionalen Bedeutung der Reize liegen: Beispielsweise könnten Bilder von vertrauten Eltern-Kind-Situationen angstbezogene Schreckreaktionen reduzieren, während Hygienesignale ekelbezogene Schreckreaktionen im Kontext von Nahrungsaufnahme abschwächen könnten. Ein wichtiger Befund ist jedoch, dass ähnliches offenbar nicht für Bilder von Extremsportarten (Klippentauchen, Motorradrennen) gilt: Diese

rufen zwar in der Regel positive Gefühle in Betrachtern hervor (z.B. über die Aktivität des „Lächelmuskels“ gemessen), stellen jedoch keine ausgesprochenen Sicherheitssignale dar, und ihre (leichte) Startle-Potenzierung ist nicht überraschend (Bernat et al., 2006).

Das erweiterte Bedrohungskonzept (Angst, Ekel) ist also nicht nur plausibel, sondern es macht darüber hinaus Vorhersagen, die gezielt überprüft werden können. Seine differenziertere Untersuchung sollte jedoch *idealerweise* von Selbstberichtsmaßen begleitet werden: Erst wenn physiologisch bestimmte und selbst berichtete Bedrohlichkeit korrespondieren, könnte es gelingen, das lange bestehende Valenz-Dogma zu entkräften und eine neue Sichtweise auf die Schreckreaktion in der psychologischen Literatur zu etablieren.

Teilfragestellung II: Sind direkte Ärgerausdrücke bedrohlicher als abgewandte, und sind abgewandte Angstausrücke bedrohlicher als direkte? Üben Ausdruck und Blickrichtung also einen Interaktionseffekt auf die Bedrohlichkeit von Gesichtern aus, der bisher gefundenen Verarbeitungsvorteilen entspricht?

Experiment II untersuchte die Steigerung von Schreckreaktionen, die bei der Betrachtung unterschiedlich orientierter Ausdrücke von Ärger und Angst ausgelöst wurden. Aufgrund des heterogenen theoretischen Hintergrunds konnte hierfür keine klare Hypothese aufgestellt werden. Es zeigte sich jedoch ein Interaktionseffekt von Ausdruck und Blickrichtung von der oben genannten Form. Auch wenn nachträgliche Absicherungen dieses Befundes größtenteils nicht statistisch signifikant waren, sprachen zusätzliche Befunde für die Interpretierbarkeit des Interaktionseffekts. Teilfragestellung II kann also mit großer Sicherheit ebenfalls positiv beantwortet werden: Die Bedrohlichkeit der Reize korrespondiert mit bisherigen Befunden zur perzeptuellen Integration von Ausdruck und Blickrichtung und könnte diese somit erklären.

Zusätzlich zeigte sich ein Zusammenhang der Höhe der Schreckreaktion mit der grundsätzlichen Ängstlichkeit der Versuchspersonen. Auf den erste Blick erscheint dieser Befund nicht überraschend, da die Schreckreaktion offenbar die Stärke von Schutzmechanismen misst, die durch affektive Stimulation aktiviert werden, und somit das Ausmaß ausgelöster Angst. Andererseits ist berichtet worden, dass zwar die Ängstlichkeit in der konkreten Untersuchungssituation mit der Höhe von Schreckreaktionen korrelierte, nicht aber die grundsätzliche Ängstlichkeit, die eher ein Persönlichkeitsmerkmal darstellt (Grillon, Ameli, Foot & Davis, 1993). Die Unterschiedlichkeit dieser Befunde kann hier nicht erklärt werden, sondern bedarf weiterer Untersuchungen. Es muss jedoch angemerkt werden, dass das verwendete Maß (das State-Trait-Anxiety-Inventar, STAI; Spielberger et al., 1983)

vermutlich nicht ausschließlich die Angstsensitivität der Versuchspersonen erhoben hat, da es eher die Tendenz zu einer allgemeinen Besorgtheit erfasst. Ungeachtet früherer Befunden scheint Experiment II hinsichtlich der Fragestellung interpretierbar zu sein.

In diesem Fall müssen die Befunde jedoch unbedingt repliziert werden, und hierbei sollten verschiedene methodische Verbesserungen berücksichtigt werden (siehe oben). Nur wenn es gelingt, die Effekte der affektiven Stimulation so weit zu steigern, dass Blickrichtungseinflüsse auf die Verarbeitung sowohl von Ärger- als auch von Angstausdrücken bestätigt werden können, kann der Bedrohlichkeitsvorteil von direkten Ärgerausdrücken und abgewandten Angstausdrücke als gesichert erachtet werden. Darüber hinaus sollten auch hier selbstberichtete affektive Reaktionen zur Validierung der Bedrohlichkeitsmessung miterhoben werden.

Teilfragestellung III: Lässt sich der untersuchte Interaktionseffekt von Ausdruck und Blickrichtung auf die Verarbeitung von Gesichtern auch bei reduziertem visuellem Bewusstsein zeigen? Treten also die Verhaltensvorteile bedrohlicherer Reize auch unter erschwerten Bedingungen auf, und zeigt die Aktivierung der Amygdala dasselbe Muster?

Experiment III untersuchte die Dekodierung (Signalentdeckung) maskiert gezeigter unterschiedlich orientierter Ausdrücke von Ärger und Angst einschließlich der dabei entstehenden Hirnaktivierung, und es berücksichtigte dabei insbesondere die Amygdala. Aufgrund des heterogenen theoretischen Hintergrunds konnten erneut keine klaren Hypothesen formuliert werden. Allerdings wurde vorausgesetzt, dass etwaige affektive Reaktionen im Verlauf wiederholter Stimulation nachlassen würden (Habituation), während nicht-affektive Verarbeitungsanteile mit der Zeit zunähmen (perzeptuelles Lernen). Die Analyse anfänglicher Versuchabschnitte ließ vermuten, dass Verarbeitungsvorteile von direkten Ärgerausdrücken und abgewandten Angstausdrücken auch bei Rückwärtsmaskierung vorliegen. Da der gefundene Interaktionseffekt schnell nachließ, konnte er als das Ergebnis affektiver, oder wenigstens sensorischer (i.w.S.) Verarbeitung identifiziert werden. Das Aktivierungsmuster der Amygdala legte jedoch nahe, dass sich nur direkte Ärgerausdrücke durch ihre besondere Bedrohlichkeit auszeichneten, wohingegen abgewandte Angstausdrücke bei reduzierter Bewusstheit möglicherweise nicht-affektive Hinweisreize darstellen. Teilfragestellung III kann somit nur anteilig positiv beantwortet werden: Selbst die Beschränkung auf mit Bedrohung verbundene Gesichterreize scheint keine vereinheitlichte Erklärung des Interaktionsbefundes für Ausdruck und Blickrichtung zuzulassen.

Zusätzlich fand sich in der zweiten Versuchshälfte die Aktivierung der Amygdala durch Angstausdrücke mit direktem Blick. Die Verhaltensdaten legten nahe, dass es sich

hierbei um nicht-affektive Verarbeitung handelte, die mit der Blickorientierung des Betrachter auf saliente Augenregionen in Verbindung gebracht wird. Abgewandte Angstaussdrücke aktivierten die Amygdala auch hier nicht, wofür möglicherweise methodische Nachteile des Experiments verantwortlich waren. Es kann allerdings vermutet werden, dass bei Ausgleich dieser Nachteile (siehe oben) eine Dekomposition des eigentlichen Interaktionseffekts auf die Reaktion der Amygdala über den Verlauf eines Maskierungsexperiments möglich ist. Dieser Effekt scheint sich aus zwei sehr verschiedenen Anteilen zusammensetzen: der schnellen Reaktion auf Bedrohung und der langsameren Analyse hervorspringender, affektiv geprägter Augenregionen.

Insgesamt ergibt sich ein sehr heterogenes Bild für die perzeptuelle Integration von Ausdruck und Blickrichtung: Möglicherweise besitzen weder die verhaltensbezogenen noch die neurophysiologisch bestimmten Verarbeitungsvorteile von direkten Ärgerausdrücken und abgewandten Angstaussdrücken eine einheitliche funktionale Interpretation. Darüber hinaus könnte sich diese auch innerhalb der Angstaussdrücke unterscheiden: Der Verhaltensvorteil abgewandter Angstaussdrücke beruht möglicherweise nicht auf derselben Verarbeitung, die für die Aktivierung der Amygdala durch beobachtete Angst verantwortlich ist. Experiment III muss jedoch ebenfalls wiederholt werden, da verschiedene Schlussfolgerungen aufgrund der Datenlage nicht über den Status von Spekulationen hinausgelangen. Hierbei sollten diejenigen methodischen Verbesserungen vorgenommen werden die sich aus der Diskussion (auch zu Experiment II) ergeben haben. Zusätzlich erscheint es erneut ratsam, selbstberichtete affektive Reaktionen mitzuerheben, da sich das Erleben der Versuchspersonen bei schwellennaher Wahrnehmung von dem in deutlich überschwelligem Situationen unterscheiden könnte. Idealerweise sollte hierbei sogar die Startle-Potenzierung gemessen werden. Leider dürfte dies aber wenig erfolgversprechend sein: Für Startle-Untersuchungen müssen in der Regel Darbietungszeiten von mehreren Sekunden gewählt werden. Dies hat den Hintergrund, dass affektive Startle-Modifikation auf physiologischer Vorbereitung beruht, die eine gewisse Vorlaufzeit benötigt (Dawson, Schell & Bohmelt, 1999). Darüber hinaus könnten während Bildgebung ausgelöste Schreckreaktionen nicht unwesentliche Bewegungsartefakte in der gemessenen Hirnaktivierung verursachen.

In jedem Fall wird jedoch klar, dass der Versuch, für die funktionale Rolle der Amygdala in der Verarbeitung sensorischer Informationen eine einheitliche Vorstellung zu entwickeln, mit großer Sicherheit nicht erfolgreich sein kann: Allein der zeitliche Abstand, mit dem die amygdalären Reaktionen in Experiment III aufgetreten sind, macht es unumgänglich, verschiedene Aufgaben für diese Hirnstruktur anzunehmen.

Zusammenfassung und Berücksichtigung scheinbarer Widersprüche. Die Ergebnisse des Projekts zeigen, dass bedrohlichere affektive Gesichter gegenüber weniger bedrohlichen bevorzugt verarbeitet werden können, und dass ihre Bedrohlichkeit hierfür in einigen Fällen vermutlich auch ursächlich ist. Direkte Ärgerausdrücke steigern die Schreckreaktion gegenüber neutralen Reizen, sie werden bei Rückwärtsmaskierung besser (fehlerfreier) erkannt als abgewandte Ärgerausdrücke, und sie aktivieren die Amygdala zu einem Zeitpunkt dieser Prozedur, zu dem kaum Lerneffekte aufgetreten sein sollten. Die Beteiligung der Amygdala ist natürlich kein Beweis für die vermittelnde Rolle der Bedrohlichkeit. Allerdings ist bekannt, dass die Amygdala eine Vielzahl von Hirnprozessen begünstigt, die an der Verarbeitung von hoch-relevanten sensorischen Informationen beteiligt sind, sowie an der Vorbereitung von auf diese Informationen gerichtetem Verhalten (LeDoux, 2000; Pessoa & Adolphs, 2010). Wenn die Amygdala also trotz erschwelter Bedingungen durch direkte Ärgerausdrücke aktiviert wurde, ist es plausibel anzunehmen, dass beobachtete Verhaltensvorteile von dieser Aktivierung mitbestimmt wurden.

Entsprechend dieses Argumentes deuten die Ergebnisse allerdings auf weitere Verarbeitungsvorteile bedrohlicher Reize hin, die nicht durch diese Bedrohlichkeit vermittelt werden. Dies betrifft abgewandte Angstausrücke in der ersten Versuchshälfte von Experiment III. Die Unterscheidungsleistung für maskierte unterschiedlich orientierte Ausdrücke von Ärger und Angst weist also ein Ergebnismuster auf, das dem ihrer Bedrohlichkeit entspricht (vgl. Experiment II), sich aber nicht vollständig durch diese erklären lassen muss. Diese Sichtweise wird von verschiedenen Annahmen gestützt, und es erscheint im Grunde sparsamer zu vermuten, dass die entsprechende Aktivierung der Amygdala durch abgewandte Angstausrücke schlichtweg nicht detektiert wurde. Die spezielle Form der Blickmanipulation und der damit einhergehende Haupteffekt für die Blickrichtung (direkt > abgewandt) könnte dies verursacht haben. Dennoch soll die Alternative kurz skizziert werden.

Die anfängliche Intuition des Projekts war, dass zwar sowohl beobachteter Ärger als auch Angst ein Gefühl von Bedrohtheit im Betrachter auslösen können, dass dies aber auf sehr unterschiedliche Weise geschehen müsste. Im Fall von Ärger sollte sich ein Betrachter unmittelbar bedroht fühlen, da hier eine mögliche Bedrohung unmittelbar vom Sender ausgeht. Im Fall von Angst müsste eine Art mittelbaren Schlusses gezogen werden, da eine mögliche Bedrohung nicht im Sender, sondern in der gemeinsamen Umgebung liegt, und damit der Blick des Betrachters nicht auf der Gefahrenquelle ruht (siehe Teil 1). Dies ist ja

gerade der Grund, warum Blickkontakt die Bedrohlichkeit von Ärgerausdrücken steigert, während abgewandter Blick Angstausdrücke bedrohlicher wirken lässt.

Es ist daher nicht unplausibel anzunehmen, dass sich im Fall von Ärger sowohl Verarbeitungsvorteile als auch affektive Reaktionen vergleichsweise schnell einstellen und möglicherweise sogar zeitgleich vorliegen. Hinzu kommt, dass direkter Blick sehr schnell und verlässlich erkannt wird (vonGrunau & Anston, 1995), und dass Blickkontakt Alltagsbeobachtungen zufolge dann vermieden wird, wenn keine Absicht dafür vorliegt. Insgesamt lassen direkte Ärgerausdrücke einem Betrachter also wenig Spielraum für Wahrnehmungs- und Interpretationsvorgänge, der sich in Form einer Verzögerung affektiver Reaktionen auswirken könnte. Andererseits ist den genannten Gründen zu entnehmen, dass ein solcher Spielraum bei Angstausdrücken durchaus vorliegt: Der Blick des Senders ist auf einen dritten Umweltaspekt gerichtet, der zunächst weder gesehen wird noch näher bestimmt ist. Dazu werden abgewandte Blickrichtungen offenbar nicht so bevorzugt verarbeitet wie Blickkontakt (siehe oben), und können allgemein betrachtet sehr unterschiedliche Gründe haben (z.B. Aufmerksamkeitsrichtung vs. gezielte Vermeidung von Blickkontakt). Daher sollte angenommen werden können, dass sich eine Bedrohtheit durch Angstausdrücke erst dann einstellt, wenn auch die Rahmenbedingungen (der Kontext) wenigstens grundlegend überprüft wurde. Dennoch sollte diese Überprüfung so schnell wie möglich erfolgen, und daher ist eine Begünstigung früher Verarbeitung von Angstausdrücken, vor allem im abgewandten Fall, ebenfalls nachvollziehbar. Eine solche Begünstigung könnte sich auf die Unterscheidungsleistung im Rahmen von maskierter Signalentdeckung auswirken, ohne dass dabei bereits spezifische affektive Reaktionen entstehen, die den Organismus auf bestimmte Verhaltensweisen vorbereiten. Möglicherweise wird ein Angstausdruck erstmal auch gar nicht als solcher erkannt, sondern die auffällige Augenregion dient lediglich als salienter Hinweisreize, für den die affektive Bedeutung zunächst noch bestimmt werden muss (z.B. durch die Unterscheidung von Angst und Überraschung).

Zusammengefasst schlägt diese Sichtweise vor, dass direkte (vs. abgewandte) Ärgerausdrücke bei Rückwärtsmaskierung bevorzugt wahrgenommen werden und affektive Reaktionen auslösen sollten, während abgewandte (vs. direkte) Angstausdrücke zwar ebenfalls bevorzugt wahrgenommen werden sollten, aber zur Auslösung affektiver Reaktionen längerer Darbietungszeiten bedürfen, die komplexere kognitive und affektive Vorgänge ermöglichen (z.B. Bewertungen; Scherer, K., 2001). Dieses Modell könnte Verarbeitungsvorteile abgewandter Angstausdrücke zu Anfang einer Maskierungsprozedur

erklären, die nicht durch die Beteiligung der Amygdala vermittelt würden (vgl. Experiment III).

Gegen diese Überlegungen spricht zunächst der Befund, dass sich Angstaussdrücke mit direktem und abgewandtem Blick, die für 1 s gezeigt wurden, in der selbstberichteten Bedrohlichkeit nicht unterscheiden (Boll et al., 2011). Die Ergebnisse von Experiment II legen jedoch nahe, dass sich eine unterschiedliche Bedrohlichkeit oberhalb von 3.5 s Betrachtungszeit einstellen kann. Möglicherweise ist also auch die klar überschwellige Darbietungsdauer von 1 s zu kurz für komplexere Bewertungsvorgänge. Dies könnte unter anderem der Grund dafür sein, dass Untersuchungen zur affektiven Startle-Potenzierung meist Darbietungszeiten von 6–7 s wählen und Schreckreaktionen erst grob in der zweiten Hälfte der jeweiligen Reizdarbietung ausgelöst werden. Darüber hinaus werden Zusammenhänge der Höhe von Schreckreaktionen mit der Ängstlichkeit von Personen diskutiert (siehe oben). Der Einfluss solcher Persönlichkeitsmerkmale könnte ebenfalls auf komplexeren Bewertungsvorgängen beruhen und demnach längere Stimulationszeiten benötigen.

Aus diesen Spekulationen erwächst eine konkrete Vorhersage: Aufgrund des geringen Spielraums bei der Interpretation von direkten Ärgerausdrücken sollte die Startle-Potenzierung bei ihrer Betrachtung vergleichsweise schnell entstehen und anschließend eher konstant vorliegen, und die Einflüsse von Persönlichkeitsmerkmalen (z.B. eine grundsätzliche Ängstlichkeit) sollten sich im Verlauf einer mehrsekündigen Darbietung nur in geringem Maße auswirken. Abgewandte Angstaussdrücke hingegen sollten zunächst (unterhalb von 1 s Darbietungszeit) keine wesentliche Startle-Potenzierung bewirken, diese sollte aber im Verlauf einer Darbietung ansteigen, und dieser Anstieg sollte sich anteilig anhand der Ängstlichkeit von Versuchspersonen vorhersagen lassen. Eine Überprüfung dieser Vorhersage könnte anhand eines ähnlichen Paradigmas erfolgen, wie es zur Bedrohlichkeitsüberprüfung der Ankündigung leichter elektrischer Schocks verwendet wurde: Schreckreaktionen würde zu unterschiedlichen Zeitpunkten einer affektiven Stimulation ausgelöst, und ihre Höhe würde zu einer Verlaufsschätzung physiologischer Vorbereitung integriert (Grillon et al., 1993). Entsprechend dieser Argumentation könnte sich zusätzlich herausstellen, dass die Aktivierung der Amygdala durch Angstaussdrücke stärker von der Ängstlichkeit der Versuchspersonen abhängt als die entsprechende Aktivierung durch Ärgerausdrücke.

e) Fazit und Zukunftsperspektiven

Eine mögliche Antwort auf die Fragestellung des Projekts könnte lauten, dass die Verarbeitungsvorteile von direkten Ärgerausdrücken tatsächlich auf der relativen Bedrohlichkeit dieser Reize beruhen (vgl. Ohman et al., 2007) oder wenigstens unmittelbar damit einhergehen, während die Vorteile abgewandter Angstausrücke zunächst auf einer Bevorzugung salienter (biologisch signifikanter; Pessoa & Adolphs, 2010) Reize basieren, deren konkrete Konsequenzen für den Betrachter sich aus einer nachfolgenden, genaueren Analyse ergeben. Diese Analyse könnte sich in der Aktivierung der Amygdala gezeigt haben, die durch Angstausrücke in der zweiten Versuchshälfte von Experiment III entstand, und könnte in der Bedrohlichkeit dieser Reize resultieren, die in Experiment II gefunden wurde.

In jedem Fall ist es aber hilfreich, die genaue funktionale Rolle der untersuchten Emotionen zu berücksichtigen, um damit verbundene Reaktionen zu untersuchen. Globalere Emotionskonzepte stellen bisweilen einen wenig plausiblen konzeptuellen Rahmen dar und liefern entsprechend ungenaue Vorhersagen und (vgl. Experiment I). Anhand spezifischer funktionaler Überlegungen könnten die Einflüsse der Blickrichtung auf die Verarbeitung von affektiven Ausdrücken erklärt werden. Im vorliegenden Projekt wurde dabei auf die Emotionen von Ärger und Angst fokussiert, weil sich aus der bisherigen Literatur die Vermutung ergab, dass sich hier der Interaktionseffekt von Ausdruck und Blickrichtung anhand eines einheitlichen Konzeptes erklären lässt: der Bedrohlichkeit dieser Reize. Dies war zwar anhand der durchgeführten Experimente nicht ohne weiteres möglich, jedoch sind hierfür neben methodischen auch konzeptuelle Gründe angeführt worden. Zu letzteren zählt die Vermutung, dass Ärger- und Angstausrücke nicht in der gleichen (funktionalen) Weise mit der Bedrohung verbunden sind, die eine Person bei ihrem Anblick empfinden kann, sondern dass auch zwischen ihnen noch unterschieden werden muss. Nun müssen Folgeexperimente durchgeführt werden, um zwischen diesen Alternativerklärungen zu entscheiden (siehe oben).

Davon unberücksichtigt bleibt die Erklärung von Blickrichtungseinflüssen auf die Verarbeitung anderer beobachteter Emotionen, wie beispielsweise Freude und Trauer (Adams & Kleck, 2003). Für diese sind hier bereits Interpretationen vorgeschlagen worden (siehe Teil 2), die anhand von gezielten Experimente überprüft werden können. Beispielsweise könnten zur näheren Bestimmung des direkten (vs. abgewandten) Freudevorteils zunächst peripher- und zentralphysiologische Parameter erhoben werden. Einerseits sollten direkte Freudeausdrücke den Lächelmuskel (*Musculus zygomaticus major*) stärker aktivieren als

abgewandte Freudeausdrücke, andererseits sollte eine stärkere Aktivierung des Belohnungszentrums im Gehirn erfolgen (z.B. Nucleus accumbens). Beide Befunde würden zeigen, dass direkte Freudeausdrücke stärkere positive Gefühle im Betrachter hervorrufen als im abgewandten Fall. Um die Rolle von direkten Freudeausdrücken für die Ankündigung von Ressourcentransfers zu bestätigen, müssen aber auch Selbstberichtsmaße verwendet werden, die konkrete Erwartungshaltungen erheben. Darüber hinaus existieren Hirnbereiche, die spezifisch auf die empfundene Wahrscheinlichkeit positiver Verhaltenskonsequenzen reagieren (z.B. Nucleus caudatus; siehe Experiment III); diese könnten ebenfalls durch einen erwarteten Ressourcentransfer aktiviert werden.

Zusätzlich können für solche Untersuchungen Kontexte errichtet werden, die konkretere Vorhersagen über erwartetes Verhalten ermöglichen: Für nahrungsdeprivierte Versuchspersonen sollte beispielsweise relevant sein, ob eine betrachtete lächelnde Person, die an einem reich mit Speisen gedeckten Tisch sitzt, den Betrachter ansieht, den Blick auf die Speisen oder sogar auf eine dritte Person gerichtet hält. Nach diesem Schema sollte die empfundene Wahrscheinlichkeit moduliert werden können, an gezeigten Ressourcen zu partizipieren, und dementsprechend sollten physiologische Reaktionen und Verhaltensweisen ausfallen, die auf diese Ressourcen gerichtet sind. Im genannten Beispiel dürfte unter anderem die Speichelproduktion des Betrachters von der Blickrichtung des Senders abhängen. Um nachzuweisen, dass es sich hierbei nicht um einen reinen Effekt der Blickrichtung handelte, würde es überdies genügen, das Fehlen (oder sogar die Gegensätzlichkeit) dieses Befunds bei anderen affektiven Ausdrücken wie bspw. denen von Ärger oder sogar Ekel zu zeigen. Ähnlich könnten die verschiedensten affektiven Ausdrücke untersucht werden: Anhand funktionaler Überlegungen könnten konkrete Vorhersagen über Erlebensqualitäten, physiologische Reaktionen und Verhaltensweisen abgeleitet werden.

Neben der Rolle von affektiven Gesichtsausdrücken für Empfindungen, Physiologie und Verhalten hat das Projekt eine weitere zentrale Diskussion der emotionspsychologischen Forschung berührt: die funktionale Bedeutung der Amygdala in der Verarbeitung sensorischer Informationen. Lange Zeit herrschte die Sichtweise vor, die Amygdala sei im wesentlichen eine phylogenetisch alte und funktional archaische Hirnstruktur, die vorrangig auf die schnelle und verlässliche (teils „automatische“) Bedrohungserkennung und -bewältigung ausgerichtet ist, und deren Fehlfunktionen mit psychiatrischen und neuropsychologischen Erkrankungen in Verbindung stehen (Ohman et al., 2007; Adolphs, 2008). Nur hat die Psychologie offenbar die Angewohnheit, unterschiedliche Konzepte zunächst nicht vereinen zu wollen, sondern ältere Ideen bisweilen gänzlich als „veraltet“ zu betrachten und vollständig

durch neuere zu ersetzen. So wird seit kurzem die Sichtweise betont, dass die Amygdala nicht mit diesen konkreten Aufgaben verbunden ist, sondern weniger spezifisch die Relevanz von Reizen für den Betrachter bestimmt (Sander et al., 2003; Pessoa & Adolphs, 2010). Hierfür werden unter anderem Befunde angeführt, dass die direkte neuronale Projektionsbahn sensorischer Informationen zur Amygdala im menschlichen Hirn nicht existiert (Pessoa & Adolphs, 2010), obwohl noch vor kurzem verschiedene Befunde genannt wurden, die deutlich für diesen Verarbeitungspfad sprechen (Adolphs, 2008). Auch wenn derartige konzeptuelle Wendungen selten vollständig überblickbar sind, ist nicht auszuschließen, dass die bezogenen Positionen auch im Kontext sozialer und finanzieller Dynamiken des Wissenschaftsgeschehens eine Rolle spielen.

Experiment III hat jedenfalls gezeigt, dass die Amygdala wenigstens mit zwei Aufgaben in Verbindung gebracht werden kann: der schnellen Reaktion auf eine unmittelbare Bedrohung und der langsameren Blickorientierung auf hervorspringende Augenregionen. Wie bereits gesagt, ist die Amygdala eine komplexe Struktur, weshalb nicht erwartet werden kann, dass sie lediglich mit einer homogenen Aufgabe betraut ist. Es muss jedoch endlich eine konkretere Vorstellung darüber entwickelt werden, wie die verschiedenen (bis zu 12; LeDoux, 2000) Unterregionen der Amygdala zusammenwirken. Erst dann dürften sich verschiedene Verarbeitungsleistungen dieser Struktur plausibel integrieren lassen. Hierfür könnten unter anderem hochauflösende Bildgebungstechniken dienlich sein, die zeigen dürften, welche Kerngebiete der Amygdala an welchen Aufgaben beteiligt sind. Für den Bereich des affektiven Lernens (Konditionierung) ist dies in Teilen geschehen und hat das Verständnis dieser Vorgänge verbessert (LeDoux, 2000). Sollte es gelingen ein funktionales Modell der amygdalären Unterstrukturen zu entwickeln, könnte vermutlich davon abgesehen werden, etablierte Sichtweisen für neuere aufzugeben.

Literatur.

- Abdi, H. (2007). Bonferroni and Sidak corrections for multiple comparisons. In N. Salkind (Hrsg.), *Encyclopedia of Measurement and Statistics*. Thousand Oaks: Sage.
- Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2003). Perceived gaze direction and the processing of facial displays of emotion. *Psychological Science*, 14(6), 644–647.
- Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2005). Effects of direct and averted gaze on the perception of facially communicated emotion. *Emotion*, 5(1), 3–11.
- Adolphs, R. (2008). Fear, faces, and the human amygdala. *Current Opinion in Neurobiology*, 18(2), 166–172.
- Amaral, d., Price, j., A., P. & Carmichael, T. (1992). Anatomical organization of the primate amygdaloid complex. In J. Aggleton (Hrsg.), *The amygdala: neurobiological aspects of emotion, memory, and mental dysfunction* (S. 1–66). New York: Wiley-Liss.
- Amelang, M. & Schmidt-Atzert, L. (2006). *Psychologische Diagnostik und Intervention* (4th). Berlin: Springer.
- Anderson, A. K., Christoff, K., Panitz, D., De Rosa, E. & Gabrieli, J. D. E. (2003). Neural correlates of the automatic processing of threat facial signals. *Journal of Neuroscience*, 23(13), 5627–5633.
- Angrilli, A., Mauri, A., Palomba, D., Flor, H., Birbaumer, N., Sartori, G. et al. (1996). Startle reflex and emotion modulation impairment after a right amygdala lesion. *Brain*, 119, 1991–2000.
- Anokhin, A. P. & Golosheykin, S. (2010). Startle modulation by affective faces. *Biological Psychology*, 83(1), 37–40.
- Balaban, M. T. & Taussig, H. N. (1994). Salience of Fear/Threat in the Affective Modulation of the Human Startle Blink. *Biological Psychology*, 38(2–3), 117–131.
- Bayless, S. J., Glover, M., Taylor, M. J. & Itier, R. J. (2011). Is it in the eyes? Dissociating the role of emotion and perceptual features of emotionally expressive faces in modulating orienting to eye gaze. *Visual Cognition*, 19(4), 483–510.
- Bechara, A. & Damasio, A. R. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and Economic Behavior*, 52(2), 336–372.
- Bernat, E., Patrick, C., Steffen, B. & Sass, S. (2002). *Effects of affective content and intensity on startle blink and ERP in women*. Paper presented at the Psychophysiology.
- Bernat, E., Patrick, C. J., Benning, S. D. & Tellegen, A. (2006). Effects of picture content and intensity on affective physiological response. *Psychophysiology*, 43(1), 93–103.
- Blumenthal, T. D., Cuthbert, B. N., Fillion, D. L., Hackley, S., Lipp, O. V. & Van Boxtel, A. (2005). Committee report: Guidelines for human startle eyeblink electromyographic studies. *Psychophysiology*, 42(1), 1–15.

- Boll, S., Gamer, M., Kalisch, R. & Buchel, C. (2011). Processing of facial expressions and their significance for the observer in subregions of the human amygdala. *Neuroimage*, 56(1), 299–306.
- Bradley, M. M., Lang, P. J. & Cuthbert, B. N. (1993). Emotion, Novelty, and the Startle Reflex - Habituation in Humans. *Behavioral Neuroscience*, 107(6), 970–980.
- Calder, A. J., Keane, J., Lawrence, A. D. & Manes, F. (2004). Impaired recognition of anger following damage to the ventral striatum. *Brain*, 127, 1958–1969.
- Cannon, W. (1915). *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage: An Account of Recent Researches into the Function of Emotional Excitement*. New York: Appleton.
- Carlsson, K., Petersson, K. M., Lundqvist, D., Karlsson, A., Ingvar, M. & Ohman, A. (2004). Fear and the amygdala: Manipulation of awareness generates differential cerebral responses to phobic and fear-relevant (but nonfeared) stimuli. *Emotion*, 4(4), 340–353.
- Castellucci, V. & Kandel, E. R. (1976). Presynaptic Facilitation as a Mechanism for Behavioral Sensitization in Aplysia. *Science*, 194(4270), 1176–1178.
- Castellucci, V., Pinsker, H., Kupfermann, I. & Kandel, E. (1970). Neuronal Mechanisms of Habituation and Dishabituation of Gill-Withdrawal Reflex in Aplysia. *Science*, 167(3926), 1745–&.
- Conty, L., Tijus, C., Hugueville, L., Coelho, E. & George, N. (2006). Searching for asymmetries in the detection of gaze contact versus averted gaze under different head views: a behavioural study. *Spatial Vision*, 19(6), 529–545.
- Corneil, B. (2011). Eye-head gaze shifts. In S. Liversedge, I. Gilchrist & S. Everling (Hrsg.), *Oxford Handbook of Eye Movements* (S. 303–321). Oxford: University Press.
- Damasio, A. (1995). *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. New York: Harper Perennial.
- Dannlowski, U., Ohrmann, P., Bauer, J., Kugel, H., Arolt, V., Heindel, W. et al. (2007). Amygdala reactivity predicts automatic negative evaluations for facial emotions. *Psychiatry Research-Neuroimaging*, 154(1), 13–20.
- Davis, M., Hitchcock, J. M. & Rosen, J. B. (1987). Anxiety and the Amygdala - Pharmacological and Anatomical Analysis of the Fear-Potentiated Startle Paradigm. *Psychology of Learning and Motivation-Advances in Research and Theory*, 21, 263–305.
- Dawson, M., Schell, A. & Bohmelt, A. (1999). *Startle Modification: Implications for Neuroscience, Cognitive Science, and Clinical Science*. Cambridge: University Press.
- Dijksterhuis, A. & Smith, P. (2002). Affective habituation: Subliminal exposure to extreme stimuli decreases their extremity. *Emotion*, 2(3), 203–214.
- Dilger, S., Straube, T., Mentzel, H. J., Fitzek, C., Reichenbach, H. R., Hecht, H. et al. (2003). Brain activation to phobia-related pictures in spider phobic humans: an event-related functional magnetic resonance imaging study. *Neuroscience Letters*, 348(1), 29–32.

- Dimberg, U. & Ohman, A. (1996). Behold the wrath: Psychophysiological responses to facial stimuli. *Motivation and Emotion*, 20(2), 149–182.
- Engell, A. D. & Haxby, J. V. (2007). Facial expression and gaze-direction in human superior temporal sulcus. *Neuropsychologia*, 45(14), 3234–3241.
- Etkin, A., Prater, K. E., Schatzberg, A. F., Menon, V. & Greicius, M. D. (2009). Disrupted Amygdalar Subregion Functional Connectivity and Evidence of a Compensatory Network in Generalized Anxiety Disorder. *Archives of General Psychiatry*, 66(12), 1361–1372.
- Gamer, M. & Buchel, C. (2009). Amygdala Activation Predicts Gaze toward Fearful Eyes. *Journal of Neuroscience*, 29(28), 9123–9126.
- Green, D. M. & Swets, J. A. (1966). *Signal Detection Theory and Psychophysics*. New York: Wiley.
- Greenberg, J., Pyszczynski, T. & Solomon, S. (1986). The causes and consequences of a need for self-esteem: A terror management theory. In B. R. (Hrsg.), *Public self and private self* (S. 189–212). New York: Springer-Verlag.
- Grillon, C. (2008). Models and mechanisms of anxiety: evidence from startle studies. *Psychopharmacology*, 199(3), 421–437.
- Grillon, C., Ameli, R., Foot, M. & Davis, M. (1993). Fear-Potentiated Startle - Relationship to the Level of State-Trait Anxiety in Healthy-Subjects. *Biological Psychiatry*, 33(8–9), 566–574.
- Hadjikhani, N., Hoge, R., Snyder, J. & de Gelder, B. (2008). Pointing with the eyes: the role of gaze in communicating danger. *Brain and Cognition*, 68(1), 1–8.
- Hajcak, G., Dunning, J. P., Auriemmo, A. & Castille, C. (2010). In the face of anger: startle modulation to graded facial expressions. *Psychophysiology*, 47(5), 874–878.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A. & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223–233.
- Hess, U., Adams, R. B. & Kleck, R. E. (2007). Looking at you or looking elsewhere: the influence of head orientation on the signal value of emotional facial expressions. *Motivation and Emotion*, 31(2), 137–144.
- Hoffman, E. A. & Haxby, J. V. (2000). Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception. *Nature Neuroscience*, 3(1), 80–84.
- Ishai, A. (2008). Let's face it: It's a cortical network. *Neuroimage*, 40(2), 415–419.
- Jansen, D. M. & Frijda, N. H. (1994). Modulation of the Acoustic Startle Response by Film-Induced Fear and Sexual Arousal. *Psychophysiology*, 31(6), 565–571.
- Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (1990). Emotion, Attention, and the Startle Reflex. *Psychological Review*, 97(3), 377–395.

- Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (2008). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. On *Technical Report A-8*. Gainesville, FL: University of Florida.
- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155–184.
- Libkuman, T. M., Otam, H., Kern, R., Viger, S. G. & Novak, N. (2007). Multidimensional normative ratings for the international affective picture system. *Behavior Research Methods*, 39(2), 326–334.
- Lovibond, P. F. & Shanks, D. R. (2002). The role of awareness in Pavlovian conditioning: Empirical evidence and theoretical implications. *Journal of Experimental Psychology-Animal Behavior Processes*, 28(1), 3–26.
- Macmillan, N. A. & Creelman, C. D. (2005). *Detection Theory: A User's Guide* (2nd). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Maehara, G. & Goryo, K. (2003). Perceptual learning in visual backward pattern masking. *Perceptual and Motor Skills*, 97(3), 1137–1149.
- Morris, J. S., Ohman, A. & Dolan, R. J. (1998). Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. *Nature*, 393(6684), 467–470.
- N'Diaye, K., Sander, D. & Vuilleumier, P. (2009). Self-relevance processing in the human amygdala: gaze direction, facial expression, and emotion intensity. *Emotion*, 9(6), 798–806.
- Ohman, A. (2005). The role of the amygdala in human fear: Automatic detection of threat. *Psychoneuroendocrinology*, 30(10), 953–958.
- Ohman, A., Carlsson, K., Lundqvist, D. & Ingvar, M. (2007). On the unconscious subcortical origin of human fear. *Physiology & Behavior*, 92(1–2), 180–185.
- Op De Beeck, H. P., Wagemans, J. & Vogels, R. (2007). Effects of perceptual learning in visual backward masking on the responses of macaque inferior temporal neurons. *Neuroscience*, 145(2), 775–789.
- Pessoa, L. & Adolphs, R. (2010). Emotion processing and the amygdala: from a 'low road' to 'many roads' of evaluating biological significance. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(11), 773–782.
- Pessoa, L., Japee, S., Sturman, D. & Ungerleider, L. G. (2006). Target visibility and visual awareness modulate amygdala responses to fearful faces. *Cerebral Cortex*, 16(3), 366–375.
- Rosen, J. B., Hitchcock, J. M., Sananes, C. B., Miserendino, M. J. D. & Davis, M. (1991). A Direct Projection from the Central Nucleus of the Amygdala to the Acoustic Startle Pathway - Anterograde and Retrograde Tracing Studies. *Behavioral Neuroscience*, 105(6), 817–825.
- Sander, D., Grafman, J. & Zalla, T. (2003). The human amygdala: an evolved system for relevance detection. *Reviews in the Neurosciences*, 14(4), 303–316.

- Sander, D., Grandjean, D., Kaiser, S., Wehrle, T. & Scherer, K. R. (2007). Interaction effects of perceived gaze direction and dynamic facial expression: evidence for appraisal theories of emotion. *European Journal of Cognitive Psychology*, *19*(3), 470–480.
- Sander, D., Grandjean, D. & Scherer, K. R. (2005). A systems approach to appraisal mechanisms in emotion. *Neural Networks*, *18*(4), 317–352.
- Schandry, R. (2011). *Biologische Psychologie: Ein Lehrbuch* (3rd). Weinheim: Beltz.
- Scherer, K. (2001). Appraisal considered as a process of multi-level sequential checking. In K. Scherer, A. Schorr & T. Johnstone (Hrsg.), *Appraisal processes in emotion: Theory, Methods, Research* (S. 92–120). Oxford: University Press.
- Scherer, K. R. (2009). The dynamic architecture of emotion: Evidence for the component process model. *Cognition & Emotion*, *23*(7), 1307–1351.
- Shabel, S. J., Schairer, W., Donahue, R. J., Powell, V. & Janak, P. H. (2011). Similar Neural Activity during Fear and Disgust in the Rat Basolateral Amygdala. *Plos One*, *6*(12).
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, P. R., Vagg, P. R. & Jacobs, A. G. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y)*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Springer, U. S., Rosas, A., McGetrick, J. & Bowers, D. (2007). Differences in startle reactivity during the perception of angry and fearful faces. *Emotion*, *7*(3), 516–525.
- Stanley, J. & Knight, R. G. (2004). Emotional specificity of startle potentiation during the early stages of picture viewing. *Psychophysiology*, *41*(6), 935–940.
- Summerfield, C., Egner, T., Mangels, J. & Hirsch, J. (2006). Mistaking a house for a face: Neural correlates of misperception in healthy humans. *Cerebral Cortex*, *16*(4), 500–508.
- Suslow, T., Kugel, H., Reber, H., Bauer, J., Dannlowski, U., Kersting, A. et al. (2010). Automatic Brain Response to Facial Emotion as a Function of Implicitly and Explicitly Measured Extraversion. *Neuroscience*, *167*(1), 111–123.
- Suslow, T., Ohrmann, P., Bauer, J., Rauch, A. V., Schwindt, W., Arolt, V. et al. (2006). Amygdala activation during masked presentation of emotional faces predicts conscious detection of threat-related faces. *Brain and Cognition*, *61*(3), 243–248.
- Szczepanowski, R. & Pessoa, L. (2007). Fear perception: Can objective and subjective awareness measures be dissociated? *Journal of Vision*, *7*(4).
- Tooby, J. & Cosmides, L. (1990). The Past Explains the Present - Emotional Adaptations and the Structure of Ancestral Environments. *Ethology and Sociobiology*, *11*(4–5), 375–424.
- van der Meer, M. A. A. & Redish, A. D. (2011). Ventral striatum: a critical look at models of learning and evaluation. *Current Opinion in Neurobiology*, *21*(3), 387–392.
- vonGrunau, M. & Anston, C. (1995). The detection of gaze direction: A stare-in-the-crowd effect. *Perception*, *24*(11), 1297–1313.

-
- Walker, D. L., Cassella, J. V., Lee, Y. G., DeLima, T. C. M. & Davis, M. (1997). Opposing roles of the amygdala and dorsolateral periaqueductal gray in fear-potentiated startle. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 21(6), 743–753.
- Weike, A. I. & Hamm, A. O. (2005). Fear reduction by means of repeated stimulus exposure in animal phobia. *Zeitschrift Fur Klinische Psychologie Und Psychotherapie*, 34(2), 111–120.
- Whalen, P. J., Rauch, S. L., Etcoff, N. L., McInerney, S. C., Lee, M. B. & Jenike, M. A. (1998). Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. *Journal of Neuroscience*, 18(1), 411–418.
- Yacubian, J., Sommer, T., Schroeder, K., Glascher, J., Braus, D. F. & Buchel, C. (2007). Subregions of the ventral striatum show preferential coding of reward magnitude and probability. *Neuroimage*, 38(3), 557–563.
- Yartz, A. R. & Hawk, L. W. (2002). Addressing the specificity of affective startle modulation: fear versus disgust. *Biological Psychology*, 59(1), 55–68.
- Yotsumoto, Y. & Watanabe, T. (2008). Defining a link between perceptual learning and attention. *Plos Biology*, 6(8), 1623–1626.
- Zald, D. H. (2003). The human amygdala and the emotional evaluation of sensory stimuli. *Brain Research Reviews*, 41(1), 88–123.

Das Bewußtsein [...] ist in physikalischer Hinsicht eine „stillstehende Informationsquelle“, eine dynamische Invariante im Fluß unablässiger Transformationen, insofern seltsam, als sie einen „Kompromiß“ und zugleich eine „Resultante“ bildet, die, soviel wir begreifen, von der natürlichen Evolution nicht „eingeplant“ war. Ganz im Gegenteil, die Evolution hat zunächst unerhörte Schwierigkeiten und Mühen bei der Harmonisierung der Arbeit von Gehirnen geschaffen, sobald diese eine bestimmte Größe, d. h. einen bestimmten Komplikationsgrad überschreiten, wobei sie selbstverständlich unabsichtlich in den Bereich dieser Dilemmata vordrang, da sie kein persönlicher Schöpfer ist. Es war einfach so, daß die Evolution bestimmte entwicklungsgeschichtlich sehr alte Lösungen der für das Nervensystem eigentümlichen Steuerungs- und Regulierungs-Aufgaben auf eine Ebene „gehoben“ hat, auf der die Anthropogenese beginnt. Diese alten Lösungen hätten vom rein rationalen, ingenieurtechnischen Sparsamkeits-Standpunkt aus einfach weggestrichen, verworfen werden müssen zugunsten von etwas so ganz Neuem, wie es das Gehirn eines vernünftigen Wesens sein sollte. Doch konnte die Evolution sicher nicht so verfahren, weil es nicht in ihrer Macht liegt, sich von der Erbmasse alter, manchmal Jahrmillionen alter Lösungen zu befreien, da sie immer in sehr kleinen Anpassungsschritten vorangeht und „kriecht“, nicht aber „springt“. Sie ist also eine „Egge“, die zahllose „Archaismen“, allerlei „Abfälle“ „hinter sich herzieht“ [...]. Das Bewußtsein des Menschen ist das Ergebnis eines besonderen „Kompromisses“, eines „Flickwerks“, es ist [...] eine vorzügliche Exemplifizierung der bekannten deutschen Redensart „aus der Not eine Tugend machen“. Der Digitalrechner kann „von sich aus“ nie Bewußtsein erreichen, aus dem einfachen Grund, weil es in ihm nicht zu hierarchischen Tätigkeitskonflikten kommt. Eine solche Maschine kann höchstens in eine Art „logisches Zittern“ oder „logische Verblüffung“ geraten, wenn sich die Antinomien in ihn häufen – das ist alles. Die Widersprüche, von denen es im Gehirn des Menschen geradezu wimmelt, waren jedoch im Lauf von Jahrhunderttausenden nach und nach Gegenstand „schiedsgerichtlicher Prozeduren“. Es entstanden höhere und niedrigere Stockwerke der Unwillkürlichkeit und der Reflexion, des Antriebs und der Kontrolle, der Modellierung des elementaren Milieus („auf zoologische Weise“) und des begrifflichen („auf sprachliche Weise“), wobei sie sich alle nicht völlig decken, überschichten und zur Einheit verbinden können, ja „wollen“. Was also ist das Bewußtsein? Eine Ausflucht, ein Ausweg aus der Falle, eine vorgetäuschte letzte Instanz, ein angebliches (aber auch nur angebliches!) höchstes Appellationsgericht oder eine in der Sprache der Physik und der Informatik ausgelegte Tätigkeit, die, einmal begonnen, nicht mehr abgeschlossen, d. h. definitiv beendet werden kann. Es ist das *Projekt* allein diese Abschließens, dieser völligen „Versöhnung“ der hartnäckigen Widersprüche des Gehirns. Es ist gleichsam ein Spiegel, dessen Aufgabe die Spiegelung anderer Spiegel ist, diese wiederum spiegeln andere – und so weiter ins Unendliche. Das ist physikalisch einfach nicht möglich, und gerade deshalb bildet der „regressus ad infinitum“ eine Art Versenkung über der das Phänomen des menschlichen Bewußtseins segelt und fliegt. „Unter dem Bewußtsein“ scheint ein ständiger Kampf um die volle Repräsentation dessen – in ihm – zu toben, was nicht voll ins Bewußtsein vordringen kann, und es kann dies nicht, weil einfach der Platz fehlt; denn um allen an das Zentrum der bewußten Aufmerksamkeit anklopfenden Tendenzen volle Gleichberechtigung zu gewähren, wäre eine unendliche Aufnahmefähigkeit und Kapazität unerlässlich. So herrscht rund um das Bewußtsein ein ständiges „Gedränge“, ein „Sichvorschieben“, es ist keineswegs der höchste, kühle, souveräne Steuermann aller geistigen Erscheinungen, sondern oft eher ein tanzender Korken auf den stürmischen Wellen, dessen „überragende Position“ nichts mit einer vollkommenen Beherrschung der Wellen zu tun hat ... Die Sprache der zeitgenössischen, informatisch und dynamisch interpretierten Bewußtseinstheorie läßt sich leider nicht einfach und klar darlegen, so daß wir hier immer, mindestens in einer zugänglichen Darstellung, auf eine Reihe anschaulicher Beispiele und Metaphern angewiesen sind. Auf jeden Fall wissen wir, daß das Bewußtsein eine gewisse „Ausrede“ oder „Ausflucht“ ist, zu der die Evolution Zuflucht genommen hat gemäß ihrer eigenen unveräußerlichen und – opportunistischen Handlungsweisen, d. h. einer Handlungsweise, die schnellstens, augenblicklich aus der Bedrängnis herausgelangen muß. Wenn also das vernünftige Wesen von jemandem konstruiert worden wäre, der wirklich nach dem Kanon einer vollkommen rationalen Ingenieurstechnik und Logik vorgegangen und die Kriterien technischer Leistungsfähigkeit angewandt hätte, so hätte dieses vernünftige Wesen überhaupt kein Bewußtsein verliehen bekommen ... Es hätte sich auf völlig logische, stets unwidersprüchliche, klare, vorzüglich geordnete Weise verhalten und wäre vielleicht, für den menschlichen Beobachter, von genialer schöpferischer Leistungs- und Entscheidungsfähigkeit, aber es wäre nicht im geringsten ein Mensch, es wäre ganz ohne seine „geheimnisvolle Tiefe“, seine inneren „Verdrehungen“, seine labyrinthische Natur ...

(Stanislaw Lem, aus: „Die vollkommene Leere“, Suhrkamp, erste Auflage von 1981)

Lebenslauf

Name Ole Traupe
Adresse Metzstraße 6, 24116 Kiel
Geburtsdatum 7. August 1978 (Flensburg)

Schulbildung

1985–1989 Friedheimschule Flensburg
1989–1998 Fördegymnasium Flensburg

Hochschulbildung

2000–2005 Diplomstudium der Psychologie
am Institut für Psychologie
der Christian-Albrechts Universität zu Kiel
September 2005 Erlangung des Diploms der Psychologie

2006–2012 Promotionsstudium der Psychologie
am Institut für Psychologie
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
bei Prof. Dr. Christian Kaernbach
Mai 2012 Erlangung des Doktorgrades der Psychologie
der Philosophischen Fakultät

Kiel, im Juni 1012