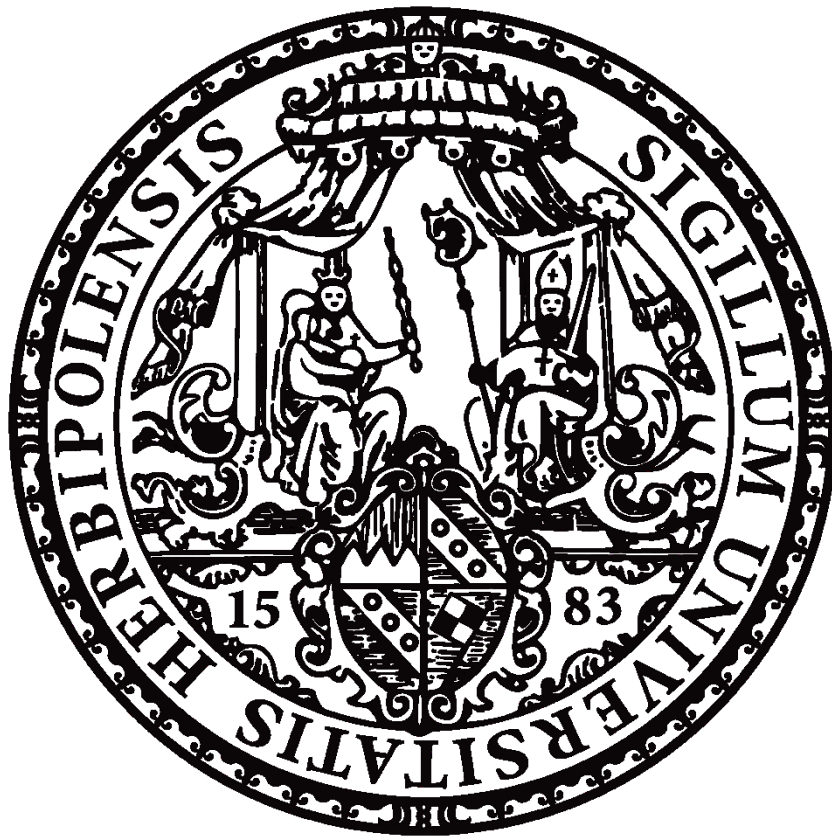


Kontextuelle und differentielle Einflüsse auf die neurophysiologische Verarbeitung wütender und neutraler Gesichter

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Fakultät für Humanwissenschaften der Julius-Maximilians-Universität Würzburg



Vorgelegt von
Christian Karl
aus Moos

Würzburg
2018

Erstgutachter: Professor Dr. Johannes Hewig

Zweitgutachter: Professor Dr. Roman Osinsky

Tag des Kolloquiums: 21.12.2018

Gewidmet meiner Familie.

I. Inhaltsverzeichnis

I.	Inhaltsverzeichnis	1
II.	Einleitung	3
A.	Mimik als Kommunikationsform	3
B.	Die besondere Bedeutung eines wütenden Gesichtsausdrucks	4
C.	Neurophysiologische Verarbeitung von Gesichtsausdrücken.....	6
D.	Bedeutung des Kontexts für die Gesichtsverarbeitung.....	9
E.	Bedeutung sozialer Ängstlichkeit für die Verarbeitung wütender Gesichter	11
1.	Einfluss der sozialen Ängstlichkeit auf die Stimulusverarbeitung.....	12
2.	Attentional Control Theory und kognitive Auslastung.....	16
F.	EEG im Kontext der Gesichtsverarbeitung	18
1.	N170	18
2.	Early Posterior Negativity	19
3.	Late Positive Potential	20
4.	Sequenzbedingte Modulation der EKP.....	21
5.	Einfluss der individuellen Ängstlichkeit auf die EKP.....	23
G.	Beschreibung des Vorhabens	25
H.	Zusammenfassung der Hypothesen	27
I.	Hinweis	28
III.	Material & Methoden.....	29
A.	Übersicht	29
B.	Allgemeiner Aufbau der Studie I	30
1.	Versuchspersonen	30
2.	Genereller Ablauf	31
3.	Verwendete Stimuli.....	32
4.	Verhaltensaufgabe	32
C.	Allgemeiner Aufbau der Studie II	34
1.	Versuchspersonen	34
2.	Genereller Ablauf	35
3.	Verwendete Stimuli.....	35
4.	Verhaltensaufgabe	35
D.	Verwendete Fragebögen.....	37
1.	SPAI.....	37

2.	State-Trait Anxiety Inventory (STAI).....	37
E.	EEG Aufzeichnung und Analyse	38
F.	Statistische Auswertung	40
1.	Sequentielle Effekte	41
2.	Differentielle Effekte	41
3.	sLORETA Analysen	43
IV.	Ergebnisse.....	44
A.	Sequentielle Effekte	44
1.	N170	44
2.	EPN	48
3.	LPP	52
4.	Reaktionszeit	54
B.	Differentielle Effekte	57
1.	Induktion & Gruppenvergleich	57
2.	N170	58
3.	EPN	61
4.	LPP	63
5.	Reaktionszeiten	66
C.	sLORETA Analysen	69
V.	Diskussion	73
A.	Sequenzen und emotionaler Gesichtsausdruck	73
1.	N170	73
2.	EPN	77
3.	LPP	80
B.	SLORETA	82
1.	N170 & EPN	82
2.	LPP	83
C.	Differentielle Effekte und kognitive Auslastung.....	84
1.	N170	84
2.	EPN & LPP	86
3.	Reaktionszeiten	86
4.	Übertragbarkeit der Befunde	88
D.	Revidiertes Model zur Gesichtsverarbeitung	90
VI.	Literaturliste	92
VII.	Eidesstattliche Erklärung	124

II. Einleitung¹

A. Mimik als Kommunikationsform

Der Mensch ist ein hochgradig soziales Lebewesen und als solches ist für ihn der Informationsaustausch, v. A. die Übermittlung seines emotionalen Zustandes, mit seinen Artgenossen von essentieller Bedeutung. So erfüllen Emotionen neben dem funktionalen Aspekt der Handlungsvorbereitung (Frijda, 1989) vor allem eben auch einen kommunikativen Aspekt (Darwin, 1872). Wenig verwunderlich ist es daher, dass der Mensch für diesen wichtigen Informationsaustausch verschiedenste Kommunikationskanäle verwendet und sich dabei der gesamten Bandbreite der Sinnesmodalitäten bedient.

Die prominenteste Form der Kommunikation stellt dabei die Lautäußerung in Form von Sprache dar. Diese akustische Verständigungsform ermöglicht es ihm auch über längere Distanzen und ohne direkten Sichtkontakt komplexe Informationen auszutauschen. Zusätzlich kann durch die Intonation der Sprache (Prosodie) auch die emotionale Befindlichkeit des Senders zum Ausdruck gebracht werden. Allerdings handelt es sich bei dieser Form der Verständigung um eine sehr komplexe Form der Kommunikation, die in der Entwicklungsgeschichte des Menschen eher spät entstanden ist (siehe Chomsky, 2012 aber auch Pinker, 2013) und nur für diejenigen verständlich ist, die die Sprache auch verstehen.

Daneben bedient sich der Mensch aber auch evolutionsgeschichtlich viel älteren Kommunikationsformen die deutlicher unbewusster verarbeitet werden. So sendet er olfaktorische Signale z.B. in Form des Haupthistokompatibilitätskomplexes (MHC) aus, um

¹ Dieser Abschnitt basiert auszugsweise auf meiner Publikation „Passing faces: sequence-dependent variations in the perceptual processing of emotional faces“ (Karl, Hewig, & Osinsky, 2016).

genetisch möglichst unterschiedliche Geschlechtspartner anzulocken (Neefjes, Jongma, Paul, & Bakke, 2011; Wedekind, Seebeck, Bettens, & Paepke, 1995), oder emittiert andere chemosensorische Signale, um Angst, bzw. Gefahr zu signalisieren (Groot, Semin, & Smeets, 2014; Zhou & Chen; 2009). Obgleich diese chemosensorischen Signale zumindest teilweise den emotionalen Zustand des Gegenübers vermitteln können, ist jedoch die Informationsübertragung mittels Diffusion von flüchtigen Botenstoffen über die Luft für schnelle soziale Interaktionen viel zu langsam und ungerichtet.

Viel schneller als diese auditive, oder olfaktorische Übermittlung von Informationen findet hingegen die visuelle Übertragung in Form von Mimik oder Gestik statt. Gesichter vermitteln dabei nicht nur das Geschlecht und Alter unseres Gegenübers, sondern über den zur Schau gestellten emotionalen Gesichtsausdruck auch dessen Befindlichkeit und Intention. Das Besondere dabei ist, dass die Mimik als Signal für die emotionale Verfassung des Senders auch kulturübergreifend verstanden wird, was schon in den frühen Studien von Ekman und Kollegen (Ekman, Sorenson, & Friesen, 1969; Ekman & Friesen 1971) gezeigt werden konnte. Diese universelle Verbreitung, Emotionen mittels Mimik auszudrücken, deutet auf die essentielle Bedeutung von Mimik für den Erfolg des menschlichen Zusammenlebens und ihre Bedeutung für die Etablierung eines Sozialgefüges hin (Leitenberg, 1990; Rothermund, Eder, & Eder, 2011).

B. Die besondere Bedeutung eines wütenden Gesichtsausdrucks

Hinsichtlich welcher Emotionen man dabei die Gesichtsausdrücke einteilt, ist aber noch immer nicht abschließend geklärt. Der klassische Ansatz von Ekman (1982), die Gesichtsausdrücke nach sechs Basisemotionen (Freude, Angst, Wut, Überraschung, Trauer

und Ekel) zu klassifizieren, hat sich immer weiter verfeinert, so dass die Mimik in neueren Studien inzwischen auch hinsichtlich komplexeren, zusammengesetzten Emotionen (Du, Tao, & Martinez, 2014) differenziert wird.

So oder so zeigte sich, dass neben fröhlichen Gesichtern vor allem wütende Gesichtsausdrücke sehr zuverlässig und schnell erkannt werden. Dies ist nicht überraschend, denn die rasche und sichere Identifizierung wütender Gesichter war und ist von extrem hoher evolutionärer Relevanz, stellen diese doch eine direkte potentielle Bedrohung für den Beobachter dar. So konnten schon mehrere Studien erfolgreich belegen (Hansen & Hansen, 1988; Ashwin, Wheelwright, & Baron-Cohen, 2006; Pinkham, Griffin, Baron, Sasson, & Gur, 2010), dass wütende Gesichter, sogar im Gegensatz zu fröhlichen Gesichtern, in Menschenansammlungen stärker herausstechen und dem Beobachter deutlich schneller auffallen als andere Gesichtsausdrücke. Dies deutet zum einen auf eine besondere Relevanz von wütenden Gesichtern für den Beobachter hin und zum anderen auch auf eine spezielle Verarbeitung dieses Gefahrensignals. Auch etliche andere Experimente belegen diesen „Überlegenheitseffekt“ von wütenden Gesichtern, so z.B. im Kontext der Change Blindness (Lyyra, Hietanen, & Astikainen, 2014), im Kontext einer visuellen Suche (Fox et al., 2000) oder allgemein im Kontext selektiver Aufmerksamkeitslenkung (Feldmann-Wüstefeld, Schmidt-Daffy, & Schubö, 2011; Fox & Damjanovic, 2006; Huang, Chang, & Chen, 2011).

Kurz: ein wütendes Gesicht vermittelt ein unmittelbares, ehrliches Signal für Bedrohung (Reed, de Scioli, & Pinker, 2014), bei dem sowohl dem Sender, als auch dem Empfänger daran gelegen ist, ein möglichst klare und fehlerfreie Informationsübertragung sicher zu stellen. Kann der Empfänger, d.h. derjenige der wütend angeblickt wird, doch dadurch auf diesen sozialen Konflikt noch vor einer physischen Eskalation reagieren. Auf der anderen Seite kann aber auch der Aggressor durch zur Schau stellen dieser Drohgebärde seine

Dominanz deutlich machen, ohne Gefahr zu laufen in einer gewalttätige Auseinandersetzung verletzt zu werden.

Eben aufgrund dieser großen Bedeutung und ihrer Sonderstellung sollen für diese Arbeit wütende Gesichter im Fokus der Untersuchungen stehen.

C. Neurophysiologische Verarbeitung von Gesichtsausdrücken

Diese enorme Relevanz von Gesichtsausdrücken im Allgemeinen spiegelt sich dabei in ihrer kognitiven Verarbeitung wieder. Dass Gesichter eine Sonderstellung in der visuellen Verarbeitung einnehmen, wird schon durch den sog. Face Inversion Effekt deutlich, welcher sich darin äußert, dass die Verarbeitung von Gesichtern stärker beeinträchtigt wird, als von allen anderen visuellen Stimuli, wenn sie um 180° gedreht präsentiert werden. Obgleich es auch einige kritische Stimmen gibt (siehe z. B. Valentine, 1988), konnte dieser Effekt schon auf zahlreiche Weise repliziert werden (siehe u. A. Murray, Yong, & Rhodes, 2000; Rossion & Gauthier, 2002; Yovel & Kanwisher, 2004). Ob dieser Effekt jedoch daher resultiert, dass Gesichter in ihrer Ganzheit als Repräsentationen im Gehirn gespeichert werden (Farah, Tanaka, & Drain, 1995), oder z.B. durch einen Flaschenhals-Effekt in der Encodierung bei der Verarbeitung der Konfigurationsinformationen auftritt (Freire, Lee, & Symons, 2000), ist noch immer nicht abschließend geklärt.

Beiderseits ist es naheliegend ein spezielles Netzwerk verschiedener Gehirnregionen zur Analyse von Gesichtsreizen zu erwarten. Gemäß dem anerkannten Model von Haxby und Kollegen zur neuronalen Verarbeitung von Gesichtern, werden (emotionale) Gesichtsausdrücke in zwei hintereinander geschalteten Systemen verarbeitet (Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2000; Haxby & Gobbini, 2011; siehe Abb. 1).

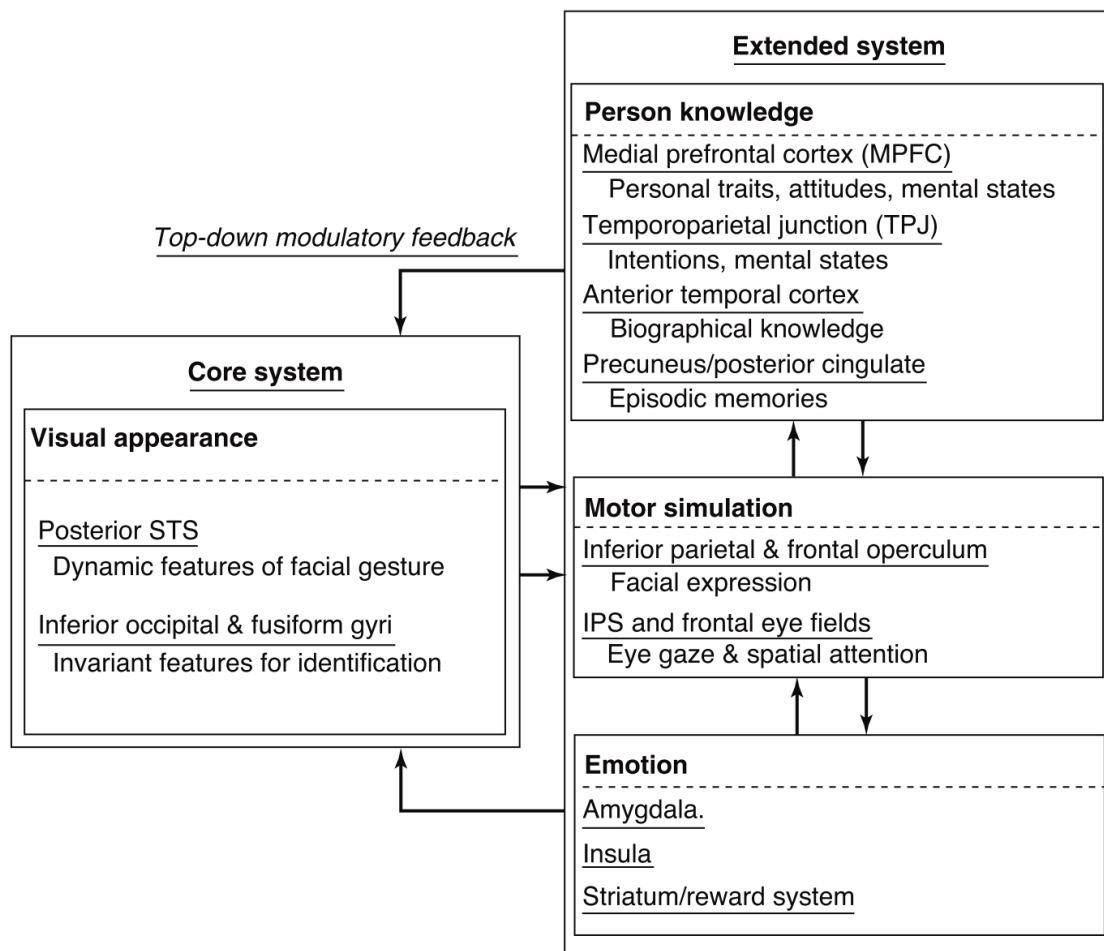


Abb. 1 Übersicht des überarbeiteten Gesichtsverarbeitungssystems nach Haxby und Kollegen (entnommen aus Haxby & Gobbini, 2011)

Das Kernsystem in diesem Modell ist für die grundlegende visuelle Decodierung des Gesichts verantwortlich und besteht wesentlich aus dem Okzipitalen Gesichtsareal (OFA), dem Fusiformen Gesichts Areal (FFA) und dem posterioren superioren temporal Sulcus (pSTS). Das OFA repräsentiert dabei die initiale Verarbeitungsstufe der Gesichtsverarbeitung und analysiert das Gesicht hinsichtlich einzelner invarianter Gesichtskomponenten (Pitcher, Walsh, Yovel, & Duchaine, 2007; Pitcher, Walsh, & Duchaine, 2011; Puce, Allison, Asgari, Gore, & McCarthy, 1996), ohne die relative Konfiguration der einzelnen Komponenten zueinander zu berücksichtigen. Das FFA hingegen ist insbesondere für die Identitätserkennung (z.B. Hoffman & Haxby, 2000; Loffler, Yourganov, Wilkinson, &

Wilson, 2005; Rotshtein, Henson, Treves, Driver, & Dolan, 2005) und für die Verarbeitung statischer Gesichtsinformationen wichtig (z.B. Parvizi et al., 2012; Kanwisher, McDermott, & Chun, 1997). Daneben scheint das FFA zudem ebenso in der Analyse emotionaler Gesichtsausdrücke involviert zu sein (Geyer et al., 2008; Vuilleumier, Armony, Driver, & Dolan, 2001), was zusammen mit seinen anderen Funktionen auf eine sehr essentielle Bedeutung in der Gesichtsverarbeitung hinweist (Calder & Young, 2005).

Im Gegensatz zum OFA und FFA ist der pSTS vor Allem für die Erfassung und Analyse sich verändernder Gesichts-Merkmale, wie die Augenbewegung oder dynamische Veränderungen der fazialen Muskulatur, d.h. der Mimik (Puce et al., 1996; Engell & Haxby, 2007), von Bedeutung. Nach einer aktuellen Studie von Flack und Kollegen (2015) findet diese Analyse im pSTS allerdings nicht ganzheitlich, holistisch sondern merkmalsbasiert statt.

Obgleich lange Zeit die Lehrmeinung vorherrschte, dass die angesprochenen Regionen des Kernsystems Domänen-spezifisch für die Gesichtsverarbeitung zuständig sind (u. A. Kanwisher, 2000), mehren sich in neuerer Zeit immer mehr Befunde, dass diese Regionen eben nicht speziell für die Verarbeitung von Gesichtern, sondern auch für die Verarbeitung visueller Stimuli anderer Domänen verantwortlich sind (Collins, Zhu, Bhatt, Clark, Joseph, 2012). So konnte z.B. eine Studie von Zachariou, Safiullah und Ungerleider (2015) nachweisen, dass das FFA, trotz seiner zentralen Rolle in der Gesichtsverarbeitung, im gleichen Maße wie für Gesichter auch von anderen visuellen Stimuli aktiviert werden kann.

Diese initiale visuelle Analyse im OFA, pSTS und FFA bildet nun die Grundlage auf der die detailliertere Verarbeitung im sog. Erweiterten Gesichtsverarbeitungssystem aufbaut. Bei diesem System handelt es sich um ein komplexes Netzwerk aus mehreren verschalteten Gehirnregionen, welche für die „höhere“ Verarbeitung und Interpretation von Gesichtsausdrücken verantwortlich sind (Haxby et al., 2000; Haxby & Gobbini, 2011), wie z. B. seine emotionale Deutung oder Verknüpfung des Gesichts mit bibliographischen

Informationen. Bei der Interpretation emotionaler Gesichtsausdrücke werden zum einen Areale aktiviert, die bekannter Weise für die Emotionssteuerung zuständig sind. Besonders hervorzuheben sind dabei die Amygdala (Whalen et al., 2001), welche eine essentielle Rolle in der Bedrohungserkennung und Angstkonditionierung spielt (LeDoux, 2007; Phelps & LeDoux, 2005; Zald, 2003), sowie die Insula (Phillips et al., 1997), die u. A. für die Verarbeitung von sozialen Emotionen sehr bedeutsam ist (Nieuwenhuys, 2012). Zum anderen werden aber auch Spiegelneurone im frontalen Operculum aktiviert, welches auch als Teil des Erweiterten Gesichtsverarbeitungssystems gilt (Montgomery & Haxby, 2008) und für die Empathiefähigkeit, d.h. für das „Nachfühlen“ der empfangenen Emotionsinformation, wesentlich ist.

Zusammengefasst entsteht der von uns wahrgenommene emotionale Gesichtsausdruck demnach also durch ein komplexes, hierarchisches System interagierender Gehirnregionen. Trotz der Komplexität dieses Modells von Haxby und Kollegen wurde dabei jedoch der Kontext, in dem ein Gesicht eingebettet ist, bzw. der Einfluss, den der Kontext auf die neuronale Verarbeitung eines emotionalen Gesichtsausdrucks ausübt, kaum berücksichtigt.

D. Bedeutung des Kontexts für die Gesichtsverarbeitung

Wir wissen aus vielen Alltagsbeispielen: Wie wir einen emotionalen Gesichtsausdruck deuten, hängt immer stark von dem Kontext ab, in dem wir ihn sehen. Ist die Person fröhlich-überrascht, oder schockiert-überrascht? Schaut eine Person ängstlich, weil sie Furcht vor mir hat, oder vor etwas anderem, was auch mich bedrohen könnte? All diese Fragen können nur mit Zusatzinformationen beantwortet werden, d.h. Informationen die in die neuronale Verarbeitung und Interpretation eines Gesichtsausdrucks integriert werden müssen (Für eine

Übersicht siehe Wieser & Brosch, 2012). So spielt beispielsweise die Körperhaltung der Person, dessen Gesicht wir betrachten (Gu, Mai, & Luo, 2013; Meeren, van Heijnsbergen, de Gelder, 2005; Aviezier et al., 2008), oder ihre Blickrichtung (Adams & Kleck, 2005; Benton, 2010) eine entscheidende Rolle, wie wir ihren Gesichtsausdruck verarbeiten. Aber auch der visuelle Hintergrund, in dem das Gesicht eingebettet ist (Righart & de Gelder, 2006, 2008) und der auditive Kontext, der dazu wahrgenommen wird (De Gelder, & Vroomen, 2000; Massaro, & Egan, 1996), oder wie gut man sich auf das Gesicht konzentrieren kann (Yang, Wang, Jin, Li, 2015) sind wichtige Einflussfaktoren für die Verarbeitung des Gesichtes. Daneben spielen auch die eigenen affektiven Erfahrungen (Suess, Rabovsky, & Abdel Rahman, 2015) und differentialpsychologische Aspekte der eigenen Persönlichkeit eine wichtige Rolle (z.B. Nakashima, Morimoto, Takano, Yoshikawa, & Hugenberg, 2014).

Jedoch ist es überraschend, dass der Einfluss eines weiteren kontextueller Faktors, der sequentielle Abfolge emotionaler und neutraler Gesichtsausdrücke bisher noch nicht untersucht wurde. Dies ist insofern erstaunlich, als dass die dynamische Integration zeitlich versetzt einlaufender Informationen eines der charakteristischen Besonderheiten unseres Gehirns ist und folglich auch in der Gesichtsverarbeitung einen hohen Stellenwert haben sollte. Aktuell mehren sich die Indizien für genau einen derartigen Einfluss. So haben schon einige Studien belegen können, dass die neuronale Verarbeitung eines aktuell wahrgenommenen Gesichtes von chronologisch vorangehenden Informationen moduliert wird. Beispielsweise wurde schon gezeigt, dass die Gesichtsverarbeitung durch zuvor gelesene Sätze, die als Kontext für das Gesicht präsentiert wurden, beeinflusst wird (Kim et al., 2004; Schwarz, Wieser, Gerdes, Mühlberger, & Pauli, 2013). Andere Untersuchungen (Egner & Hirsch, 2005; Osinsky, Gebhardt, Alexander, & Hennig, 2012) deuten außerdem darauf hin, dass die Verarbeitung aufgabenrelevanter Gesichtsausdrücke von top-down Kontrollsignalen moduliert wird, welche wiederum durch eine vorangegangenen Stimulus-Reaktions-Konflikt getriggert wurden – ein Phänomen, das als Konfliktadaption bekannt ist (Botvinick, Braver,

Barch, Carter, & Cohen, 2001; Gratton, Coles, & Donchin, 1992). Im Lichte dieser Befunde ist es naheliegend anzunehmen, dass ebenfalls die Gesichtsverarbeitung durch die sequentielle Abfolge emotionaler und neutraler Gesichtsausdrücke beeinflusst werden sollte. Aus diesem Grunde soll mit dieser Arbeit eben jene dynamische Integration erfasst und in das bis dato eher statische Modell von Haxby und Kollegen eingeordnet werden.

E. Bedeutung sozialer Ängstlichkeit für die Verarbeitung wütender Gesichter

Es liegt nicht fern zu erwarten, dass für die Verarbeitung von wütenden Gesichtern auch verschiedene Persönlichkeitsfaktoren von Bedeutung sind. Eine besonders wichtige Rolle nimmt dabei die soziale Ängstlichkeit einer Person ein. Soziale Ängstlichkeit ist eine persistierende Angst vor negativer Einschätzung durch andere, welche in gewissen (sozialen) Situationen eintritt, in denen man kritisch beurteilt werden könnte, und fast immer eine sofortige Angstreaktion auslöst (frei nach American Psychiatric Association, 2013)

Wie zu erwarten ist, geht soziale Ängstlichkeit zudem häufig mit schweren Beeinträchtigungen im sozialen Alltag einher und wirkt sich nachhaltig negativ auf die persönliche Lebensqualität aus (Rapee, 1995; Schneier et al., 1994). Dies gilt nicht nur für pathologische Ausprägungen der sozialen Ängstlichkeit (Kessler et al., 2005a, 2005b), sondern auch schon im subklinischen Bereich (Davidson, Hughes, George, & Blazer, 1994). Womit auch aus klinischer Perspektive eine hohe Relevanz besteht die veränderte kognitive Verarbeitung unter sozialer Ängstlichkeit zu untersuchen.

Ein wütendes Gesicht kann in dieser Beziehung als Zeichen sozialer Feindseligkeit und Ablehnung interpretiert werden und ist für sozial Ängstliche, welche im hohen Maße die Ablehnung des Gegenübers fürchten, ein äußerst negativer und u. U. Phobie auslösendes Signal. Aus diesem Grunde wurde für diese Arbeit auch der Fokus auf soziale und allgemeine Ängstlichkeit als differentielle Einflussfaktoren auf die neuronale Verarbeitung bei sequentieller Darbietung wütender und neutraler Gesichtsreize gelegt und im Detail untersucht.

1. Einfluss der sozialen Ängstlichkeit auf die Stimulusverarbeitung

Es gibt zwei maßgebliche Modelle über den Einfluss von sozialer Ängstlichkeit auf die internen Vorgänge im Gehirn. Nach dem Modell von Clark und Wells (1995) führt ein bedrohlicher Reiz bei sozial phobischen Personen dazu, dass ein automatisches Angstprogramm angestoßen wird, bei dem die Aufmerksamkeit selbstfokussiert nach innen gerichtet wird (siehe Abb. 2).

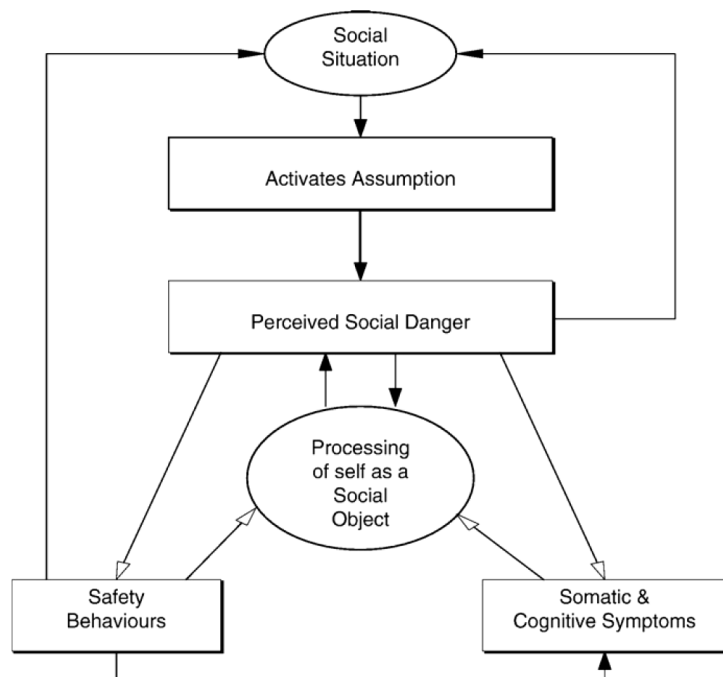


Abb. 2 Kognitives Verhaltensmodell (überarbeitet) von Clark und Wells zur Angstreaktion bei Sozialphobikern (Clark, 2011).

Diese Aufmerksamkeitsverlagerung weg von externen Informationen ist u. A. auch der Grund für den beobachteten Leistungsabfall unter Experimentalbedingungen in einer gerade

bearbeiteten Aufgabenstellung. Zudem verhindert sie die Wahrnehmung von Informationen, welche nicht zu der sozialen Angst der Person passen, wodurch eben diese Angst auch aufrechterhalten wird.

Das Modell von Rapee und Heimberg (1997) hingegen beschreibt, neben der vermehrt nach innen gerichteten Aufmerksamkeitslenkung, wie sie ebenfalls im Modell von Clark und Wells vorkommt, auch eine Zunahme der Aufmerksamkeit auf externe Reize, die als Bedrohung wahrgenommen werden (siehe Abb. 3). Durch diesen übertriebenen Fokus auf potentiell gefährliche Reize, wird zum einen die Angst weiter befeuert und zum anderen führt sie auch, zusammen mit dem verstärkt nach innen gerichteten Aufmerksamkeitsfokus, zu

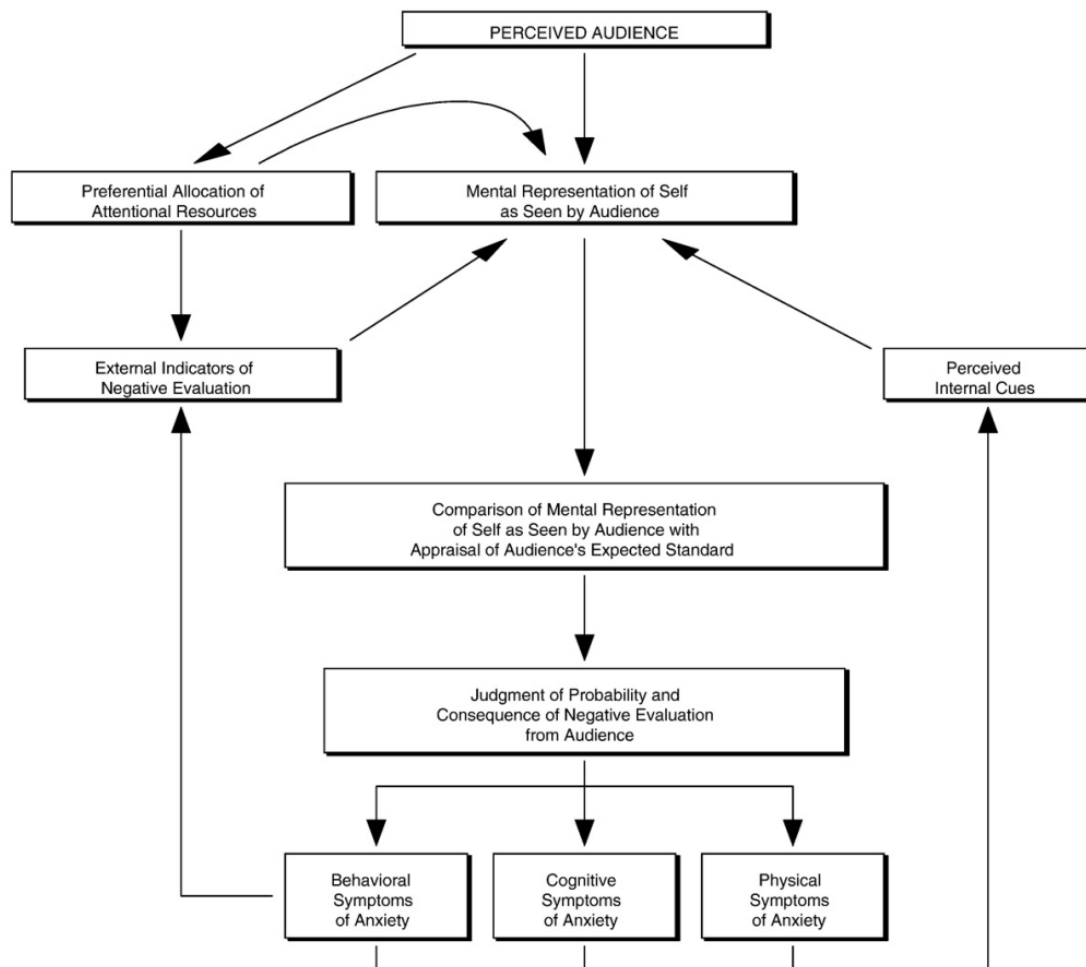


Abb. 3 Kognitives Verhaltensmodel von Rapee und Heimberg (1997) zur Sozialen Ängstlichkeit.

Leistungsdefiziten durch die für andere Aufgaben vermindert zur Verfügung stehenden Aufmerksamkeitsressourcen.

Somit besteht, trotz gewissen Übereinstimmungen, ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Modellen: Während das Modell von Rapee und Heimberg eine erhöhte Vigilanz für bedrohliche Reize postuliert, postulieren Clark und Wells eine Vermeidungsreaktion in Form einer reduzierten Aufmerksamkeit auf derartige Gefahr signalisierende Stimuli. Das Modell von Rapee und Heimberg wird inzwischen von etlichen Studien gestützt, deren Befunde gegen die Hypothesen von Clark und Wells sprechen und bei Probanden mit erhöhter Angst eine verstärkte Aufmerksamkeitslenkung auf bedrohliche Reize nachweisen konnten (für eine Übersicht siehe Bar-Haim, Lamy, Pergamin, Bakermans-Kranenburg, & van IJzendoorn, 2007), unabhängig davon, ob es sich dabei um Angst als Eigenschaft (z.B. Keogh, Dillon, Georgiou, & Hunt, 2001; Koster, Crombez, Verschuere, Van Damme, & Wiersema, 2006; Moriya, & Sugiura, 2013), oder als Zustand handelte (Garner, Mogg, & Bradley, 2006; Mogg, Bradley, DeBono, & Painter, 1997).

Obgleich beide Modelle eine Aufmerksamkeitsveränderung beschreiben, so gehen sie jedoch nicht im Detail darauf ein, was diese „Schieflage der Aufmerksamkeitsverteilung“, bzw. die fehlende Aufmerksamkeitskontrolle verursacht. Eine Erklärung dafür wurde von Eysenck und Kollegen (2007) mit der Attentional Control Theory geliefert (siehe auch Eysenck & Derakshan, 2011; Derakshan & Eysenck, 2009), für die es inzwischen auch zahlreiche Belege gibt (z.B. Ansari, Derakshan, & Richards, 2008; Ansari, & Derakshan, 2010; Gorlin & Teachman, 2015; Ladouceur et al., 2009; Zhang, Zhou, & Zou, 2015). Gemäß ihrer Theorie wird die verstärkte Aufmerksamkeitsverschiebung auf bedrohliche Reize durch eine Verschiebung des Gleichgewichts, zwischen dem reizgetriebenen Bottom Up – Aufmerksamkeitssystem und dem zielgerichteten Top Down – Aufmerksamkeitssystem hervorgerufen. Während beide Systeme sich normalerweise in Balance befinden, überwiegt

bei Personen mit erhöhter Angst das Bottom Up – System auf Kosten des Top Down – Systems, was eine verminderte Fähigkeit zur Aufmerksamkeitskontrolle nach sich zieht (siehe Corbetta & Shulman, 2002; Reynolds, & Chelazzi, 2004). Diese äußert sich dann wiederum in der - wie durch Rapee und Heimberg beschriebenen - gesteigerten Aufmerksamkeit auf bedrohliche externe Reize. Allerdings kann jenes Ungleichgewicht in der Aufmerksamkeitssteuerung bei Personen mit erhöhter Angst auch von diesen ausgeglichen werden, indem sie zusätzliche kognitive Ressourcen rekrutieren. Dies geht natürlich wiederum mit einem erhöhten Maß an kognitiven Aufwand einher und bedingt die, in dem Modell von Rapee und Heimberg beschriebene, reduzierte Effizienz für parallel ablaufende Verhaltensreaktionen der sozial Ängstlichen Person.

Ganz ähnlich sind die Aussagen des Dual Mechanisms of Control Modells von Braver und Kollegen (Braver, Gray, & Burgess, 2007; Pisapia & Braver, 2006), welches zwischen zwei grundsätzlichen Modi zur Aufmerksamkeitskontrolle unterscheidet. Während niedrig-ängstliche Personen sich eher in dem proaktiven Aufmerksamkeitsmodus befinden, in dem permanent ein hohes Level an kognitiver Kontrolle über den Aufmerksamkeitsfokus ausgeübt wird, befinden sich hoch-ängstliche Personen überwiegend in dem reaktiven Aufmerksamkeitsmodus. In Letzterem ist die kognitive Kontrolle deutlich geringer ausgeprägt und wird nur reaktiv hochgefahren, wenn dies die Situation erfordert, weil z.B. trotz bedrohlichem Stimulus eine Aufgabe bewältigt werden muss (Fales et al., 2008; Krug & Carter, 2012; MacNamara & Proudfit, 2014; Vytal, Cornwell, Letkiewicz, Arkin, & Grillon, 2013).

Im Kontext der Verarbeitung eines bedrohlichen Gesichtsausdrucks legen sowohl die Attentional Control Theory, als auch das Dual Mechanisms of Control Modell die Vermutung nahe, dass aufgrund der dynamischen Aufmerksamkeitsprozesse vor allem dann eine besonders starke Form der Aufmerksamkeitsverzerrung bei hochgradig Ängstlichen zu

beobachten sein müsste, wenn mehrere neutrale Gesichtsausdrücke einem wütenden Gesichtsausdruck vorangehen. Demgegenüber sollten bei mehreren aufeinanderfolgenden Darbietungen von wütenden Gesichtern kompensatorische Mechanismen in Kraft treten (Rekrutierung zusätzlicher kognitiver Ressourcen, bzw. Wechsel in den proaktiven Modus), wodurch die Unterschiede zu niedrig Ängstlichen in der kognitiven Verarbeitung von wütenden Gesichtern ausgeglichen werden sollten. Allerdings fehlten noch immer gesicherte wissenschaftliche Befunde zu diesem sozial äußerst relevanten Phänomen, weswegen dies zu einen wesentlichen Kernthema dieser Dissertation wurde. Da bisher außerdem noch nicht untersucht wurde, wie dieser Einfluss auf neurophysiologischer Ebene in dem Gesichtsverarbeitungsmodell von Haxby und Kollegen verordnet werden könnte, war dies ein weiteres Forschungsziel dieser Arbeit.

2. Attentional Control Theory und kognitive Auslastung

Nach der Attentional Control Theory können Defizite in der Aufmerksamkeitslenkung bei Hochhängstlichen durch die Rekrutierung zusätzlicher kognitiver Ressourcen kompensiert werden (s.o.). Folglich liegt es nicht fern auch einen Zusammenhang zwischen den beobachteten Aufmerksamkeitsdefiziten bei ängstlichen Personen und der momentanen kognitiven Beanspruchung durch z.B. eine aktuell bearbeitete Aufgabe zu vermuten (für eine Übersicht siehe Berggren & Derakshan, 2013a). Denn je schwieriger die Aufgabe ist, desto mehr kognitive Ressourcen werden durch die Aufgabe gebunden und desto geringer sollte die freie Verfügbarkeit eben jener kognitiven Ressourcen, d.h. die Möglichkeit zur Kompensation des Aufmerksamkeitsungleichgewichts, ausfallen.

Obgleich es einige Studien gibt, die keinen derartigen Zusammenhang feststellen konnten (Berggren, Richards, Taylor, & Derakshan, 2013; MacNamara, Ferri, & Hajcak, 2011) oder sogar einen gegenteiligen Effekt fanden (Najmi, Amir, Frosio, Ayers, 2015), gibt es

inzwischen eine deutliche Mehrheit an Studien, die eben genau jene verstärkte Zunahme der Aufmerksamkeitslenkung auf negativ valente Reize bei Hochhängstlichen unter einer erhöhten kognitiven Beanspruchung fanden. Dabei gibt es sowohl behaviorale Befunde für einen derartigen Effekt bei erhöhter sozialer Ängstlichkeit (Judah, Grant, Lechner, & Mills, 2013; Soares, Rocha, Neiva, Rodrigues, & Silva, 2015), aber auch bei erhöhter allgemeiner Ängstlichkeit (Trait-Angst) Berggren & Derakshan, 2013b; Berggren, Blonievsky, & Derakshan, 2015; Ladouceur et al., 2009), oder übersteigerte Besorgnis (Stout, Shackman, Johnson, & Larson, 2015). Inzwischen gibt es sogar einige Belege, die auf neurophysiologischer Ebene eine Interaktion zwischen der individuellen Ausprägung der Ängstlichkeit, der kognitiven Auslastung und der verstärkten Aufmerksamkeitslenkung auf negativ valente, bedrohliche Reize nachweisen konnten (MacNamara & Proudfit, 2014; Owens, Derakshan, & Richards, 2015; Qi, Ding, & Li, 2014; Qi et al., 2014)

Eine Studie von Edwards, Moore, Champion, und Edwards (2015) liefert sogar eindeutige Hinweise darauf, dass es in Bezug auf die Aufmerksamkeitssteuerung eine Interaktion zwischen der individuellen, prädispositionalen Ausprägung an sozialer Ängstlichkeit, der aktuellen Zustandsangst und der momentanen kognitiven Auslastung gibt. So fanden sie nur dann eine positive Korrelation zwischen der erhöhten Eigenschaftsangst von Probanden mit niedriger Arbeitszeitgedächtnis-Kapazität und eine Verschlechterung in ihrer Effizienz zur Aufmerksamkeitskontrolle, wenn diese sich momentan sozial gestresst fühlten. Dieses Ergebnis ist nicht nur konform mit den Befunden zur situationellen Trait-Relevanz (siehe u.A. Tett & Guterman, 2000), sondern zeigt damit ebenso das komplexe Zusammenspiel mehrerer verschiedener kontextueller Faktoren für die neurokognitive Verarbeitung auf.

Eben jene Interaktion zwischen der individuellen Ängstlichkeit und kognitiven Auslastung (bei situationeller Bedrohung) wurde deswegen auch in einer zweiten Studie zur sequentiellen Modulation der Gesichtsverarbeitung, im Rahmen dieser Promotion, untersucht. Zur

Steigerung der kognitiven Auslastung wurde dabei eine Dual Task Aufgabe in Form einer simplen Memorisierungsaufgabe verwendet (für eine Übersicht zur Dual Task siehe Fischer, & Plessow, 2015; Pashler, 1994).

F. EEG im Kontext der Gesichtsverarbeitung

Ein prominentes Mittel zur Untersuchung der neuronalen Verarbeitungsstufen von Gesichtsausdrücken, bzw. wie diese von kontextuellen Faktoren beeinflusst werden, stellt die Analyse spezifischer Ereigniskorrelierter Potentiale (EKP) dar.

EKPe werden aus einem Elektroenzephalogramm (EEG) abgeleitet, welches aufgrund seiner hohen zeitlichen Auflösung das ideale Werkzeug ist, um auf elektrophysiologischer Ebene die zeitliche Abfolge neuronaler Aktivitätsmuster und die durch sie repräsentierten kognitiven Prozesse zu untersuchen.

1. N170

Eines der bekanntesten und am meisten untersuchtesten EKPe zur Gesichtsverarbeitung ist die N170 (Bötzel, Schulze, & Stodieck, 1995; Bentin et al., 1996). Sie stellt eine negative Auslenkung im EEG Signal über temporal-okzipitale Elektroden im Zeitfenster zwischen 150 - 200ms nach Stimulusbeginn dar. Es wurde schon vielfach nachgewiesen, dass ihre Amplitude für Gesichter im Vergleich zu anderen Stimuli deutlich höher ausfällt (für eine Übersicht siehe Eimer, Calder, Rhodes, & Johnson, 2011). So wird angenommen, dass sie funktional gesehen die frühe Phase der strukturellen Gesichtsanalyse in dem oben erwähnten Kernsystem von Haxbys Gesichtsverarbeitungsmodell repräsentiert (Eimer et al., 2011).

Entsprechend legen Untersuchungen zur Lokalisierung der neuronalen Quellen der N170 auch nahe, dass die Generatoren im ventralen visuellen Verarbeitungspfad liegen, wobei ihr exakter Ursprung jedoch noch immer umstritten ist (Rossion, Joyce, Cottrell, & Tarr, 2003; Itier & Taylor, 2004; Deffke et al., 2007; Henson et al., 2007; Dalrymple et al., 2011). Ähnlich kontrovers diskutiert ist die Frage, ob das N170 Signal durch den Affekt eines emotionalen Gesichtsausdrucks moduliert wird (siehe u. A. Batty & Taylor, 2003; Krombholz, Schaefer, & Boucsein, 2007; Righart & de Gelder, 2008; Tortosa, Lupiáñez, & Ruz, 2013; Zhu, Zhang, Wu, Luo, & Luo, 2010 aber auch Eimer & Holmes, 2002; Holmes, Vuilleumier, & Eimer, 2003; Rellecke, Sommer, & Schacht, 2013).

2. Early Posterior Negativity

Eine andere bedeutende EEG Komponente, welche die emotionale Evaluation visueller Informationen repräsentiert, ist die Early Posterior Negativity (EPN). Es handelt sich dabei um eine negative Potential-Verschiebung über temporal-okzipitale Elektroden, welche 200 - 250ms nach Stimulusbeginn beginnt und über 50 - 150ms anhält (Olofsson, Nordin, Sequeira, & Polich, 2008; Schupp, Flaisch, Stockburger, & Junghöfer, 2006). Es gibt inzwischen schon zahlreiche Belege dafür, dass mit zunehmender evolutionärer Relevanz auch das korrespondierende EPN Signal zunimmt, wie z.B. bei wütenden Gesichtsausdrücken, welche eine drohende Gefahr symbolisieren, im Vergleich zu neutralen Gesichtsausdrücken (Feldmann-Wüstefeld, Schmidt-Daffy, & Schubö, 2011; Rellecke, Sommer, & Schacht, 2012; Schupp et al. 2004).

3. Late Positive Potential

Das Late Positive Potential (LPP) stellt eine späte positive Potentialverschiebung im EEG dar und ist am stärksten über centro-parietalen Elektroden ausgeprägt. Sie beginnt in etwa 300ms post Stimulusbeginn und wird bis zu 1 Sekunde nach Stimulusoffset noch aufrecht erhalten (Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer, & Lang, 2000; Hajcak & Olvet, 2008). Das LPP Signal ist besonders ausgeprägt für stark saliente Reize verschiedenster Art, und tritt z.B. bei Bildern von Personen (Ito & Cacioppo, 2000), Gesichtern (Ferri, Weinberg, & Hajcak, 2012; Weinberg & Hajcak, 2010), oder allgemein bei Stimuli mit emotional affektiver Komponente auf (Hajcak & Olvet, 2008; Schupp et al., 2004). Zudem ist das LPP nicht nur sensitiv für Gesichter im Allgemeinen, sondern wird auch von dem emotionalen Ausdruck des erblickten Gesichts moduliert (Ferri et al., 2012; Macnamara, Foti, Hajcak, 2009; Weinberg & Hajcak, 2010). Aktuelle Studien deuten darauf hin, dass das LPP Signal von einem weit verteilten neuronalen Netzwerk generiert wird, das sich über mehrere kortikale und subkortikale Regionen erstreckt und ein Valenz-spezifisches Aktivitätsmuster aufweist (Liu, Huang, McGinnis-Deweese, Keil, & Ding, 2012; Sabatinelli, Lang, Keil, & Bradley, 2007). So wird die Amplitude des LPP Signals stark durch die affektive Komponente des visuellen Stimulus moduliert, wobei Stimuli, welche ein höheres Arousal hervorrufen, auch ein höheres LPP auslösen, als entsprechende nicht-aufregende Stimuli (Bradley, 2009; Duval, Moser, & Simons, 2013; Keil et al., 2002; Mühlberger et al., 2009; Schupp et al., 2000; Weinberg & Hajcak 2011). Dies gilt also auch insbesondere für emotionale im Vergleich zu neutralen Gesichtsausdrücken (Bublitzky, Gerdes, White, Riemer, & Alpers, 2014; Frühholz, Fehr, & Herrmann, 2009; Van Strien, De Sonnevile, & Franken, 2010).

4. Sequenzbedingte Modulation der EKP

Ein weiterer Punkt, der noch immer Gegenstand wissenschaftlicher Debatten darstellt, ist die Modulation der N170 durch sequentielle Abfolgen dargebotene Gesichter. Werden Gesichter in rascher Folge präsentiert, so führt dies zu einer Verminderung der N170 Amplitude – einem Phänomen, das generell als neuronale Adaption bekannt ist (Grill-Spector, Henson, & Martin, 2006). Auf der einen Seite gibt es einige Studien, welche diesen Effekt bei der N170 nur spezifisch für Gesichter fanden und zwar nur, wenn dasselbe Gesicht in aufeinanderfolgenden Trials präsentiert wurde (Jacques & Rossion, 2006; Jacques, d'Arripe, & Rossion, 2007), wobei teilweise selbst die Blickrichtung des Gesichts eine wichtige Rolle spielte (Eimer, Kiss, & Nicholas, 2010). Auf der anderen Seite jedoch existieren aber auch aktuelle Studien, die nachweisen konnten, dass eine neuronale Adaption der N170 auch bei Nicht-Gesichts-Stimuli ausgelöst werden kann (Cao, Jiang, Li, Xia, & Floyd, 2015; Feuerriegel, Churches, & Keage, 2015; Nemrodov & Itier, 2012). Somit ist diese Frage der neuronale Adaption für die N170 noch nicht abschließend geklärt. So oder so, zeigte sich der Effekt der neuronalen Adaption jedoch nur, wenn die visuellen (Gesichts-) Stimuli in rascher Folge, d.h. im Zeitbereich von wenigen hunderten Millisekunden, hintereinander präsentiert wurden. Da in dieser Arbeit jedoch eine „natürlichere“ Darstellungsform für die Versuche gewählt wurde, bei der die die Probanden zudem nicht nur passiv die Gesichter betrachten, sondern sich aktiv mit Ihnen auseinandersetzen sollten, kann dieser Effekt für die Auswertung der vorliegenden Studienergebnisse ignoriert werden. Desweiteren liegt der Fokus dieser Arbeit zudem nicht auf der „neuronalen Vorbahnung“ durch vorangegangene Stimuli, sondern auf der Modulation der Gesichtsverarbeitung, u. A. repräsentiert durch die N170, in Abhängigkeit von Sequenzen wütender und neutraler Gesichtsausdrücke. Dazu ist allerdings die Befundlage recht spärlich und es existiert soweit nur die Studie von Diéguez-Risco und Kollegen (2013), die sich im entfernten Sinne dieser Thematik genähert hat. Ihnen zufolge wird die N170 nicht durch zuvor gegebene emotionale Informationen - bei ihnen in Form von

textuellen Situationsbeschreibungen - beeinflusst, weswegen auch für die vorliegenden Untersuchungen dieser Promotion keine starke Modulation der N170 durch die Reihenfolge von zuvor gezeigten neutralen und wütenden Gesichtern erwartet wurde.

Für die EPN und LPP hingegen wurde eine deutliche sequentielle Modulation erwartet. Beide EKPe stellen nämlich wichtige Indizes für die kontextuelle Integration in die aktuelle Verarbeitung dar und sind allgemein dafür bekannt, im hohen Maße von dem vorherrschenden Kontext beeinflusst zu werden: z.B. durch den umgebenden visuellen Hintergrund (Frühholz et al., 2009), durch den motivationalen Zustand (Herbert, Deutsch, Platte, & Pauli, 2013), durch die aktuell bearbeitete Aufgabenstellung (Marzi, Righi, Ottonello, Cincotta, & Pia Viggiano 2014; Valdés-Conroy, Aguado, Fernández-Cahill, Romero-Ferreiro, & Diéguez-Risco, 2014), oder durch den sozialen Kontext (Klein, Iffland, Schindler, Wabnitz, & Neuner, 2015; Macnamara et al., 2009). Dennoch, obwohl diese EKPe schon in etlichen Aufgabenstellungen und verschiedenen Kontexten untersucht wurden, gab es bisher noch keine Studie, die diesen Einfluss von Sequenzen neutraler und wütender Gesichtsausdrücke erforscht hat.

Allgemeiner gefasst gibt es auch nur einige wenige Studien, welche sich überhaupt mit den sequentiellen Effekten von emotionalen Bildern befassen haben. Die einzigen Studien dazu stammen von Schupp und Kollegen (Flaisch, Junghöfer, Bradley, Schupp, & Lang, 2008a; Flaisch, Stockburger, & Schupp; 2008b; Schupp, Schmälzle, Flaisch, Weike, & Hamm 2012), welche anhand der EPN und LPP den Einfluss von Stimulussequenzen auf die Verarbeitung von kurzfristig präsentierten neutralen und emotionalen Szenen untersucht haben. Allerdings lieferten diese Studien lediglich recht inkonsistente Befunde. Während Flaisch et al. (2008a; 2008b) kleinere EPN und LPP Amplituden für emotionale Bilder fand, wenn deren Präsentation ein anderes emotionales Bild voranging, fand Schupp et al. (2012) überhaupt keinen Effekt von den zuvor präsentierten Bildern auf die EPN und LPP Reaktion, die durch

das aktuelle Bild ausgelöst wurde. Zusätzlich zu diesen widersprüchlichen Ergebnissen, verwendeten diese drei Studien nicht spezifisch Gesichter als Stimuli, sondern allgemeine emotionale Szenen aus dem International Affective Picture System (IAPS; Lang, Bradley, & Cuthbert, 2005). Da sich diese IAPS Bilder von emotionalen Gesichtsausdrücken jedoch nicht nur in der subjektiven emotionalen Empfindung (Thom, et al., 2014), sondern auch in der Rekrutierung aufmerksamkeitsbezogener neuronaler Ressourcen (Bekhtereva, Craddock, & Müller, 2015) und insbesondere in den hervorgerufenen kortikalen Aktivitätsmustern unterscheiden (Britton, Taylor, Sudheimer, & Liberzon, 2006; Hariri, Mattay, & Daniel, 2002; Sabatinelli, et al., 2011), ist es äußerst fraglich, ob diese Ergebnisse, die anhand der Verwendung von IAPS Bildern gewonnen wurden, auf die sequentielle Modulation der Gesichtsverarbeitung übertragen werden können. Zusammengefasst gibt es somit keine repräsentative Studie, welche den Effekt beschreibt, den vorangegangene wütende und neutrale Gesichter auf die Verarbeitung des aktuell wahrgenommenen Gesichtsausdrucks ausübt, was den Fokus der vorliegenden Arbeit darstellt.

5. Einfluss der individuellen Ängstlichkeit auf die EKP

Es wurde bereits in mehreren Studien untersucht, ob die etwaige emotionale Modulation der N170 bei wütenden Gesichtern von der individuellen sozialen Ängstlichkeit des Betrachters abhängt. Während jedoch einige dieser Studien einen Zusammenhang zwischen der N170 Reaktion beim Erblicken eines wütenden Gesichts und dem individuellen Maß an Ängstlichkeit nachweisen konnten (Kolassa, & Miltner, 2006; Wieser, Pauli, Reicherts, & Mühlberger, 2009), fand sich in anderen Studien kein Zusammenhang (Kolassa, Kolassa, Musial, & Miltner, 2007; Rossignol, Fisch, Maurage, Joassin, Philippot, 2013). Mithilfe der vorliegenden großen Stichprobe war es deswegen auch ein Anliegen dieser Promotion diesen strittigen Punkt zu klären.

Allerdings ist auch die Befundlage zu dem Einfluss von sozialer Ängstlichkeit auf die EPN und LPP Reaktion auf bedrohliche Gesichtsausdrücke nur recht spärlich und nicht eindeutig belegt. Mühlberger und Kollegen (2009) entdeckten bei der Verwendung eines Passiv-Viewing-Tasks, dass nur Patienten mit einem hohen Maß an sozialer Ängstlichkeit eine bilateral erhöhte EPN Reaktion auf wütende Gesichter zeigten - unabhängig davon, ob es sich dabei um Computergenerierte Bilder von Gesichtern, oder um Fotografien von echten wütenden Gesichtern handelte. Eine Studie von Wieser und Kollegen (2010) konnte zeigen, dass die EPN auch von der momentanen individuellen Zustandsangst einer Person abhängt und damit auch vom aktuell bedrohlichen Kontext, in dem sich eine Person befindet. Nur wenn die Probanden annahmen, dass sie im Anschluss an das Experiment eine freie Rede halten müssen, eine Situation welche einen hohen sozialen Stress auslöst, zeigte sich ein signifikanter Unterschied in dem EPN Signal zwischen wütenden und neutralen Gesichtern, die den Probanden während des Experiments präsentiert wurden.

Was das LPP angeht, so gibt es zwar einige Studien gibt, die einen Einfluss der individuellen Ängstlichkeit auf die LPP Amplitude fanden (Moser, Huppert, Duval, & Simons, 2008; Richards, Holmes, Pell, & Bethell, 2013). Andere Studien, wie die oben erwähnte Untersuchung von Mühlberger et al. (2009), konnten diesen Effekt jedoch nicht feststellen (siehe z.B. auch Kolassa et al., 2007). Zusammengefasst ist die sequentielle Modulation neurophysiologischer Prozesse in der Gesichtsverarbeitung, repräsentiert durch die verschiedenen EKPe, noch äußerst strittig und bedarf weiterer Klärung, wozu diese Arbeit beitragen sollte.

G. Beschreibung des Vorhabens

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es in einer großen Stichprobe den Einfluss der Reihenfolge von sequentiell präsentierten wütenden und neutralen Gesichtsausdrücken auf die neurokognitive Verarbeitung eines aktuell wahrgenommenen Gesichts zu untersuchen und in dem Gesichtsverarbeitungsmodell von Haxby und Kollegen zu verordnen. Dazu wurden EKP_e erfasst und ausgewertet, welche die strukturelle Verarbeitung des momentan perzipierten Gesichts, in Form der N170, oder seine emotionale Analyse, in Form der EPN und LPP, repräsentieren.

Aufgrund der klinischen Relevanz der sozialen Ängstlichkeit und ihrem besonderen Bezug für die Reaktion auf bedrohlicher Gesichtsausdrücke, wurde dabei auch die soziale und allgemeine dispositionelle Ängstlichkeit der Probanden erfasst, um ihren generellen Einfluss auf die neurokognitive Verarbeitung von wütenden Gesichtern zu untersuchen. Außerdem sollte so, gemäß der Attentional Control Theory, bzw. des Dual Mechanisms of Control Modells, auch der Einfluss sozialer Ängstlichkeit auf die dynamische Anpassung der Aufmerksamkeit, wie sie durch die unterschiedlichen Abfolgen von neutralen und wütenden Gesichtern bedingt wird, neurophysiologisch erforscht werden.

Zusätzlich wurde auch eine State-Manipulation vorgenommen, um zu testen, ob der potentielle Effekt der (sozialen) Ängstlichkeit auf die Gesichtsverarbeitung größer ausfällt, wenn die Versuchspersonen eine drohende Gefahr antizipieren, also eine Steigerung der Zustandsangst erfahren. Dies wäre gemäß dem Befund, dass die Ausprägung einer dispositionellen Persönlichkeitseigenschaft von der Relevanz der vorherrschenden Situation für diesen Charakterzug abhängt (Tett & Guterman, 2000). So konnten u. A. auch schon mehrere Studien zeigen, dass der Einfluss einer erhöhten dispositionellen Ängstlichkeit

stärker in Angst-induzierenden Situationen ausfällt (Britt, Boniecki, Vescio, Biernat, & Brown, 1996; Flett, Endler, & Fairlie, 1999; Ofan, Rubin, & Amodio, 2014).

Die Zustands- und Eigenschaftsangst der Probanden wurde dabei mittels Fragebögen erfasst. Für die Manipulation der Zustandsangst wurde die „Androhung einer freien Rede“ eingesetzt, die nachgewiesenermaßen (Beatty, 1988; Beatty & Friedland, 1990; Behnke & Sawyer, 1999) zu einer Erhöhung der Zustandsangst in den Probanden führt.

Für die Experimente wurden nicht, wie in anderen Studien zur sequentiellen Modulation der Emotionsverarbeitung (Flaisch et al., 2008a, 2008b; Schupp et al., 2012), isolierte Sequenzen von Stimuli verwendet, sondern diese Sequenzen ineinander verschachtelt. Um außerdem eine tiefe Verarbeitung der Gesichter sicherzustellen, wurden die Gesichter den Probanden nicht einfach passiv in schneller Folge präsentiert, sondern in Form einer Geschlechts-Diskriminationsaufgabe. Die verwendeten Gesichter zeigten dabei entweder einen wütenden Gesichtsausdruck, oder als Kontrollbedingung einen neutralen Gesichtsausdruck.

Es wurden zwei Experimente durchgeführt. Für das erste Experiment wurden die Daten von insgesamt 168 Versuchspersonen erhoben, wobei das Standard-Setup mit nur der blanken Geschlechts-Diskriminationsaufgabe verwendet wurde. Das zweite Experiment mit 129 Versuchspersonen erweiterte die Diskriminationsaufgabe zusätzlich um eine einfache Memorisierungsaufgabe zur Dual-Task, um den Einfluss der kognitiven Auslastung auf die (gemäß der Attentional Control Theory zusätzlich benötigten) kognitiven Ressourcen bei Hochhängstlichen zu überprüfen.

Für die Ergebnisse in beiden Experimenten wurde zudem eine „Low Resolution Electromagnetic Tomography“ (sLORETA; Pascual-Marqui, et al., 1994) durchgeführt, um die Verortung der untersuchten EKPe im hierarchischen Gesichtsverarbeitungsmodell von Haxby und Kollegen zu überprüfen und zu illustrieren.

H. Zusammenfassung der Hypothesen

Für wütende Gesichter wurde im Vergleich zu neutralen Gesichtern generell eine Erhöhung der strukturellen Verarbeitung, repräsentiert durch die N170, sowie der emotionalen Bewertung, repräsentiert durch die EPN und LPP, erwartet.

Diese Zunahme sollte jedoch von dem individuellen Maß an (sozialer) Ängstlichkeit abhängen und sowohl positiv mit der Eigenschafts-, als auch aktuellen Zustandsangst der Probanden korrelieren. Zusätzlich wurde angenommen, dass sich der Einfluss der dispositionellen sozialen Ängstlichkeit bei der Antizipation einer drohenden sozialen Stresssituation sich verstärkt auf die Modulation der Gesichtsverarbeitung auswirken sollte.

Des Weiteren wurde eine Beeinflussung der neurokognitiven Verarbeitung des aktuellen Gesichtsausdrucks in Abhängigkeit von den beiden, unmittelbar zuvor präsentierten Gesichtsausdrücken postuliert. Diese sollte sich dabei vor Allem auf die EPN und LPP niederschlagen, welche höhere Verarbeitungsstufen der Gesichtsverarbeitung repräsentieren, und kaum auf die N170, welche ein Index der basalen strukturellen Analyse der Gesichtsverarbeitung darstellt. Der stärksten Effekt wurde dabei für ein wütendes Gesicht erwartet, dem zwei neutrale Gesichter in den Trials zuvor vorausgingen, weil vermutet wurde, dass so der bedrohliche Effekt des wütenden Gesichts ohne Vorwarnung und evtl. Adaption an das Gefahrensignal den stärksten Effekt entfalten sollte.

Schließlich wurde auch erwartet, dass diese sequentielle Modulation selbst von der individuellen Ängstlichkeit und der kognitiven Auslastung der Versuchsperson beeinflusst werden sollte. Es wurde angenommen, dass unter erhöhter kognitiver Auslastung die oben beschriebenen sequentiellen Effekte mit steigender Ängstlichkeit der Probanden gravierender ausfallen sollten als bei niedriger kognitive Auslastung.

I. Hinweis

Zu Teilen basiert diese Promotion auf meiner Publikation „Passing faces: sequence-dependent variations in the perceptual processing of emotional faces“ (Karl, Hewig, & Osinsky, 2016), bei der ich den Versuch mit konzipiert, durchgeführt, ausgewertet und die Ergebnisse in selbigen Artikel zusammengefasst habe.

III. Material & Methoden²

A. Übersicht

Zur Überprüfung der Hypothesen wurden zwei groß angelegte Studien durchgeführt, die sich im Aufbau und allgemeinen Ablauf sehr ähnelten. In der ersten Studie wurde dabei der Einfluss unterschiedlicher sequentieller Abfolgen wütender und neutraler Gesichter, sowie der Einfluss der individuellen Ängstlichkeit, in Form von sozialer Angst, als auch allgemeiner Zustands- und Eigenschaftsangst, auf die aktuelle neurophysiologische Verarbeitung des aktuellen Gesicht untersucht.

Da jedoch in dieser ersten Studie nicht die Effekte gefunden werden konnten, wie sie von der Attentional Control Theory, bzw. von dem Dual Mechanism of Control Model postuliert werden, wurde noch eine zweite Studie durchgeführt. Diese diente dazu, um den Einfluss der kognitiven Auslastung der Probanden auf diese differentiellen Effekte zu überprüfen. Anlass dafür war die Annahme, dass die Probanden in der ersten Studie nicht ausreichend kognitiv gefordert worden waren. Dadurch könnten selbst hochängstliche Probanden über ausreichend kognitive Ressourcen verfügt haben, um die in den Theorien postulierten Aufmerksamkeitsverschiebungen zu kompensieren. Deswegen wurde die zweite Studie im allgemeinen Ablauf ähnlich zur ersten Studie aufgebaut, nur wurde noch eine Dual-Task Aufgabe integriert, um die kognitive Auslastung der Versuchspersonen zu erhöhen und so diese Effekte der Attentional Control Theory und des Dual Mechanism of Control Models sichtbar zu machen.

² Dieser Abschnitt basiert auszugsweise auf meiner Publikation „Passing faces: sequence-dependent variations in the perceptual processing of emotional faces“ (Karl, Hewig, & Osinsky, 2016).

Bei beiden Studien wurde auch eine State-Angst-Manipulation vorgenommen, um die Interaktion zwischen der dispositionellen Ängstlichkeit und einer akut Angst-induzierenden Situation zu untersuchen.

B. Allgemeiner Aufbau der Studie I

1. Versuchspersonen

Es wurden 168 Versuchspersonen (84 männlich, 84 weiblich) im Alter von 18 - 35 Jahren ($M = 24,5$; $SD = 3,4$) über eine im Internet platzierte Anzeige auf einer lokalen Kleinanzeigenseite rekrutiert. Alle Versuchspersonen haben vor dem eigentlichen Versuch an einer Online-Befragung teilgenommen, welche dazu diente ihre Eignung zum Versuch sicherzustellen und ihre Eigenschaftsangst zu erfassen. Dazu füllten die Versuchspersonen sowohl den zur sozialen Ängstlichkeit relevanten Teil des Social Phobia and Anxiety Inventory (SPAI; Turner, Beidel, Dancu, & Stanley, 1989), als auch den Teil des State Trait Anxiety Inventory (STAI-T; Spielberger, Gorsuch, Lushene, Vagg, & Jacobs, 1983) aus, der sich auf die dispositionelle Ängstlichkeit der Person bezieht. Somit wurde sowohl die allgemeine Eigenschaftsangst, als auch die spezifische soziale Ängstlichkeit der Probanden erfasst.

Alle Probanden waren gemäß dem Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) Rechtshänder, hatten eine BDI-II Punktwert (Beck Depression Inventory II; Beck, Brown, & Steer, 1996; Deutsche Adaption von Hautzinger, Keller, & Kühner, 2009), der nicht auf eine klinisch relevante Störung hinweist (< 18) und gaben an, frei von jeglichen diagnostizierten psychiatrischen oder neurologischen Erkrankung zu sein, sowie keine psychoaktiven Medikamente einzunehmen. Alle Versuchsteilnehmer erhielten eine monetäre

Aufwandsentschädigung in Höhe von 25 Euro und gaben im Vorfeld eine schriftliche Einverständniserklärung zum Versuch ab.

Die Studie selbst wurde von der Ethik-Kommission der Deutschen Gesellschaft für Psychologie e.V. (DGP) genehmigt.

2. Genereller Ablauf

Wenn die Versuchspersonen zur eigentlichen EEG-Messung eintrafen, wurden ihnen nach der Begrüßung die allgemeinen Hintergrundinformationen zum Versuch ausgehändigt. Erst nachdem sie mit einer Unterschrift bestätigt hatten die Informationen gelesen und verstanden zu haben, wobei sie damit auch eine Einverständniserklärung zu dem Versuch abgaben, wurde mit dem eigentlichen Experiment begonnen.

Zuerst wurde das Maß ihrer aktuellen Zustandsangst mit dem State Teil des State Trait Anxiety Inventory (STAI-S; Spielberger et al. 1983) bestimmt. Anschließend wurden sie zufällig der Kontroll-, oder der Manipulationsgruppe zugewiesen. In der Manipulationsgruppe befanden sich 42 männliche und 43 weibliche Teilnehmer. Ihnen wurde erzählt, dass sie im Anschluss an der EEG-Untersuchung noch eine 10 minütige freie Rede zu einem anspruchsvollen Thema halten müssen, wobei ihr Vortrag mittels einer Videokamera aufgezeichnet werden würde, um ihn später einer ausführlichen und kritischen Begutachtung unterziehen zu können. Der Kontrollgruppe hingegen wurde erzählt, dass sie im Anschluss an der EEG-Untersuchung lediglich noch eine kurze Pro-Kontra-Stichpunktliste zu einem einfachen Thema erstellen müssen, welche anonym verpackt und erst später ohne Bezug zu ihrer Person ausgewertet werden würde. Beiden Gruppen wurde zudem mitgeteilt, dass sie das zu bearbeitende Thema erst nach der EEG-Untersuchung erfahren würden. Ziel war dabei

die Zustandsangst der Probanden in der Manipulationsgruppe durch die Antizipation der sozial stressenden Situation einer freien Rede im Vergleich zur Kontrollgruppe zu erhöhen.

Danach wurde die EEG-Aufzeichnung vorbereitet und den Probanden die EEG-Haube angelegt. Bevor der eigentliche Versuch startete, wurde zum zweiten Mal die Zustandsangst der Probanden mittels des STAI-S bestimmt (Manipulationscheck). Im Anschluss an den EEG Versuch wurde dann noch ein drittes Mal der STAI-S von den Probanden ausgefüllt, um zu überprüfen, ob die Zustandsangst der Probanden über den Versuch hinweg konstant geblieben ist, oder sich verändert hat. Nachdem sie damit fertig waren, wurden die Versuchspersonen vollständig aufgeklärt und die Ziele der Studie, sowie die Notwendigkeit der Manipulation verständlich gemacht, bevor sie entlassen wurden.

3. Verwendete Stimuli

Als Gesichtsstimuli wurden Photographien von 32 Frontalaufnahmen aus der Radboud Face Database (Langner et al., 2010) verwendet, welche von 16 verschiedenen Personen (acht Männer und acht Frauen) sowohl einen wütenden Gesichtsausdruck, als auch einen neutralen Gesichtsausdruck mit gerader Blickrichtung zeigten. Die Gesichter wurden in Graustufen umgewandelt, auf eine ovale Standardform zurechtgeschnitten, wobei immer ein Ausschnitt von Kinn bis zum Haaransatz sichtbar war, und auf einen Computerbildschirm unter einem visuellen Winkel von $8,0^\circ \times 6,0^\circ$ präsentiert. Das Experiment selbst wurde mittels PsychoPy2 v1.73.06 erstellt und ausgeführt (Peirce, 2007, 2009).

4. Verhaltensaufgabe

Die EKPe wurden als Reaktion auf das aktuell präsentierte Gesicht in Abhängigkeit von den beiden zuvor gezeigten Gesichtern aufgezeichnet und ausgewertet. Mit den zwei möglichen

Gesichtsausdrücken (neutral oder wütend) für jedes Gesicht in einem Trial, ergeben sich somit insgesamt acht verschiedene Bedingungen an Stimulus-Abfolge-Sequenzen (SAS; siehe Tab. 1). Im Folgenden werden der Gesichtsausdruck des direkt vorangegangenen Trials mit N-1 und der Gesichtsausdruck, der zwei Trials vor dem aktuellen Gesichtsausdruck gezeigt wurde, mit N-2 abgekürzt.

Die Probanden bearbeiteten eine Geschlechtsdiskriminationsaufgabe, in der sie angehalten

		Stimulusabfolgesequenzen SAS								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
N-2 Trial		n	n	n	n	w	w	w	w	Gesicht so schnell
N-1 Trial		n	n	w	w	w	n	w	n	und fehlerfrei wie
aktuelles Trial		<i>n</i>	<i>w</i>	<i>n</i>	<i>w</i>	<i>w</i>	<i>w</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	möglich mittels

Tab. 1 Auflistung der möglichen Stimulusabfolgesequenzen (SAS) bei Berücksichtigung der beiden vorangegangenen Trials wurden bei jedem ihnen präsentierten Gesicht so schnell und fehlerfrei wie möglich mittels Tastendruck das Geschlecht der Person zu dem

Gesicht anzugeben (männliches Gesicht: Tastendruck mit dem rechten Zeigefinger; weibliches Gesicht: Tastendruck mit dem linken Zeigefinger).

In jedem Trial wurde den Versuchspersonen ein Gesicht auf der Mitte des vor ihnen stehenden Computerbildschirms (Entfernung 1m) präsentiert bis die Versuchspersonen einen Tastendruck als Antwort zur Geschlechtseinschätzung abgaben, aber maximal für 2000ms. Falls der letztere Fall eintrat, oder wann immer die Versuchspersonen eine falsche Antwort gaben, wurde ihnen für 500ms auf der Mitte des Bildschirms ein entsprechender Hinweis zu ihrem Fehler gegeben. Solche fehlerbehafteten Trials wurden aussoniert und nicht für die weitere Analyse der EKPe verwendet. Während des Interstimulusintervalls zwischen den Trials, welches eine zufällige Zeitspanne zwischen 750 – 1000ms dauerte, wurde den Probanden mittig auf den Computerbildschirm ein Fixationskreuz präsentiert. Alle SAS

wurden hinsichtlich der unterschiedlichen Wiederholungskombinationen des (aufgabenrelevanten) Geschlechts der gezeigten Gesichter ausbalanciert und pseudo-randomisiert in eine kontinuierliche Abfolge an Trials verschachtelt. Dabei gab es für jedes Trial eine 50 / 50 Chance das das gezeigte Gesicht im nachfolgenden Trial weiblich / männlich ist. Der Versuch wurde in zwei Blöcke von je 258 Trials Größe aufgespalten (bestehend aus 2 Starttrials, die nicht ausgewertet wurden, jedoch notwendig waren, um die erste SAS zu bilden), womit eine Gesamtgröße von 512 Trials (64 Wiederholungen pro SAS) resultierte. Zwischen den beiden Blöcken wurde den Versuchspersonen die Möglichkeit gegeben eine kurze Pause von maximal einer Minute Dauer einzulegen (für eine schematische Übersicht über den Ablauf eines Blocks siehe Abb. 4).

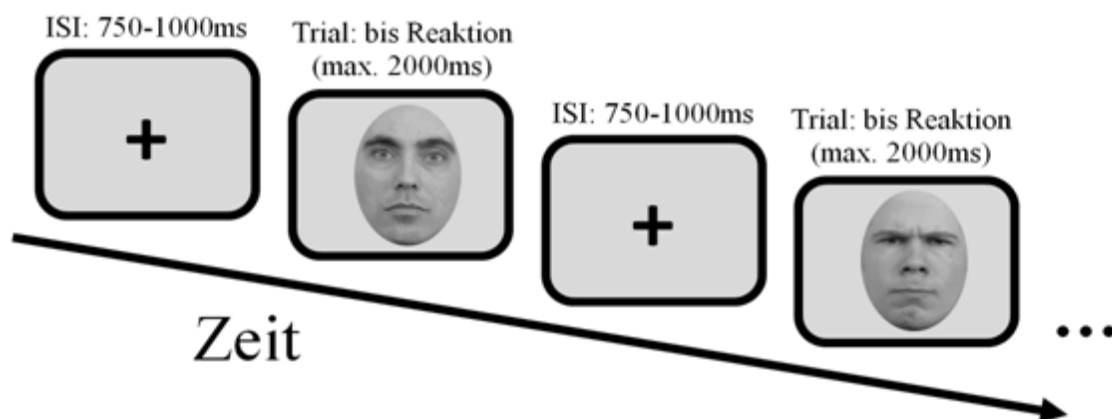


Abb. 4 Schematischer Ablauf der Geschlechtsdiskriminationsaufgabe.

C. Allgemeiner Aufbau der Studie II

1. Versuchspersonen

Es wurden 129 Versuchspersonen (59 männlich, 70 weiblich) im Alter von 18 - 33 Jahren ($M = 23,7$; $SD = 3,0$) gemessen, die, wie in der ersten Studie, über eine im Internet platzierte Anzeige auf einer lokalen Kleinanzeigenseite rekrutiert wurden. Diese Personen hatten

ebenfalls zuvor eine Online-Befragung absolviert, in der, neben ihrer Eignung für das Experiment (siehe III B.1, Seite 30), ihre SPAI und STAI-T Werte ermittelt wurden. Diesmal wurde den Versuchspersonen jedoch nur eine Aufwandsentschädigung von 15 Euro fest zugesagt mit der Aussicht auf weitere 5 Euro, wenn ihre Leistungen im Experiment gut genug ausfallen, um sie zu motivieren sich trotz der anspruchsvolleren Dual-Task Aufgabe zu bemühen, beide Aufgaben so gut wie möglich parallel zu absolvieren. Am Ende wurde allerdings allen Versuchspersonen, unabhängig von ihrem Abschneiden im Experiment, die volle Summe von 20 Euro ausgezahlt, zur Vermeidung einer leistungsbezogenen Diskriminierung. Auch die zweite Studie wurde von der Ethik-Kommission der Deutschen Gesellschaft für Psychologie e.V. (DGP) genehmigt und alle Versuchsteilnehmer gaben wiederum im Vorfeld eine schriftliche Einverständniserklärung zum Versuch ab.

2. Genereller Ablauf

Der Ablauf war dem von Studie I nachempfunden (siehe III B.2, Seite 31) mit Ausnahme der Ergänzung der unter Punkt 4 dargestellten Verhaltensaufgabe. In der Manipulationsgruppe befanden sich diesmal 31 männliche und 36 weibliche Teilnehmer.

3. Verwendete Stimuli

Die verwendeten Stimuli entsprachen denselben wie in Studie I (siehe III B.4, Seite 32).

4. Verhaltensaufgabe

Die Geschlechtsdiskriminationsaufgabe aus Studie I wurde leicht abgewandelt und um eine Memorisierungsaufgabe zur Dual Task erweitert. Die Grundzüge der Geschlechtsdiskriminationsaufgabe blieben dabei unverändert (siehe III B.4, Seite 32).

Diesmal bestand jeder Block jedoch aus lediglich 18 Trials (zwei Starttrials und zwei Wiederholungen je SAS), um die Versuchspersonen durch einen häufigeren Wechsel der gemerkten Zahl in der parallel zu bearbeiteten Memorisierungsaufgabe stärker zu beanspruchen. Insgesamt gab es 16 derartige Blöcke, so dass jede SAS insgesamt 32mal wiederholt gemessen wurde. Die Abfolge der SAS erfolgte wieder als pseudorandomisierte und ineinander verschachtelte Abfolge aller SAS eines Blockes, wie auch schon in Studie I.

Für die Memorisierungsaufgabe wurde den Versuchspersonen vor jedem Block der Geschlechtsdiskriminationsaufgabe eine einstellige Zahl für 3000ms mittig auf den Bildschirm präsentiert, die sie sich über die Dauer eines Blockes merken sollten. Danach wurde automatisch ein Block der Geschlechtsdiskriminationsaufgabe gestartet, an deren Ende die Versuchspersonen angehalten wurden die gemerkte Zahl über die Zifferntasten einzugeben. Im Anschluss daran wurde den Versuchspersonen ein Feedback gegeben, ob die eingegebene Zahl korrekt war, bzw. was die richtige Zahl gewesen wäre, und wie viele Fehler sie in diesem Abschnitt gemacht hatten. Zusätzlich wurde auch ihr aktueller Punktestand eingeblendet, da den Versuchsteilnehmern im Vorfeld mitgeteilt worden war, dass sie die zusätzliche monetäre Entlohnung nur erhalten würden, wenn ihre Punktezahl gut genug ausfallen würde, ohne ihnen dabei jedoch eine konkrete Punktehürde zu nennen. Damit sollte sichergestellt werden, dass die Versuchsteilnehmer auch beide Aufgaben über die gesamte Dauer des Experiments mit der nötigen Sorgfalt und Motivation bearbeiten, da sie sowohl für jedes korrekt klassifizierte Gesicht der Geschlechtsdiskriminationsaufgabe, als auch für jede korrekt erinnerte Zahl der Memorisierungsaufgabe entsprechend Punkte gutgeschrieben bekamen. Alle Versuchsteilnehmer starteten mit null Punkten und es wurden keine Punkte für Fehler abgezogen. Wenn die Versuchspersonen dann bereit waren, konnten sie mittels Tastendruck mit den nächsten Block fortfahren (für eine schematische Übersicht über den Ablauf der Dual Task siehe Abb. 5).

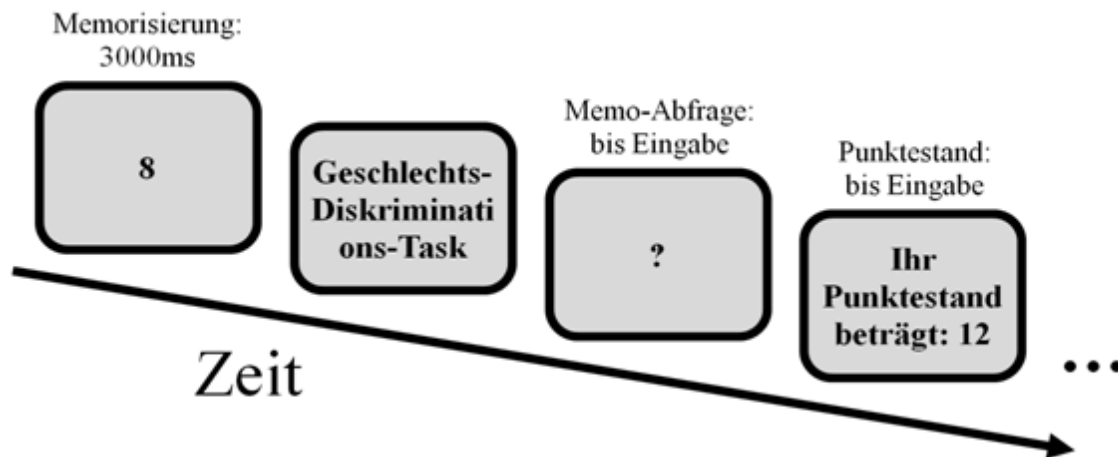


Abb. 5 Schematischer Ablauf der Dual Task für einen Block in Studie II

D. Verwendete Fragebögen

1. SPAI

Das Social Phobia and Anxiety Inventory von Turner, Beidel, Dancu und Stanley (1989) erfasst verschiedene Dimensionen sozialer Ängstlichkeit und besteht aus 32 Items, welche von den Probanden nach einer 7-stufigen Likert Skala bewertet werden sollen. Die interne Konsistenz liegt mit einem Cronbach Alpha von ,93 bis ,97 recht hoch und auch die Retest-Reliabilität betrug in einer nicht klinischen Stichprobe selbst nach vier Monaten noch immer ,82 (Fydrich, 2003).

2. State-Trait Anxiety Inventory (STAI)

Das von Spielberger und Kollegen (Spielberger et al., 1983) entwickelte Angstinventar besteht aus zwei Teilen zu je 20 Fragen, in welchen zwischen der Angst als Persönlichkeitsmerkmal (Trait Angst) und der situationsabhängigen transienten Zustandsangst

(State Angst) differenziert wird. Dabei wird eine 4-stufige Likert-Skala verwendet und höhere Werte deuten auf gesteigerte Ängstlichkeit hin. Die interne Konsistenz der Trait Skala beträgt zwischen ,90 und ,94 und für die State Skala ,88 bis ,94. Die Retest-Reliabilität schwankt jedoch deutlich und nimmt mit steigendem Retest-Intervall, insbesondere für die State Skala, stark ab. Sie liegt für die Trait Skala bei ,68 bis ,96 und für die State Skala bei ,03 bis ,76.

E. EEG Aufzeichnung und Analyse

Die EEG Aufzeichnung und Auswertung erfolgte für beide Studien identisch. Während die Versuchspersonen die Geschlechtsdiskriminationsaufgabe, bzw. Dual Task, lösten, wurde kontinuierlich von ihnen ein EEG mit einer Abtastrate von 250 Hz von 31 auf ihrer Kopfhaut angebrachten Ag/AgCl Elektroden (Fp1, Fp2, F9, F7, F3, Fz, F4, F8, F10, FC5, FC1, FC2, FC6, T7,C3, C4, T8, TP9, CP1, CP2, TP10, P7, P3, Pz, P4, P8, PO9, O1, O2, PO10, Iz) abgeleitet. Für die Aufzeichnung wurde ein analoger Breitbandfilter (0.02–80 Hz) und ein BrainAmp DC Verstärker (Brain Products GmbH, Gilching, Deutschland) eingesetzt. Als Referenz für die Elektroden wurde der Vertex (Cz-Elektrode) verwendet und es wurde bei der anfänglichen Justierung sichergestellt, dass die Impedanzen aller Elektroden unter 5k Ω lagen.

Für die anschließende offline Nachbearbeitung der Daten wurde die Brain Vision Analyzer Software 2.0 (Brain Products GmbH, Gilching, Deutschland) eingesetzt. Zuerst wurde für alle nachfolgenden Schritte eine Re-Referenzierung der EEG-Daten vorgenommen in Abhängigkeit von den verschiedenen EKPen. Für die Analyse der EPN und N170 wurden die Elektroden re-referenziert zur gemittelten Aktivität über alle Elektroden und für die Analyse LPP wurden die Elektroden re-referenziert zur gemittelten Aktivität der Mastoid Elektroden TP9 und TP10. In beiden Fällen wurde die ehemalige Cz – Referenz wieder heraus gerechnet

und als Daten Elektrode wieder hergestellt. Die Daten wurden im Anschluss mit einem Butterworth Zero Phasen Filter mit einer unteren Grenzfrequenz von 0.1Hz (12dB/oct) und einer oberen Grenzfrequenz von 30Hz (48 dB/oct) gefiltert. Um die Daten von potentiellen Wechselstrom-Artefakten zu befreien, wurde noch zusätzlich ein Notch-Filter der Frequenz 50 Hz eingesetzt. Daraufhin wurden die Augen-Artefakte über ein horizontales (bipolar Elektrodenpaar: F9 und F10) und vertikales (Fp1 und linke IO) Elektrooculogram detektiert und mittels dem Regressionsalgorithmus von Gratton, Coles, und Donchin (1983) korrigiert. Danach wurde das kontinuierliche EEG-Signal in einzelne Segmente aufgeteilt. Die Segmente wurden dabei relativ zu den Markerpositionen des Stimulusonsets erstellt und erstreckten sich über einen Zeitraum von 1000 ms (von 200 ms vor, bis 800 ms nach Stimulusonset). Dabei wurden alle fehlerhaften Trials mit einer Reaktionszeit unter 200 ms ($M = 0.08 \%$, $SD = 0.27$) oder über 2000 ms ($M = 0.27 \%$, $SD = 0.84$) von der nachfolgenden Analyse ausgeschlossen. Daraufhin wurde durch den integrierten Artefakt-Detektions-Mechanismus der BrainVision Analyzer Software die restlichen Artefakte nach folgenden Kriterien automatisch detektiert und entfernt: Maximale Spannungsdifferenz innerhalb eines Segments $> 100\text{mV}$, maximal zulässige Amplitude $\leq 150 \mu\text{V}$ und minimal zulässige Amplitude $\geq -150 \mu\text{V}$, Mindest-Aktivität von $0,5 \mu\text{V}$ in einem Intervall und einem maximalen Spannungsanstieg zwischen zwei Meßzeitpunkten von $20 \mu\text{V/ms}$.

Die N170 Komponente war am stärksten über posterior-occipitale Elektroden ausgeprägt (Abb. 6). Aus diesem Grund bestimmten wir die N170 als Peak Amplitude im Zeitfenster zwischen 150 – 200ms nach Stimulusbeginn über den gemittelten Kanälen P7, PO9 (linke Hemisphäre) und P8, PO10 (rechte Hemisphäre) (vergleiche Itier & Taylor, 2004; Deffke et al., 2007). Die EPN hingegen wurde gemäß Schupp et al. (2006) quantifiziert als mittlere Aktivität über denselben Elektroden wie die N170 im Zeitbereich von 200 – 300ms nach Stimulusbeginn. Nach visueller Inspektion (Abb. 6) und gemäß den Befunden, dass negativ valente Reize eine eher posterior gelagerte LPP hervorrufen (siehe z.B. Liu, Huang,

McGinnis, Keil, & Ding, 2012), wurde die LPP bestimmt als mittlere Aktivität im Zeitfenster von 400 – 600ms nach Stimulusbeginn über den Elektroden PZ, P3, P4.

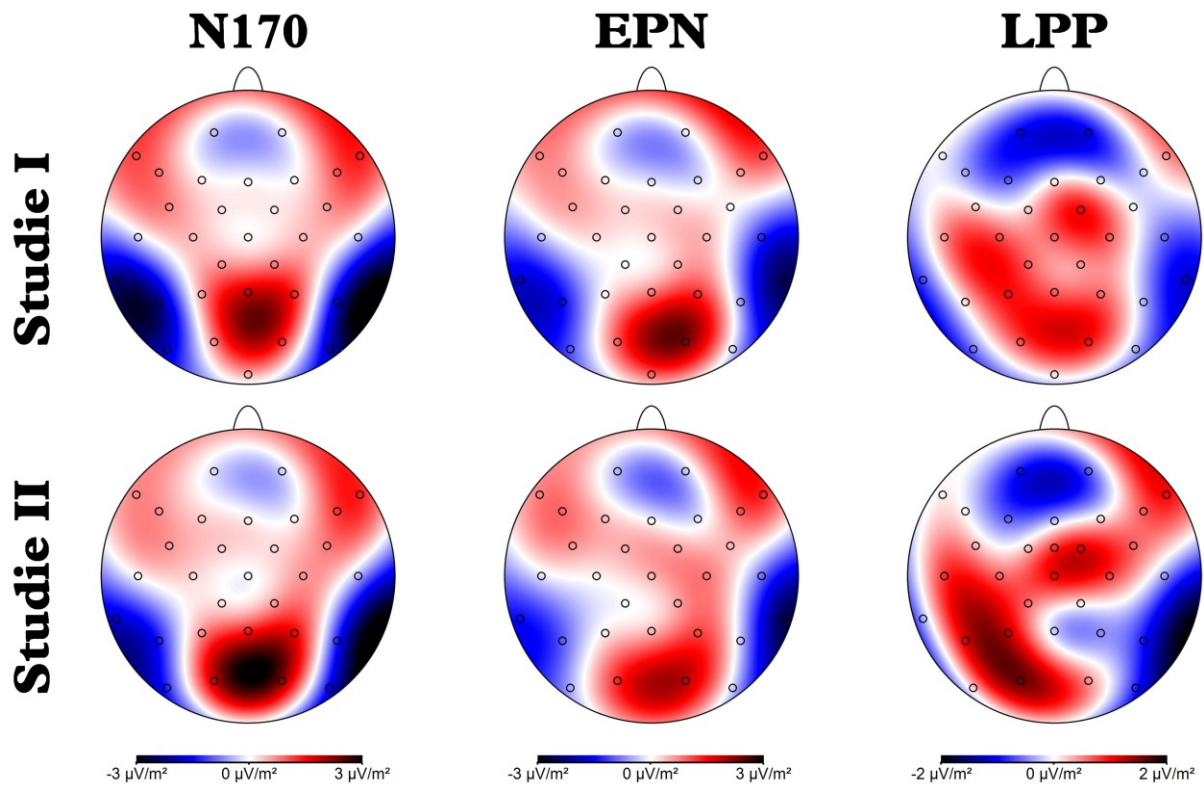


Abb. 6 Spannungsverteilung der EKP-Differenz-Wellen in dem EEG Signal für Stimuli mit wütenden und neutralen Gesichtsausdrücken im Zeitfenster der N170 (150 – 200ms), EPN (200 – 300ms) und LPP (400 - 600ms). Obere Reihe: Studie I ohne zusätzliche kognitive Belastung. Untere Reihe: Studie II unter gesteigerter kognitiven Belastung.

F. Statistische Auswertung

Allgemein wurden P – Werte unter der Schwelle von ,05 als signifikant erachtet, wobei diese Schwelle jedoch für multiple Tests durch die Bonferroni-Holm Korrektur angepasst wurde. Die statistische Auswertung wurde mit der SPSS Software Version 20.0 (SPSS Inc., Chicago) durchgeführt.

1. Sequentielle Effekte

Da der Fokus dieser Arbeit explizit auf der Modulation der aktuellen Gesichtsverarbeitung durch unterschiedliche Sequenzen an vorangegangenen Gesichtsausdrücken liegt, werden in diesen Abschnitt auch nur Effekte untersucht und diskutiert, die sich auf die aktuelle Gesichtsverarbeitung beziehen.

Für Studie I wurden zur Analyse des reinen sequentiellen Einflusses von vorausgegangenen wütenden und neutralen Gesichtsausdrücken im N-2 und N-1 Trial auf die Verarbeitung des aktuellen perzipierten Gesichts 2x2x2x2 Multifaktorielle ANOVAs für die N170, EPN und LPP Reaktion auf das aktuelle Gesicht berechnet. Als Innersubjekt-Faktoren wurden dabei das „aktuelle Trial“ (neutral vs. wütend), das „N-1 Trial“ (neutral vs. wütend), sowie das „N-2 Trial“ (neutral vs. wütend) und als Between-Faktor die State-Manipulationsbedingung (Kontrolle vs. Freie Rede) verwendet.

Signifikante Drei- und Vierfachinteraktionen wurden durch separate Multifaktorielle ANOVAs weiter analysiert und signifikante Zweifachinteraktionsterme wurden durch anschließende zweiseitige (paarweise) T-Tests ausgewertet.

Außerdem wurden, zur explorativen Analyse des sequentiellen Einflusses vorangegangener Gesichter bei erhöhter kognitiver Auslastung, ebenfalls die Daten der Studie II auf diese Weise ausgewertet.

2. Differentielle Effekte

Zur Untersuchung der von der Attentional Control Theory und des Dual Mechanisms of Control Models postulierten Aufmerksamkeitsverschiebungen zu Gunsten negativ valenter Stimuli, aber auch um den allgemeinen Einfluss der individuellen Ängstlichkeit auf die neurokognitive Verarbeitung wütender und neutraler Gesichter zu untersuchen, wurden

getrennt für Studie I und Studie II für jedes erhobene Angstmaß (STAI-S, STAI-T, SPAI) separat 2x2x2 Multifaktorielle ANOVAs ausgewertet.

Weil gemäß den beiden Theorien die Sequenzen in denen die Gesichter des N-1 und N-2 Trials beide entweder wütend oder beide einen neutralen Gesichtsausdruck zeigen die stärksten Effekte erwartet wurden, insbesondere für die Sequenz bei der ein wütendes Gesicht nach zwei vorher gezeigten neutralen Gesichtern präsentiert wird, wurde für diese ANOVAs auch nur jene kontextuell relevanten Sequenzen betrachtet. Somit wurden als Innersubjekt-Faktoren das „aktuelles Trial“ (neutral vs. wütend), sowie der vorangegangene „Kontext“ (neutral-neutral vs. wütend-wütend) und als Between-Faktor die Zustands-Manipulationsbedingung (Kontrolle vs. Freie Rede) mit dem jeweiligen Angstmaß (STAI-S, STAI-T, SPAI) als Kovariate verwendet.

Signifikante Dreifach-Interaktionen wurden durch separate Multifaktorielle ANOVAs weiter analysiert und signifikante Zweifach-Interaktionsterme wurden durch anschließende zweiseitige (paarweise) T-Tests ausgewertet.

Die Daten der Studie I dienten dabei der Untersuchung des modulatorischen Einflusses ohne zusätzliche kognitive Belastung und die Daten der Studie II zur Untersuchung bei gesteigerter kognitiver Beanspruchung durch die Dual Task. Alle signifikanten Effekte, die sich entweder in Studie I oder Studie II ergaben, wurden dabei immer mittels anschließendem zweiseitigen T-Tests mit den Ergebnissen der anderen Studie verglichen.

Da die sequentiellen Effekte in einem separaten Absatz detaillierter geschildert werden, werden für die Analyse der differentiellen Effekte auch nur die Ergebnisse im Text berichtet, die sich auf das jeweilige Angstmaß beziehen.

3. sLORETA Analysen

Für Studie I wurde zudem zur Bestimmung der Quellen für die beobachteten Effekte der N170, EPN und LPP als lineare 3D Lösung zum Invers-Problem die „standardized low-resolution electromagnetic brain tomography“, kurz sLORETA (Pascual-Marqui et al., 1994, 2002b; Pascual-Marqui, 2002a), verwendet. Es handelt sich dabei um eine referenzloses, funktional bildgebendes Verfahren, welches die zugrunde liegenden Quellen der EEG Aktivität auf Basis eines dreidimensionalen Voxel-Modells des Cortex approximiert, indem Ähnlichkeiten hinsichtlich der Aktivität und Orientierung benachbarter Voxels angenommen werden. Schließlich wurden nichtparametrische Permutationstest (Nichols & Holmes, 2002) auf diese 3D Modelle angewandt, um statistische Karten zu den kortikalen Aktivitätsunterschieden zwischen aktuell neutralen und wütenden Gesichtern zu erhalten. Zudem, da die stärkste kontextuelle Modulation dann erwartet wurde, wenn dem momentanen Trial zwei neutrale Gesichter vorausgingen, wurde auch dieser Fall noch einmal mittels sLORETA für alle drei EKPe untersucht. Für die N170 wurden dabei die Aktivitätsunterschiede im Zeitfenster von 152 ms – 200 ms, für die EPN entsprechend im Zeitfenster zwischen 200 ms – 300 ms und für die LPP im Zeitfenster von 300 ms – 600 ms analysiert.

IV. Ergebnisse³

A. Sequentielle Effekte

1. N170

Wie erwartet zeigte sich 170ms post-Stimulus an occipito-temporalen Elektroden eine negative Potentialverschiebung im EEG Signal als Reaktion auf die Präsentation der verwendeten Gesichtsstimuli (siehe Abb. 6). Dieses N170 Signal (für Mittelwerte und Standardfehler siehe Tab. 2 und Abb. 7) wurde stark durch den Gesichtsausdruck des aktuell perzipierten Gesichts moduliert, wobei wütende Gesichter eine deutlich höhere N170 Amplitude hervorriefen als neutrale Gesichter, $F(1, 167) = 153,54$; $p < ,001$; $\eta_p^2 = ,48$ (wütend: $M = -3,25$; $SE = 0,26$; neutral: $M = -2,72$; $SE = 0,25$). Außerdem zeigte sich für die N170 auch eine signifikante Zweifachinteraktion, aktuelles Trial x N-1 Trial, $F(1, 167) = 12,92$; $p < ,001$; $\eta_p^2 = ,07$. Im Detail offenbarten die Post-Hoc-Tests für den Einfluss des N-1 Trials auf das aktuelle Trial, dass aktuell perzipierte neutrale Gesichter eine signifikant höhere N170 hervorrufen, wenn ihnen ein wütendes Gesicht ($M = -2,83$; $SE = 0,25$) anstatt eines neutralen Gesichtes ($M = -2,62$; $SE = 0,25$) vorausging, $t(167) = 3,99$; $p < ,001$; Cohen's $d = 0,07$. Dieser Effekt zeigte sich jedoch nicht für die N170 Amplitude von wütenden Gesichtern, $t(167) = -0,92$; $p = ,357$; Cohen's $d = -0,01$, für die es kein signifikanter Unterschied war, ob ihnen ein wütendes ($M = -3,22$; $SE = 0,02$) oder neutrales Gesicht ($M = -3,27$; $SE = 0,02$) im N-1 Trial vorausging. Schließlich blieb sowohl die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x N-2 Trial, $F(1, 167) = 0,64$; $p = ,427$; $\eta_p^2 < ,01$, als auch die Dreifach-

³ Dieser Abschnitt basiert auszugsweise auf meiner Publikation „Passing faces: sequence-dependent variations in the perceptual processing of emotional faces“ (Karl, Hewig, & Osinsky, 2016).

Studie I			n-n-	w-n-	n-w-	w-w-
N170	aktuell	Mittelwert	-2,62	-2,62	-2,84	-2,81
	Neutral	SE	0,25	0,25	0,25	0,25
EPN	aktuell	Mittelwert	2,91	2,79	2,98	2,71
	Neutral	SE	0,24	0,24	0,24	0,25
LPP	aktuell	Mittelwert	0,25	0,25	0,25	0,25
	Neutral	SE	-3,27	-3,26	-3,18	-3,26
RT	aktuell	Mittelwert	2,38	2,79	2,68	2,83
	wütend	SE	-2,62	-2,62	-2,84	-2,81
N170	aktuell	Mittelwert	0,26	0,25	0,26	0,25
	wütend	SE	2,91	2,79	2,98	2,71
EPN	aktuell	Mittelwert	0,24	0,24	0,24	0,25
	Neutral	SE	2,38	2,79	2,68	2,83
LPP	aktuell	Mittelwert	-2,62	-2,62	-2,84	-2,81
	wütend	SE	0,25	0,25	0,25	0,25

Studie II			n-n-	w-n-	n-w-	w-w-
N170	aktuell	Mittelwert	-2,86	-3,02	-2,80	-2,95
	Neutral	SE	0,31	0,33	0,31	0,32
EPN	aktuell	Mittelwert	-3,41	-3,43	-3,25	-3,42
	wütend	SE	0,34	0,35	0,34	0,34
LPP	aktuell	Mittelwert	3,47	3,30	3,55	3,28
	Neutral	SE	0,26	0,27	0,27	0,28
RT	aktuell	Mittelwert	-2,86	-3,02	-2,80	-2,95
	wütend	SE	0,31	0,33	0,31	0,32
N170	aktuell	Mittelwert	-3,41	-3,43	-3,25	-3,42
	wütend	SE	0,34	0,35	0,34	0,34
EPN	aktuell	Mittelwert	3,47	3,30	3,55	3,28
	wütend	SE	0,26	0,27	0,27	0,28
LPP	aktuell	Mittelwert	-2,86	-3,02	-2,80	-2,95
	wütend	SE	0,31	0,33	0,31	0,32
RT	aktuell	Mittelwert	-3,41	-3,43	-3,25	-3,42
	wütend	SE	0,34	0,35	0,34	0,34

Tab. 2 Mittelwerte und Standardfehler der Amplituden der N170, der EPN und LPP (in μV), sowie der Reaktionszeiten (in ms) für die SAS der Gesichtsausdrücke. Diese wurden mit „n“ für neutrale und „w“ für wütende Gesichter abgekürzt, wobei ihre Stellung die ihrer Abfolge in der SAS entspricht (z.B. w-n-: wütendes Gesicht im N-2 Trial und neutrales Gesicht im N-1 Trial).

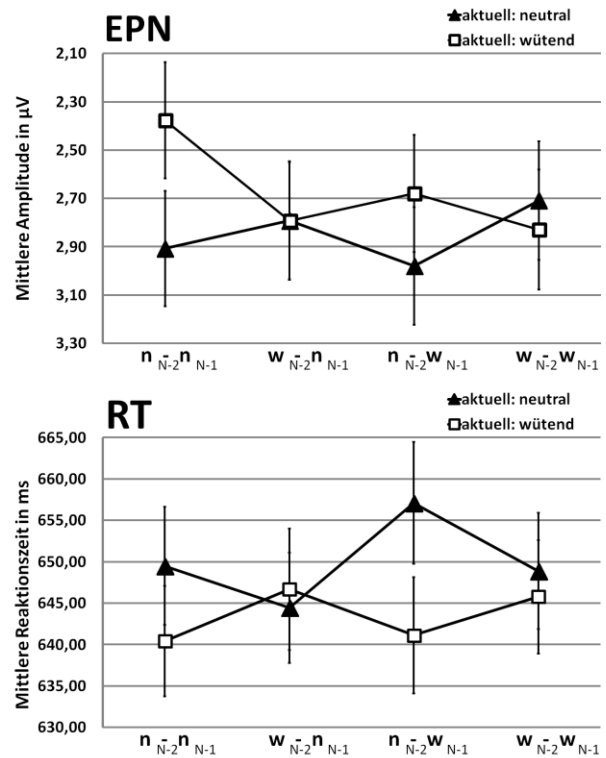
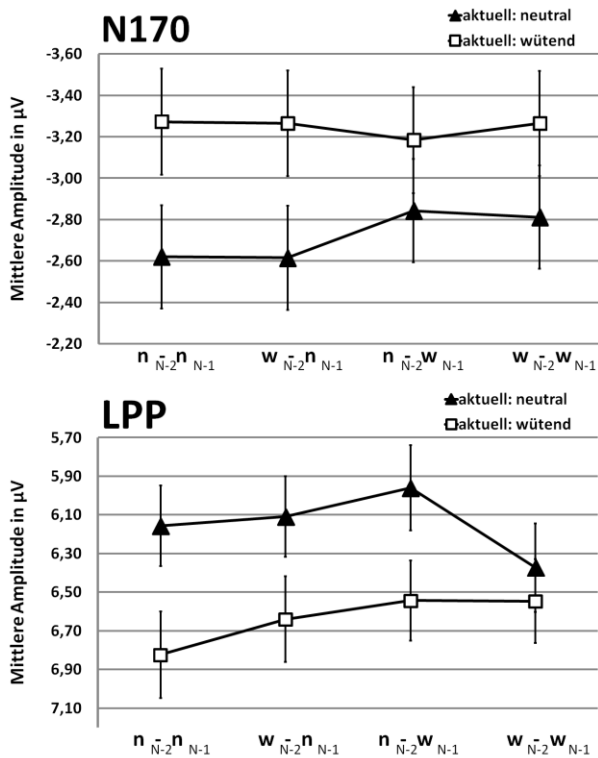
interaktion aktuelles Trial x N-1 Trial x N-2 Trial, $F(1, 167) = 0,64$; $p = ,423$; $\eta_p^2 < ,01$, unter der Signifikanzschwelle zurück.

Desweiteren wurde weder die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 3,43$; $p = ,066$; $\eta_p^2 = ,02$, noch die Dreifachinteraktionen aktuelles Trial x N-1 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,86$; $p = ,356$; $\eta_p^2 = ,01$, und aktuelles Trial x N-2 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,27$; $p = ,604$; $\eta_p^2 < ,01$, oder die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial x N-2 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,19$; $p = ,667$; $\eta_p^2 < ,01$, signifikant.

Zusammengefasst, wurde das N170 Signal eines aktuell perzipierten Gesichtes stark von seinem affektiven Ausdruck moduliert, wobei wütende Gesichter eine substantiell höhere N170 Amplitude auslösten als neutrale Gesichter. Der sequentielle Einfluss zuvor betrachteter Gesichter fiel hingegen deutlich schwächer aus und zeigte sich nur für neutrale Gesichter.

Die explorative Datenanalyse zur Modulation der N170 durch Sequenzen wütender und neutraler Gesichter unter höherer kognitiver Belastung (Studie II; für eine Übersicht der Ergebnisse siehe Tab. 3), zeigte weiterhin einen starken Einfluss des affektiven Gesichtsausdrucks auf die N170, $F(1, 128) = 43,29$; $p < ,001$; $\eta_p^2 = ,25$ (wütend: $M = -3,38$; $SE = 0,34$; neutral: $M = -2,91$; $SE = 0,32$). Allerdings veränderte sich der kontextuelle Einfluss durch zuvor perzipierte Gesichtsausdrücke und zeigte nur noch eine schwache Vierfachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial x N-2 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 128) = 4,09$; $p = ,045$; $\eta_p^2 = ,03$ und nicht länger die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial, $F(1, 128) = 0,02$; $p = ,902$; $\eta_p^2 < ,01$.

Studie I



Studie II

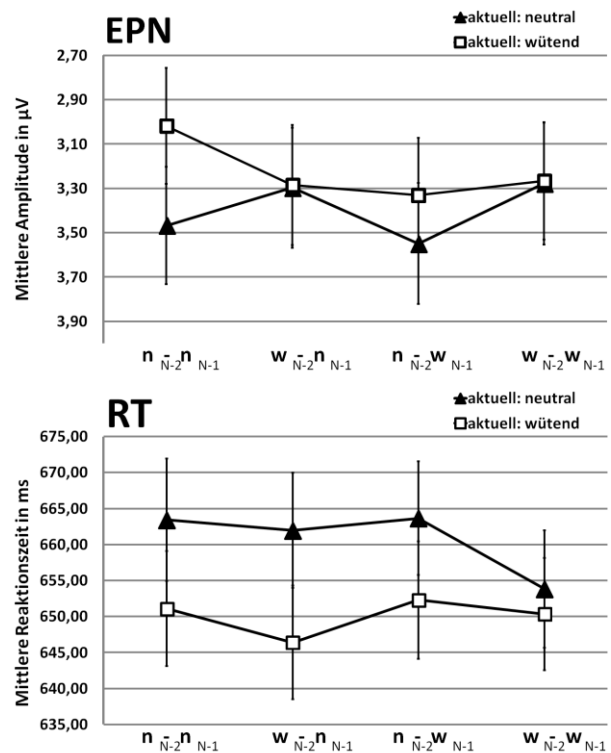
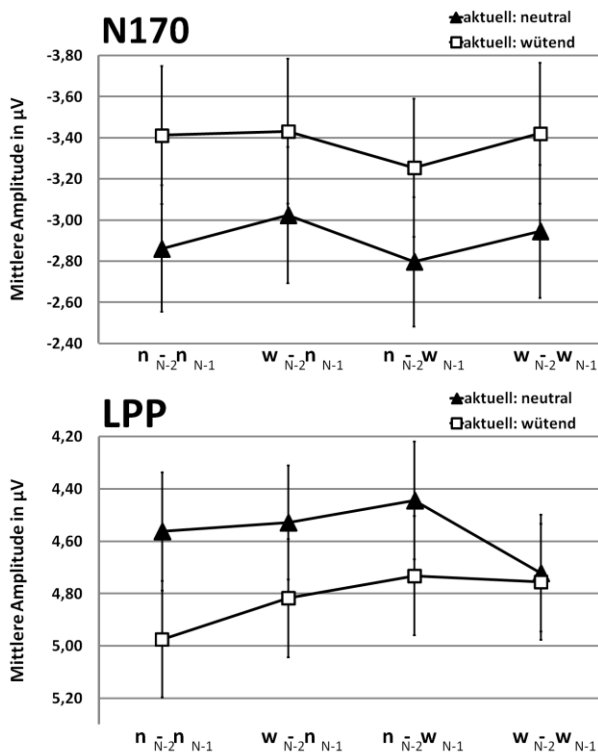


Abb. 7 Grafische Übersicht der Mittelwerte und Standardfehler von den Amplituden der N170, der EPN und LPP (in µV), sowie der Reaktionszeiten (in Millisekunden). Für die Beschriftung der unterschiedlichen SAS wurden neutrale Gesichtsausdrücke mit „n“ und wütende Gesichtsausdrücke mit „w“ abgekürzt.

2. EPN

Wütende Gesichtsausdrücke lösten, relativ gesehen zu neutralen Gesichtsausdrücken, eine negative Potentialveränderung im EEG in Form der EPN aus, welche sich 200ms nach Stimulusonset über lateral parietale und occipitale Elektroden zeigte (siehe Abb. 6) und für etwa 100ms lang anhielt. Entsprechend ergab sich für die ANOVA zur sequentiellen Modulation der EPN auch ein signifikanter Haupteffekt für den Gesichtsausdruck im aktuellen Trial, $F(1, 167) = 18,12$; $p < ,001$; $\eta_p^2 = ,10$, der zeigte, dass wütende Gesichter eine deutlich höhere EPN auslösten ($M = 2,67$; $SE = 0,24$), als neutrale Gesichter ($M = 2,85$; $SE = 0,24$).

Viel größer als die Modulation durch den aktuellen Gesichtsausdruck jedoch war für das EPN Signal der Einfluss der vorangegangenen Gesichtsausdrücke (siehe Tab.2 und Abb. 7). So konnte sowohl eine signifikante Zweifachinteraktion zwischen dem aktuellen Trial und dem N-1 Trial festgestellt werden, $F(1, 167) = 7,12$; $p = ,008$; $\eta_p^2 = ,04$, als auch eine signifikante Zweifachinteraktion zwischen dem aktuellen Trial und dem N-2 Trial, $F(1, 167) = 59,68$; $p < ,001$; $\eta_p^2 = ,26$. Die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial wurde noch weiter spezifiziert durch eine signifikante Dreifachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 5,09$; $p = ,016$; $\eta_p^2 < ,03$. Dabei ergab sich, dass die beobachtete Zweifachinteraktion nur in der Angstmanipulationsbedingung auftrat, $F(1, 84) = 14,45$; $p < ,001$; $\eta_p^2 < ,15$, nicht jedoch in der Kontrollgruppe, $F(1, 83) = 0,03$; $p = ,873$; $\eta_p^2 < ,01$. Nur wenn die Probanden annahmen, dass sie im Anschluss eine freie Rede halten sollten, spielte es für die EPN auf ein wütendes Gesicht eine Rolle, ob direkt zuvor ein neutrales Gesicht ($M = 2,64$; $SE = 0,34$), oder ein wütendes Gesicht ($M = 2,86$; $SE = 0,34$) präsentiert worden war, $t(84) = -3,42$; $p = ,001$; Cohens $d = -0,65$. Diese Modulation trat für aktuell perzipierte Gesichter mit neutralem Gesichtsausdruck nicht auf, $t(84) = 1,72$; $p = ,090$;

Cohens $d = 0,04$ (N-1 wütendes Gesicht: $M = 2,85$; $SE = 0,34$; N-1 neutrales Gesicht: $M = 2,97$; $SE = 0,33$).

		Standard (Studie I)			Dualtask (Studie II)		
		$F(1, 167)$	p	η_p^2	$F(1, 128)$	p	η_p^2
N170	Akt	153,54	,000	0,48	43,29	,000	0,25
	Akt * Ind	3,43	,066	0,02	0,00	,946	0,00
	N-2 * Akt	0,63	,427	0,00	0,25	,618	0,00
	N-2 * Akt * Ind	0,27	,604	0,00	0,08	,775	0,00
	N-1 * Akt	12,92	,000	0,07	0,02	,902	0,00
	N-1 * Akt * Ind	0,86	,356	0,01	0,34	,560	0,00
	N-2 * N-1 * Akt	0,64	,423	0,00	0,52	,472	0,00
	N-2 * N-1 * Akt * Ind	0,19	,667	0,00	4,09	,045	0,03
EPN	Akt	18,12	,000	0,10	7,76	,006	0,06
	Akt * Ind	0,18	,671	0,00	5,42	,021	0,04
	N-2 * Akt	59,68	,000	0,26	12,50	,001	0,09
	N-2 * Akt * Ind	0,13	,714	0,00	0,24	,622	0,00
	N-1 * Akt	7,12	,008	0,04	1,03	,313	0,01
	N-1 * Akt * Ind	5,90	,016	0,03	0,33	,568	0,00
	N-2 * N-1 * Akt	0,76	,385	0,00	1,26	,263	0,01
	N-2 * N-1 * Akt * Ind	0,83	,365	0,00	3,72	,056	0,03
LPP	Akt	61,95	,000	0,27	11,61	,001	0,08
	Akt * Ind	0,71	,400	0,00	1,00	,319	0,01
	N-2 * Akt	6,28	,013	0,04	2,77	,099	0,02
	N-2 * Akt * Ind	0,14	,710	0,00	0,15	,700	0,00
	N-1 * Akt	4,46	,036	0,03	2,42	,122	0,02
	N-1 * Akt * Ind	0,77	,383	0,00	1,01	,317	0,01
	N-2 * N-1 * Akt	2,54	,113	0,02	0,35	,556	0,00
	N-2 * N-1 * Akt * Ind	0,04	,833	0,00	0,73	,395	0,01
Reaktionszeiten	Akt	27,23	,000	0,14	26,29	,000	0,17
	Akt * Ind	0,11	,737	0,00	0,40	,527	0,00
	N-2 * Akt	15,28	,000	0,08	0,47	,493	0,00
	N-2 * Akt * Ind	0,24	,624	0,00	2,37	,126	0,02
	N-1 * Akt	5,83	,017	0,03	3,39	,068	0,03
	N-1 * Akt * Ind	2,75	,099	0,02	0,05	,824	0,00
	N-2 * N-1 * Akt	0,11	,741	0,00	4,18	,043	0,03
	N-2 * N-1 * Akt * Ind	1,22	,272	0,01	0,22	,643	0,00

Tab. 3 Übersicht über die Ergebnisse der 2x2x2x2 Multifaktorielle ANOVAs von Studie I und II. Signifikante Ergebnisse sind schwarz gedruckt. Erläuterung: Akt = aktueller Gesichtsausdruck, Ind = Induktion, N-1/N-2 = Gesichtsausdruck 1, bzw. 2 Trials zuvor.

Außerdem wurde ein genereller Inkongruenzeffekt für die Modulation des EPN Signales des aktuellen Gesichtes durch den Gesichtsausdruck im N-2 Trial festgestellt. So gab es für wütende Gesichter einen signifikanten Anstieg in der EPN, wenn ihnen ein neutrales Gesicht ($M = 2,53$; $SE = 0,24$) und eben kein wütendes Gesicht ($M = 2,81$; $SE = 0,25$) im N-2 Trial vorausging, $t(167) = -6,39$; $p < ,001$; Cohens $d = 0,49$. Die EPN Amplitude für neutrale Gesichter im aktuellen Trial hingegen fiel höher aus, wenn ein wütendes Gesicht ($M = 2,75$; $SE = 0,24$) anstatt eines neutralen Gesichtes ($M = 2,94$; $SE = 0,24$) im N-2 Trial gezeigt worden war, $t(167) = 4,58$; $p < ,001$; Cohens $d = 0,35$.

Dennoch blieb für die EPN sowohl die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,18$; $p = ,671$; $\eta_p^2 < ,01$, als auch die Dreifachinteraktionen aktuelles Trial x N-2 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,14$; $p = ,714$; $\eta_p^2 < ,01$, sowie die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial x N-2 Trial, $F(1, 167) = 0,76$; $p = ,385$; $\eta_p^2 < ,01$, und die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial x N-2 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,83$; $p = ,365$; $\eta_p^2 < ,01$, unterhalb der Signifikanzschwelle zurück.

Wie der Tab. 2 entnommen werden kann und wie dies auch durch paarweise T-Tests belegt werden konnte, gab es additive modulatorische Effekte des N-1 und N-2 Trials auf das EPN Signal des aktuell perzipierten Gesichtes. Eine genauere explorative Untersuchung dieses additiven Einflusses ergab lediglich für zwei der vier möglichen N-2 x N-1 Kombinationen einen signifikanten Unterschied zwischen wütenden und neutralen Gesichtern im aktuellen Trial. Der größte Effekt wurde dabei beobachtet, wenn zwei neutrale Gesichter dem aktuellen Gesicht vorausgingen, $t(167) = -7,68$; $p < ,001$; Cohens $d = 0,59$, wodurch wütende Gesichter eine drastisch erhöhte EPN auslösten (aktuell wütendes Gesicht: $M = 2,38$; $SE = 0,24$; aktuell neutrales Gesicht: $M = 2,91$; $SE = 0,24$). Es wurde ebenfalls eine schwächere, jedoch noch immer signifikante Erhöhung des EPN Signals für wütende Gesichter (aktuell wütendes

Gesicht: $M = 2,68$; $SE = 0,24$; aktuell neutrales Gesicht: $M = 2,98$; $SE = 0,24$) bei der Sequenz detektiert, in der im N-2 Trail ein neutrales und im N-1 Trial ein wütendes Gesicht gezeigt worden waren, $t(167) = 4,22$; $p < ,001$; Cohens $d = 0,33$. Hingegen unterschied sich die EPN zwischen Trials mit wütenden und neutralen Gesichtsausdrücken nicht, wenn zuvor zwei wütende Gesichter präsentiert worden waren (aktuell wütendes Gesicht: $M = 2,83$; $SE = 0,25$; aktuell neutrales Gesicht: $M = 2,71$; $SE = 0,25$; $t(167) = -1,72$; $p = ,087$; Cohens $d = -0,04$), oder wenn zuvor im N-2 Trial ein Gesicht mit wütenden Ausdruck und im N-1 Trial ein Gesicht mit neutralen Ausdruck präsentiert worden waren (aktuell wütendes Gesicht: $M = 2,79$; $SE = 0,25$; aktuell neutrales Gesicht: $M = 2,79$; $SE = 0,24$; $t(167) = 0,01$; $p = ,990$; Cohens $d < 0,01$). Somit war der typische EPN Effekt, die relative Negativierung des EEG Signals für wütende Gesichter im Verhältnis zu neutralen Gesichtern, am stärksten in dem Kontext ausgeprägt, wenn zwei neutrale Gesichter dem aktuellen Trial vorausgingen.

Zusammengefasst wies die EPN eine stark Kontext - abhängige Modulation auf und trat nur bei gewissen Abfolgen von neutralen und wütenden Gesichtern auf.

Die explorative Datenanalyse der EPN unter erhöhter kognitiver Auslastung in Studie II (für eine Übersicht der Ergebnisse siehe Tab. 3), lieferte wiederum einen signifikanten Haupteffekt für den aktuellen Gesichtsausdruck, $F(1, 128) = 7,76$; $p = ,006$; $\eta_p^2 = ,06$ (wütend: $M = 3,22$; $SE = 0,26$; neutral: $M = 3,40$; $SE = 0,27$), der diesmal jedoch noch durch die signifikante Zweifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung weiter spezifiziert wurde, $F(1, 128) = 5,42$; $p = ,021$; $\eta_p^2 = ,04$. So gab es nur noch in der Kontrollbedingung einen signifikanten Unterschied in der EPN Reaktion zwischen wütenden und neutralen Gesichtern, $t(61) = 3,29$; $p = ,002$; Cohens $d = 0,11$ (wütend: $M = 3,10$; $SE = 0,39$; neutral: $M = 3,43$; $SE = 0,39$) nicht mehr jedoch, wenn die Versuchspersonen die Angstmanipulation erhalten hatten, $t(66) = 0,36$; $p = ,722$; Cohens $d = 0,01$ (wütend: $M = 3,34$; $SE = 0,33$; neutral: $M = 3,37$; $SE = 0,35$). Den stärksten Einfluss auf das EPN Signal

hatte jedoch wiederum die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x N-2 Trial, $F(1, 128) = 12,50$; $p = ,001$; $\eta_p^2 = ,09$, wobei nur noch neutrale Gesichter im aktuellen Trial von den Gesichtern im N-2 Trial moduliert wurden, $t(128) = 3,25$; $p = ,001$; Cohens $d = 0,01$ (wütendes Gesicht im N-2 Trial: $M = 3,34$; $SE = 0,33$; neutrales Gesicht im N-2 Trial: $M = 3,37$; $SE = 0,35$). Zudem gab es nun keine signifikante Interaktion mehr zwischen dem aktuellen Trial und dem N-1 Trial, $F(1, 128) = 1,03$; $p = ,313$; $\eta_p^2 = ,01$, noch gab es eine signifikante Dreifachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 128) = 0,33$; $p = ,568$; $\eta_p^2 < ,01$.

3. LPP

Es kam für wütende Gesichter zu einem späten, positiven Potentialdrift im EEG Signal, welcher am stärksten über parieto-zentrale Elektroden im Zeitfenster von 400 – 600ms nach Stimulusonset ausgeprägt war und als LPP klassifiziert wurde (siehe Abb. 6 Spannungsverteilung der EKP-Differenz-Wellen in dem EEG Signal für Stimuli mit wütenden und neutralen Gesichtsausdrücken im Zeitfenster der N170 (150 – 200ms), EPN (200 – 300ms) und LPP (400 - 600ms). Obere Reihe: Studie I ohne zusätzliche kognitive Belastung. Untere Reihe: Studie II unter gesteigerter kognitiven Belastung. Abb. 6, sowie für Mittelwerte und SE siehe Tab. 2). Das LPP Signal zeigte eine signifikante Verstärkung für Gesichter mit wütenden Ausdruck ($M = 6,64$, $SE = 0,22$) relativ zu Gesichtern mit neutralen Ausdruck ($M = 6,15$, $SE = 0,22$), $F(1, 167) = 61,95$; $p < ,001$; $\eta_p^2 = ,27$, und somit eine starke Modulation des LPP durch den aktuell perzipierten Gesichtsausdruck. Außerdem wurde auch ein schwacher, aber signifikanter kontextueller Einfluss in Form einer Zweifachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial, $F(1, 167) = 4,46$; $p = ,036$; $\eta_p^2 = ,03$, und einer Zweifachinteraktion aktuelles Trial x N-2 Trial, $F(1, 167) = 6,28$ $p = ,013$; $\eta_p^2 = ,04$, gefunden. Post Hoc Tests zur Interaktion zwischen aktuellem Trial und N-1 Trial erbrachten,

nur für wütende Gesichter im aktuellen Trial eine signifikante Modulation durch den Gesichtsausdruck im N-1 Trial, $t(167) = 2,43$; $p = ,016$; Cohens $d = 0,07$ (wütendes Gesicht im N-1 Trial: $M = 6,54$; $SE = 0,21$; neutrales Gesicht im N-1 Trial: $M = 6,73$; $SE = 0,22$). Dieser Effekt zeigte sich jedoch nicht, wenn das aktuelle Gesicht einen neutralen Gesichtsausdruck hatte, $t(128) = -0,47$; $p = ,636$; Cohens $d = -0,01$ (wütendes Gesicht im N-1 Trial: $M = 6,17$; $SE = 0,21$; neutrales Gesicht im N-1 Trial: $M = 6,13$; $SE = 0,20$). Post Hoc Untersuchungen zur Interaktion zwischen dem aktuellen Trial und dem N-2 Trial hingegen belegten eine signifikant höhere LPP Amplitude für aktuell perzipierte neutrale Gesichter, wenn ihnen ein wütendes Gesicht ($M = 6,24$; $SE = 0,20$) anstatt ein neutrales Gesicht ($M = 6,06$; $SE = 0,21$) im N-2 Trial vorausging, $t(128) = -2,61$; $p = ,010$; Cohens $d = -0,07$. Bei Gesichtern im aktuellen Trial mit wütendem Ausdruck zeigte sich aber kein derartiger Unterschied (wütendes Gesicht im N-2 Trial: $M = 6,59$; $SE = 0,21$; neutrales Gesicht im N-2 Trial: $M = 6,68$; $SE = 0,21$), $t(128) = 1,12$; $p = ,265$; Cohens $d = 0,03$.

Nicht signifikant wurde die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,71$; $p = ,400$; $\eta_p^2 < ,01$, wie auch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x N-2 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,14$; $p = ,710$; $\eta_p^2 < ,01$, und die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,77$; $p = ,383$; $\eta_p^2 < ,01$. Desweiteren verfehlte auch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial x N-2 Trial, $F(1, 167) = 2,54$; $p = ,113$; $\eta_p^2 = ,02$, und die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial x N-2 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,04$; $p = ,833$; $\eta_p^2 < ,01$, die Signifikanzhürde.

Zusammengefasst zeigte sich, dass die LPP stark von dem emotionalen Gesichtsausdruck im aktuellen Trial beeinflusst wurde und lediglich marginal von den zuvor gezeigten Gesichtern.

Die explorative Datenanalyse der LPP unter erhöhter kognitiver Belastung in Studie II (Übersicht der Ergebnisse in Tab. 3), ergab ebenfalls einen signifikanten Haupteffekt für den Gesichtsausdruck im aktuellen Trial, $F(1, 128) = 11,61$; $p = ,001$; $\eta_p^2 = ,08$, jedoch wurde nun der Effekt der Zweifachinteraktion aktuelles Trial x N-2 Trial, $F(1, 128) = 2,77$; $p = ,099$; $\eta_p^2 = ,02$, wie auch die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial, $F(1, 128) = 2,42$; $p = ,122$; $\eta_p^2 = ,02$ nicht länger signifikant.

4. Reaktionszeit

Die Versuchsteilnehmer in Studie I hatten eine mittlere Reaktionszeit von 647ms und SE von 7ms (für eine genauere Übersicht der Mittelwerte und SE siehe Tab. 2 und Abb. 7). Die Multifaktorielle ANOVA zu den Reaktionszeiten ergab einen signifikanten Haupteffekt des aktuellen Trials, $F(1, 167) = 27,23$; $p < ,001$; $\eta_p^2 = ,14$, wobei Gesichter mit einem wütenden Ausdruck schneller ($M = 647$, $SE = 7$) klassifiziert wurden, als Gesichter mit einem neutralen Gesichtsausdruck. Dieser Effekt des aktuellen Gesichtsausdrucks wurde noch weiter spezifiziert durch eine signifikante Interaktion zwischen dem aktuellen Trial und dem N-1 Trial, $F(1, 167) = 5,828$; $p = ,017$; $\eta_p^2 = ,03$, und der signifikanten Zweifachinteraktion aktuellen Trial x N-2 Trial, $F(1, 167) = 15,275$; $p < ,001$; $\eta_p^2 = ,08$. Die Post hoc Analysen der zuerst genannten Interaktion zeigten, dass die Reaktionen auf ein aktuell perzipiertes, neutrales Gesicht signifikant langsamer waren ($M = 653$, $SE = 7$), wenn ihnen ein wütendes Gesicht im N-1 Trial vorausging, als wenn im N-1 Trial ein neutrales Gesicht gezeigt worden war ($M = 647$, $SE = 7$), $t(167) = -3,02$, $p = ,003$, Cohens $d = 0,23$. Für aktuelle Gesichter mit wütenden Ausdruck hingegen wurde diese sequentielle Modulation nicht gefunden, $t(167) = 0,07$, $p = ,945$, Cohens $d = 0,01$ (wütendes Gesicht im N-1 Trial: $M = 643$; $SE = 7$; neutrales Gesicht im N-1 Trial: $M = 644$; $SE = 7$). Die Analyse der Zweifachinteraktion aktuelles Trial x N-2 Trial ergab, dass eine Wiederholung des N-2 Gesichtsausdrucks im aktuellen Trial

sowohl für neutrale Gesichter (wütendes Gesicht im N-2 Trial: $M = 647$; $SE = 7$; neutrales Gesicht im N-2 Trial: $M = 653$; $SE = 7$; $t(167) = 3,16$, $p = ,002$, Cohens $d = 0,06$), als auch für wütende Gesichter (wütendes Gesicht im N-2 Trial: $M = 646$; $SE = 7$; neutrales Gesicht im N-2 Trial: $M = 641$; $SE = 7$; $t(167) = -2,82$, $p = ,005$, Cohens $d = -0,06$) eine signifikante Verlangsamung der Reaktionszeiten nach sich zog. Ein zusätzlicher T-Test zeigte, dass dabei die Abnahme in den Reaktionszeiten für wütende relativ zu neutralen Gesichtern im aktuellen Trial signifikant größer ausfiel, wenn zuvor im N-2 Trial ein neutrales Gesicht ($M = 13$; $SE = 2$) und kein wütendes Gesicht ($M = 0$; $SE = 2$) gezeigt worden war, $t(167) = -3,91$; $p < ,001$; Cohens $d = 0,38$. Eine abschließende explorative Untersuchung des additiven Effekt zwischen den gezeigten Gesichtsausdrücken im N-2 und N-1 Trial auf die Geschwindigkeit, mit der Gesichter im aktuellen Trial klassifiziert wurden, ergab den größten Unterschied zwischen perzipierten wütenden ($M = 641$; $SE = 7$) und neutralen ($M = 657$; $SE = 7$) Gesichtern, wenn diesen ein neutrales Gesicht im N-2 Trial und ein wütendes Gesicht im N-1 Trial vorausging, $t(167) = 5,82$; $p < ,001$; Cohens $d = 0,17$. Ansonsten wurde dieser Geschwindigkeitsunterschied in der Geschlechtsbestimmung des aktuell gezeigten Gesichts nur für die Sequenz in der sowohl im N-2 Trial, wie auch im N-1 Trial ein neutrales Gesicht gezeigt wurde signifikant, $t(167) = 3,69$; $p < ,001$; Cohens $d = 0,10$ (wütendes Gesicht im aktuellen Trial: $M = 640$; $SE = 7$; neutrales Gesicht im aktuellen Trial: $M = 649$; $SE = 7$).

Für die Reaktionszeiten gab es keinen signifikanten Einfluss durch die Zustandsmanipulation, weder für die Zweifachmanipulation aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,11$; $p = ,737$; $\eta_p^2 < ,01$, noch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x N-2 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,24$; $p = ,624$; $\eta_p^2 < ,01$, die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 2,75$; $p = ,099$; $\eta_p^2 < ,02$, oder die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x N-2 Trial x N-1 Trial x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 1,22$; $p = ,272$; $\eta_p^2 < ,01$.

Desweiteren blieb auch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial x N-2 Trial hinter dem Signifikanzniveau zurück, $F(1, 167) = 0,11$; $p = ,741$; $\eta_p^2 < ,01$.

Die explorative Datenanalyse des modulatorischen Einflusses der SAS auf die Reaktionszeiten bei erhöhter kognitiver Belastung (siehe Tab. 3) ergab wiederum eine signifikant beschleunigte Erkennungsrate bei wütenden ($M = 650$; $SE = 8$) im Vergleich zu neutralen Gesichtern ($M = 660$; $SE = 8$), $F(1, 128) = 26,94$; $p < ,001$; $\eta_p^2 = ,17$. Allerdings zeigte sich nicht länger eine signifikante Zweifachinteraktion des aktuellen Trials mit dem N-2 Trial, $F(1, 128) = 0,47$; $p = ,493$; $\eta_p^2 < ,01$, oder des aktuellen Trials mit dem N-1 Trial, $F(1, 128) = 3,39$; $p = ,068$; $\eta_p^2 = ,03$. Stattdessen wurde nun jedoch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x N-1 Trial x N-2 Trial signifikant, $F(1, 128) = 4,18$; $p = ,043$; $\eta_p^2 = ,03$. Eine anschließende Untersuchung dieses Effekt erbrachte eine signifikante Interaktion zwischen dem aktuellen Trial und dem N-1 Trial nur in dem Fall, dass im N-2 Trial ein wütendes Gesicht, $F(1, 128) = 6,47$; $p = ,012$; $\eta_p^2 = ,05$, nicht jedoch ein neutrales Gesicht gezeigt worden war, $F(1, 128) = 0,06$; $p = ,816$; $\eta_p^2 < ,01$. Darauf folgende Post hoc T-Tests zeigten, dass neutrale Gesichter signifikant schneller Klassifiziert wurden, wenn zuvor nicht nur im N-2 Trial, sondern auch im N-1 Trial ein wütendes Gesicht gezeigt worden war ($M = 654$; $SE = 8$), als wenn im N-1 Trial ein neutrales Gesicht gezeigt wurde ($M = 662$; $SE = 8$), $t(128) = -2,45$; $p = ,016$; Cohens $d = -0,12$. Dieser Effekt wurde für wütende Gesichter im aktuellen Trial nicht gefunden, (wütendes Gesicht im N-1 Trial: $M = 650$; $SE = 8$; neutrales Gesicht im N-1 Trial: $M = 646$; $SE = 8$), $t(128) = 1,10$; $p = ,275$; Cohens $d = 0,04$.

B. Differentielle Effekte

1. Induktion & Gruppenvergleich

In beiden Studien gab es zwischen Angst- und Kontrollgruppe vor der Manipulation keine signifikanten Unterschiede in den Angstmaßen der Versuchspersonen, noch unterschieden

Studie I - Kontrolle vs. Studie I - Manipulation

	PSWQ	SPAI	STAI-T	STAI-Sv	STAI-Sn	STAI-Se
Mann-Whitney U	3152,50	3423,50	3343,50	3402,00	2416,50	2439,50
Wilcoxon W	6638,50	6909,50	6829,50	6888,00	5902,50	5925,50
Z	-1,19	-0,33	-0,58	-0,40	-3,53	-3,46
p (asymptotisch)	,234	,741	,559	,690	,000	,001

Studie II - Kontrolle vs. Studie II - Manipulation

	PSWQ	SPAI	STAI-T	STAI-Sv	STAI-Sn	STAI-Se
Mann-Whitney U	1954,50	1741,00	1934,00	1737,50	1279,50	1504,00
Wilcoxon W	3907,50	3694,00	3887,00	3690,50	3232,50	3457,00
Z	-0,58	-1,58	-0,67	-1,60	-3,76	-2,70
p (asymptotisch)	,563	,113	,500	,109	,000	,007

Studie I - Kontrolle vs. Studie II - Kontrolle

	PSWQ	SPAI	STAI-T	STAI-Sv	STAI-Sn	STAI-Se
Mann-Whitney U	2410,00	2418,00	2361,50	2337,50	2304,00	2455,00
Wilcoxon W	5896,00	4371,00	5847,50	4290,50	4257,00	5941,00
Z	-0,65	-0,62	-0,85	-0,94	-1,08	-0,47
p (asymptotisch)	,514	,536	,397	,346	,282	,637

Studie I - Manipulation vs. Studie II - Manipulation

	PSWQ	SPAI	STAI-T	STAI-Sv	STAI-Sn	STAI-Se
Mann-Whitney U	2751,00	2579,00	2619,00	2783,00	2767,50	2844,00
Wilcoxon W	6406,00	6234,00	6274,00	6438,00	5045,50	6499,00
Z	-0,36	-1,00	-0,85	-0,24	-0,30	-0,01
p (asymptotisch)	,720	,319	,396	,810	,766	,990

Tab. 4 Übersicht über die statistischen Gruppenvergleiche für alle erhobenen Angstmaße. STAI-Sv: STAI-S Wert vor der Manipulation; STAI-Sn: STAI-S Wert nach der Manipulation; STAI-Se: STAI-S Wert am Ende des Versuchs. Alle Gruppenvergleiche, die sich nicht signifikant voneinander unterscheiden sind rot markiert.

sich Angst und Kontrollgruppe der beiden Studien untereinander. Die Manipulation führte in beiden Studien zu einer signifikanten Veränderung der STAI-S Werte zwischen der Angst- und Kontrollgruppe und dieser Unterschied blieb auch bis zum Ende des Versuchs bestehen. Für eine Übersicht zu den entsprechenden Tests siehe Tab. 4.

2. N170

SPAI. Die SPAI Werte der Versuchsproubanden hatten keinen Einfluss auf die N170 für die reine Geschlechtsdiskriminationsaufgabe in Studie I. Es wurde weder die Zweifachinteraktion zwischen dem aktuellen Trial und dem SPAI, $F(1, 167) = 0,24$; $p = ,622$; $\eta_p^2 < ,01$, noch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 167) = 0,18$; $p = ,669$; $\eta_p^2 < ,01$, die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x SPAI, $F(1, 167) = 0,35$; $p = ,554$; $\eta_p^2 < ,01$, oder die Vierfachinteraktion die aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 167) = 0,09$; $p = ,760$; $\eta_p^2 < ,01$, signifikant. Desweiteren hatte auch weder der reine SPAI, $F(1, 167) = 2,41$; $p = ,123$; $\eta_p^2 = ,01$, noch die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 167) = 0,01$; $p = ,937$; $\eta_p^2 < ,01$, einen signifikanten Effekt auf die N170 Reaktion der gezeigten Gesichter.

Unter erhöhter kognitiver Auslastung fand sich lediglich eine signifikante Zweifachinteraktion zwischen dem aktuellen Trial und dem SPAI, $F(1, 128) = 3,97$; $p = ,049$; $\eta_p^2 = ,03$, die jedoch nicht weiter aufgeschlüsselt werden konnte. Es gab keine signifikante Korrelation zwischen dem SPAI und der N170 auf wütende, $r = ,013$; $p = ,880$, oder neutrale Gesichter, $r = ,045$; $p = ,615$, und auch die Differenz in der N170 Amplitude zwischen wütenden und neutralen Gesichtern lieferte keinen signifikanten Zusammenhang, $r = - ,131$; $p = ,140$. Zudem wurde die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 128) = 0,47$; $p = ,496$; $\eta_p^2 < ,01$, die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x SPAI, $F(1, 128) = 0,11$; $p = ,740$; $\eta_p^2 < ,01$,

und die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 128) = 0,28$; $p = ,601$; $\eta_p^2 < ,01$, nicht signifikant. Wie schon in Studie I gab es auch keine allgemeine Modulation des N170 Signals durch die soziale Ängstlichkeit per se, repräsentiert durch den SPAI, $F(1, 128) = 0,12$; $p = ,728$; $\eta_p^2 < ,01$, oder einen signifikanten Einfluss der Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 128) = 0,62$; $p = ,432$; $\eta_p^2 < ,01$.

STAI-T. Die dispositionelle Eigenschaftsängst, wie sie von dem STAI-T Fragebogen abgefragt wurde, zeigte keinen Effekt für die N170. Die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-T-Wert wurde nicht signifikant, $F(1, 167) = 0,39$; $p = ,532$; $\eta_p^2 < ,01$, genauso wenig wie die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 167) = 0,07$; $p = ,797$; $\eta_p^2 < ,01$, oder die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x STAI-T, $F(1, 167) < 0,01$; $p = ,982$; $\eta_p^2 < ,01$. Desweiteren blieben auch die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 167) = 0,33$; $p = ,569$; $\eta_p^2 < ,01$, wie auch der Einfluss des STAI-T generell, $F(1, 167) = 3,03$; $p = ,084$; $\eta_p^2 = ,02$, und die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T unterhalb der Signifikanzhürde, $F(1, 167) < 0,01$; $p = ,958$; $\eta_p^2 < ,01$.

Auch bei erhöhter kognitiver Belastung in Form der Dual Task in Studie II gab es keine Modulation der N170 durch den individuellen STAI-T Wert. So wurde die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-T-Wert, $F(1, 128) = 0,09$; $p = ,768$; $\eta_p^2 < ,01$, und die Dreifachinteraktionen aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 128) < 0,01$; $p = ,972$; $\eta_p^2 < ,01$, sowie aktuelles Trial x Kontext x STAI-T, $F(1, 128) = 3,38$; $p = ,068$; $\eta_p^2 = ,03$, nicht signifikant. Wie zuvor in Studie I gab es auch keine signifikante Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 128) = 0,26$; $p = ,610$; $\eta_p^2 < ,01$, noch einen Einfluss des STAI-T Wertes per se, $F(1, 128) = 1,32$; $p = ,252$; $\eta_p^2 = ,01$, oder einen signifikanten Effekt in der

Zweifachinteraktion zwischen der Zustands-Manipulationsbedingung und dem STAI-T Wert, $F(1, 128) = 1,04$; $p = ,311$; $\eta_p^2 < ,01$.

STAI-S. Ohne kognitive Zusatzbelastung hatte der STAI-S Wert einer Versuchsperson keinen Einfluss auf die N170. Es wurde weder die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-S, $F(1, 167) = 0,01$; $p = ,910$; $\eta_p^2 < ,01$, noch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 167) = 0,88$; $p = ,349$; $\eta_p^2 < ,01$, oder die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x STAI-S, $F(1, 167) = 1,29$; $p = ,257$; $\eta_p^2 < ,01$, oder die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S signifikant, $F(1, 167) < 0,01$; $p = ,971$; $\eta_p^2 < ,01$. Der Effekt der STAI-S Kovariate wurde ebenso wenig signifikant, $F(1, 167) = 0,04$; $p = ,838$; $\eta_p^2 < ,01$, wie die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 167) = 1,69$; $p = ,195$; $\eta_p^2 = ,01$.

Unter erhöhter kognitiver Auslastung in der Studie II hingegen veränderte sich der STAI-S Einfluss deutlich. Nun ergab sich eine signifikante Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-S, $F(1, 128) = 4,22$; $p = ,042$; $\eta_p^2 = ,03$, welche durch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 128) = 6,20$; $p = ,014$; $\eta_p^2 = ,05$, noch weiter spezifiziert wurde. Post Hoc Analysen dazu ergaben, dass es für die Kontrollgruppe zwar keine signifikante Korrelation zwischen den individuellen STAI-S Werten und der N170 Reaktion auf neutrale, $r = -,081$; $p = ,531$, oder wütende Gesichter gab, $r = -,024$; $p = ,855$, jedoch der Unterschied zwischen der N170 Amplituden von wütenden und neutralen Gesichtern mit steigenden STAI-S Wert zunahm, $r = ,263$; $p = ,039$. Eine anschließende Fisher r-zu-z Transformation belegte dabei auch, dass diese Korrelation in Studie II sich signifikant von der Korrelation zwischen STAI-S und der N170-Differenz wütender und neutraler Gesichter in Studie I, $r = -,072$; $p = ,516$, unterschied, $z = 1,99$; $p = ,047$. Für die Angstmanipulationsgruppe in Studie II jedoch wurde keine Korrelation

signifikant (Korrelation zwischen STAI-S und neutralen Gesichtern: $r = -,036$; $p = ,773$; Korrelation zwischen STAI-S und wütenden Gesichtern: $r = -,031$; $p = ,804$; Korrelation zwischen STAI-S und der Differenz zwischen wütenden und neutralen Gesichtern: $r = ,013$; $p = ,917$. Daneben zeigte sich kein signifikanter Effekt für die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x STAI-S, $F(1, 128) = 2,61$; $p = ,109$; $\eta_p^2 = ,02$, Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 128) = 1,08$; $p = ,302$; $\eta_p^2 < ,01$, Einfluss des STAI-S per se auf die N170, $F(1, 128) = 0,23$; $p = ,634$; $\eta_p^2 < ,01$, noch eine signifikante Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 128) = 0,03$; $p = ,857$; $\eta_p^2 < ,01$.

3. EPN

SPAI. Es gab keine signifikanten Effekte zu den SPAI Werten der Probanden und der EPN Amplitude. Die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x SPAI wurde nicht signifikant, $F(1, 167) = 0,07$; $p = ,798$; $\eta_p^2 < ,01$, wie auch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 167) = 0,05$; $p = ,823$; $\eta_p^2 < ,01$, die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x SPAI, $F(1, 167) = 0,05$; $p = ,830$; $\eta_p^2 < ,01$, und die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 167) = 0,24$; $p = ,629$; $\eta_p^2 < ,01$. Insgesamt zeigte auch der SPAI Wert an sich, $F(1, 167) = 0,07$; $p = ,799$; $\eta_p^2 < ,01$, und die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 167) = 0,27$; $p = ,603$; $\eta_p^2 < ,01$, keinen Einfluss auf die EPN.

Auch eine erhöhte kognitive Auslastung führte zu keinen signifikanten Effekten. Die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x SPAI -Wert, $F(1, 128) = 0,82$; $p = ,368$; $\eta_p^2 < ,01$, zeigte weiterhin keinen signifikanten Effekt, noch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 128) = 0,02$; $p = ,888$; $\eta_p^2 < ,01$, oder die

Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x SPAI, $F(1, 128) = 0,39$; $p = ,536$; $\eta_p^2 < ,01$, oder die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 128) = 3,51$; $p = ,064$; $\eta_p^2 = ,03$. Auch wurde die SPAI Kovariate, $F(1, 128) = 1,43$; $p = ,234$; $\eta_p^2 = ,01$, und die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI nicht signifikant, $F(1, 128) = 1,25$; $p = ,266$; $\eta_p^2 = ,01$.

STAI-T. Wie auch schon für die SPAI Werte, gab es keine ersichtliche Modulation der EPN durch die STAI-T Werte. Die Interaktion zwischen dem aktuellen Trial und STAI-T wurde nicht signifikant, $F(1, 167) = 0,10$; $p = ,758$; $\eta_p^2 < ,01$, und auch die Dreifachinteraktionen zwischen dem aktuellen Trial, der Zustands-Manipulationsbedingung und STAI-T, $F(1, 167) = 0,20$; $p = ,653$; $\eta_p^2 < ,01$, sowie die Dreifachinteraktion zwischen dem aktuellen Trial, Kontext und STAI-T wurden nicht signifikant, $F(1, 167) = 0,43$; $p = ,513$; $\eta_p^2 < ,01$. Zudem wurde die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T nicht signifikant, $F(1, 167) = 0,51$; $p = ,475$; $\eta_p^2 < ,01$, wie auch die Kovariate STAI-T, $F(1, 128) = 0,69$; $p = ,408$; $\eta_p^2 < ,01$, und die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 167) = 0,84$; $p = ,362$; $\eta_p^2 < ,01$.

Selbst eine erhöhte kognitive Auslastung, wie in Studie II änderte nichts am allgemeinen Bild. Es gab keinen signifikanten Einfluss der Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-T, $F(1, 128) = 0,83$; $p = ,363$; $\eta_p^2 < ,01$, keine signifikante Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 128) = 0,04$; $p = ,851$; $\eta_p^2 < ,01$, oder aktuelles Trial x Kontext x STAI-T, $F(1, 128) = 0,10$; $p = ,757$; $\eta_p^2 < ,01$, noch eine signifikante Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 128) = 0,05$; $p = ,833$; $\eta_p^2 < ,01$. Wiederum verfehlten die STAI-T Kovariate, $F(1, 128) = 0,33$; $p = ,564$; $\eta_p^2 < ,01$, und die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T die Signifikanzhürde, $F(1, 167) = 0,45$; $p = ,504$; $\eta_p^2 < ,01$.

STAI-S. Auch die STAI-S Werte hatten keinen Einfluss auf die EPN. Die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-S, $F(1, 167) = 0,25$; $p = ,616$; $\eta_p^2 < ,01$, die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 167) < 0,01$ $p = ,951$; $\eta_p^2 < ,01$, wie auch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x STAI-S, $F(1, 167) = 0,16$; $p = ,689$; $\eta_p^2 < ,01$, und die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 167) = 1,67$; $p = ,198$; $\eta_p^2 = ,01$, wurden alle nicht signifikant. Schließlich gab es auch keine allgemeine Modulation des EPN Signals durch die STAI-S Werte, $F(1, 167) = 1,88$; $p = ,172$; $\eta_p^2 = ,01$, noch eine signifikante Interaktion zwischen den STAI-S Werten und der Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 167) = 0,37$; $p = ,545$; $\eta_p^2 < ,01$.

Die Dualtaskaufgabe und die damit verbundene erhöhte kognitive Belastung in Studie II erbrachten dabei auch keine weiteren signifikanten Ergebnisse. Wiederum gab es keinen signifikanten Einfluss der Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-S, $F(1, 128) = 0,37$; $p = ,547$; $\eta_p^2 < ,01$, der Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 128) = 0,01$; $p = ,918$; $\eta_p^2 < ,01$, der Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x STAI-S, $F(1, 128) = 0,73$; $p = ,394$; $\eta_p^2 < ,01$, oder der Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 128) = 0,20$; $p = ,656$; $\eta_p^2 < ,01$. Ebenso wenig zeigte sich ein signifikanter Effekt für die allgemeine Modulation der EPN durch die STAI-S Werte, $F(1, 128) < 0,01$; $p = ,945$; $\eta_p^2 < ,01$, oder eine signifikante Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 128) = 0,08$; $p = ,782$; $\eta_p^2 < ,01$.

4. LPP

SPAI. Die SPAI Werte der Versuchsproubanden hatten keinen Einfluss auf die LPP der Gesichter in der Geschlechtsdiskriminationsaufgabe in Studie I. Es wurde weder die

Zweifachinteraktion zwischen dem aktuellen Trial und dem SPAI, $F(1, 167) = 1,23$; $p = ,270$; $\eta_p^2 < ,01$, noch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 167) = 0,01$; $p = ,916$; $\eta_p^2 < ,01$, die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x SPAI, $F(1, 167) < 0,01$; $p = ,991$; $\eta_p^2 < ,01$, oder die Vierfachinteraktion die aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 167) = 0,77$; $p = ,382$; $\eta_p^2 < ,01$, signifikant. Desweiteren hatte auch weder der SPAI Wert per se, $F(1, 167) = 0,26$; $p = ,611$; $\eta_p^2 < ,01$, noch die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 167) = 0,30$; $p = ,586$; $\eta_p^2 < ,01$, einen signifikanten Effekt auf die LPP Reaktion.

Selbst unter erhöhter kognitiver Auslastung ergaben sich keine signifikanten Effekte. Die Zweifachinteraktion zwischen dem aktuellen Trial und dem SPAI, $F(1, 128) = 0,55$; $p = ,461$; $\eta_p^2 < ,01$, die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 128) = 0,02$; $p = ,891$; $\eta_p^2 < ,01$, die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x SPAI, $F(1, 128) = 3,13$; $p = ,079$; $\eta_p^2 = ,02$, und die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 128) = 2,14$; $p = ,146$; $\eta_p^2 = ,02$, blieben alle unterhalb der Signifikanzschwelle. Wie schon in Studie I gab es ebenfalls keine allgemeine Modulation des LPP Signals durch die SPAI Werte der Versuchspersonen, $F(1, 128) = 0,41$; $p = ,525$; $\eta_p^2 < ,01$, oder einen signifikanten Einfluss der Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 128) = 0,35$; $p = ,557$; $\eta_p^2 < ,01$.

STAI-T. Wie für die SPAI Werte, gab es keine signifikante Modulation des LPP durch die STAI-T Werte. Die Interaktion zwischen dem aktuellen Trial und STAI-T wurde nicht signifikant, $F(1, 167) = 1,20$; $p = ,274$; $\eta_p^2 < ,01$, und auch die Dreifachinteraktionen zwischen dem aktuellen Trial, der Zustands-Manipulationsbedingung und STAI-T, $F(1, 167) = 1,31$; $p = ,254$; $\eta_p^2 < ,01$, sowie die Dreifachinteraktion zwischen dem aktuellen Trial, Kontext und STAI-T verfehlten das Signifikanzniveau, $F(1, 167) = 0,83$; $p = ,364$; $\eta_p^2 < ,01$. Zudem wurde die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x

STAI-T nicht signifikant, $F(1, 167) = 0,17$; $p = ,678$; $\eta_p^2 < ,01$, wie auch die Kovariate STAI-T, $F(1, 128) = 0,79$; $p = ,375$; $\eta_p^2 < ,01$, und die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 167) = 0,03$; $p = ,870$; $\eta_p^2 < ,01$.

Auch bei erhöhter kognitiver Belastung in Form der Dual Task in Studie II hatten die individuellen STAI-T Werte keinen Einfluss. Es gab keinen signifikanten Effekt der Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-T, $F(1, 128) < 0,01$; $p = ,965$; $\eta_p^2 < ,01$, keine signifikante Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 128) < 0,01$; $p = ,993$; $\eta_p^2 < ,01$, oder aktuelles Trial x Kontext x STAI-T, $F(1, 128) = 1,17$; $p = ,281$; $\eta_p^2 < ,01$, noch Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 128) = 2,52$; $p = ,112$; $\eta_p^2 = ,02$. Wiederum verfehlte die STAI-T Kovariate, $F(1, 128) = 0,41$; $p = ,525$; $\eta_p^2 < ,01$, und die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 167) = 0,26$; $p = ,608$; $\eta_p^2 < ,01$, die Signifikanzhürde.

STAI-S. Schließlich zeigte sich die LPP auch von den STAI-S Werten der Versuchspersonen unbeeinflusst. Es wurde weder die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-S, $F(1, 167) = 1,15$; $p = ,284$; $\eta_p^2 < ,01$, noch eine der Dreifachinteraktionen aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 167) = 1,45$; $p = ,230$; $\eta_p^2 < ,01$, oder aktuelles Trial, Kontext und STAI-S signifikant, $F(1, 167) < 0,01$; $p = ,942$; $\eta_p^2 < ,01$. Auch die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 167) = 1,64$; $p = ,202$; $\eta_p^2 = ,01$, blieb genauso wie der allgemeine STAI-S Effekt, $F(1, 167) = 3,71$; $p = ,056$; $\eta_p^2 = ,02$, und die Zweifachinteraktion STAI-S x Zustands-Manipulationsbedingung unter dem Signifikanzniveau, $F(1, 167) < 0,01$; $p = ,951$; $\eta_p^2 < ,01$.

Die Modulation der LPP wurde dabei auch nicht durch eine erhöhte kognitive Auslastung (Studie II) erhöht. Weiterhin gab es keinen signifikanten Effekt für die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-S, $F(1, 128) = 0,45$; $p = ,502$; $\eta_p^2 < ,01$, für die Dreifachinteraktion

aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 128) < 0,01$; $p = ,987$; $\eta_p^2 < ,01$, für die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x STAI-S, $F(1, 128) = 0,43$; $p = ,514$; $\eta_p^2 < ,01$, oder für die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 128) = 1,05$; $p = ,308$; $\eta_p^2 < ,01$. Zudem wurde die STAI-S Kovariate nicht signifikant, $F(1, 128) < 0,01$; $p = ,924$; $\eta_p^2 < ,01$, und auch nicht die Zweifachinteraktion STAI-S x Zustands-Manipulationsbedingung, $F(1, 128) = 0,08$; $p = ,773$; $\eta_p^2 < ,01$.

5. Reaktionszeiten

SPAI. Die Reaktionszeiten zur Kategorisierung der einzelnen Gesichter hinsichtlich ihres Geschlechts wurden nicht durch die individuellen SPAI Werte der Versuchspersonen moduliert. So wurde weder die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x SPAI, $F(1, 167) = 0,79$; $p = ,375$; $\eta_p^2 < ,01$, noch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 167) = 0,71$; $p = ,401$; $\eta_p^2 < ,01$, die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x SPAI, $F(1, 167) = 1,24$; $p = ,267$; $\eta_p^2 < ,01$, oder die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 167) = 2,60$; $p = ,109$; $\eta_p^2 = ,02$, signifikant. Desweiteren gab es auch keinen Einfluss der SPAI Werte direkt auf die Reaktionszeiten, $F(1, 167) = 3,13$; $p = ,079$; $\eta_p^2 = ,02$, und ebenfalls die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI blieb ohne Effekt, $F(1, 167) = 3,19$; $p = ,076$; $\eta_p^2 = ,02$.

Auch eine erhöhte kognitive Auslastung führte zu keinen signifikanten Ergebnissen. Die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x SPAI -Wert, $F(1, 128) = 0,04$; $p = ,842$; $\eta_p^2 < ,01$, zeigte weiterhin keinen signifikanten Effekt, noch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 128) = 2,06$; $p = ,154$; $\eta_p^2 = ,02$, oder die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x SPAI, $F(1, 128) = 1,99$; $p = ,160$; $\eta_p^2 = ,02$,

oder die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI, $F(1, 128) = 2,49$; $p = ,117$; $\eta_p^2 = ,02$. Auch wurde die SPAI Kovariate, $F(1, 128) = 1,68$; $p = ,198$; $\eta_p^2 = ,01$, und die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x SPAI nicht signifikant, $F(1, 128) = 0,07$; $p = ,795$; $\eta_p^2 < ,01$.

STAI-T. Die Eigenschaftsangst, repräsentiert durch die STAI-T Fragebogen Werte, zeigte einen begrenzten Effekt auf die Reaktionsgeschwindigkeiten. Die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-T-Wert wurde nicht signifikant, $F(1, 167) = 1,60$; $p = ,208$; $\eta_p^2 = ,01$, genauso wenig wie die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 167) = 0,53$; $p = ,468$; $\eta_p^2 < ,01$, oder die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x STAI-T, $F(1, 167) = 0,53$; $p = ,467$; $\eta_p^2 < ,01$. Zudem blieb auch die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 167) = 0,24$; $p = ,627$; $\eta_p^2 < ,01$, unter dem Signifikanzniveau zurück. Allerdings gab es einen deutlichen, generellen Effekt der Eigenschaftsangst, $F(1, 167) = 9,04$; $p = ,003$; $\eta_p^2 = ,05$. Umso höher die STAI-T Werte einer Person ausfielen, desto länger brauchten die Versuchspersonen, um das Geschlecht des gezeigten Gesichtes zu bestimmen, $r = ,247$; $p = ,001$. Eine Fisher r-zu-z Transformation zeigte jedoch keinen signifikanten Unterschied, $z = 0,96$; $p = ,337$, zu der entsprechenden Korrelation in Studie II, $r = ,138$; $p = ,120$. Die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T hatte wiederum keinen signifikanten Effekt, $F(1, 167) = 2,80$; $p = ,096$; $\eta_p^2 = ,02$.

Bei erhöhter kognitiver Belastung in Studie II kam es zu leichten Veränderungen in der Modulation der Reaktionsgeschwindigkeit durch den individuellen STAI-T Wert. Wiederum wurde die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-T-Wert, $F(1, 128) = 0,73$; $p = ,396$; $\eta_p^2 < ,01$, und die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 128) = 1,48$; $p = ,225$; $\eta_p^2 = ,01$, sowie die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x

Kontext x STAI-T, $F(1, 128) = 0,60$; $p = ,439$; $\eta_p^2 < ,01$, nicht signifikant. Allerdings ergab sich nun eine signifikante Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-T, $F(1, 128) = 6,13$; $p = ,015$; $\eta_p^2 = ,05$. Die Post Hoc Analysen ergaben, dass dieser Effekt nicht in der Kontrollbedingung, $F(1, 128) = 1,04$; $p = ,313$; $\eta_p^2 = ,02$, sondern nur in der Angstmanipulationsbedingung auftrat, $F(1, 128) = 7,74$; $p = ,007$; $\eta_p^2 = ,11$. Aufgrund der Bonferroni-Holm Korrektur kam es jedoch zu keiner signifikanten Korrelation zwischen den Reaktionszeiten und der individuellen Eigenschaftsangst in Form des STAI-T: neutrales Gesicht nach zwei neutralen Gesichtern $r = ,282$; $p = ,021$, wütendes Gesicht nach zwei neutralen Gesichtern, $r = ,195$; $p = ,114$, neutrales Gesicht nach zwei wütenden Gesichtern $r = ,225$; $p = ,067$, und wütendes Gesicht nach zwei wütenden Gesichtern $r = ,301$; $p = ,013$. Außerdem hatte, im Gegensatz zu der reinen Geschlechtsdiskriminationsaufgabe in Studie I, der STAI-T Wert per se nun in der Dualtask keinen signifikanten Einfluss mehr auf die Reaktionszeiten, $F(1, 128) = 2,78$; $p = ,098$; $\eta_p^2 = ,02$. Wie in Studie I gab es keine signifikante Zweifachinteraktion zwischen der Zustands-Manipulationsbedingung und dem STAI-T Wert, $F(1, 128) = 0,77$; $p = ,382$; $\eta_p^2 < ,01$.

STAI-S. Ohne zusätzliche kognitive Beanspruchung zeigten sich schon einige Modulationen der Reaktionszeiten durch die individuellen STAI-S Werte. Auch wenn die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-S die Signifikanzschwelle verfehlte, $F(1, 167) = 0,55$; $p = ,460$; $\eta_p^2 < ,01$, ergab sich doch eine signifikante Dreifachinteraktion zwischen dem aktuellen Trial, der Zustands-Manipulationsbedingung und dem STAI-S Wert einer Versuchsperson, $F(1, 167) = 5,51$; $p = ,020$; $\eta_p^2 = ,03$. Jedoch offenbarten die Post Hoc Tests keinen signifikanten Zusammenhang, weder für die Kontrollgruppe (neutrales Gesicht: $r = ,038$; $p = ,769$; wütendes Gesicht: $r = ,070$; $p = ,589$; Differenz: $r = ,130$; $p = ,313$), noch für die Angstmanipulationsgruppe (neutrales Gesicht: $r = ,188$; $p = ,128$; wütendes Gesicht: $r = ,160$; $p = ,196$; Differenz: $r = - ,109$; $p = ,381$). Desweiteren wurde auch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x STAI-S, $F(1, 167) = 3,89$; $p = ,050$; $\eta_p^2 = ,02$,

und die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S nicht signifikant, $F(1, 167) = 0,47$; $p = ,494$; $\eta_p^2 < ,01$. Allerdings zeigte sich, wie zuvor für die STAI-T Werte, dass die Reaktionszeiten generell umso höher ausfielen, je größer die STAI-S Werte einer Versuchsperson waren, $F(1, 167) = 4,23$; $p = ,041$; $\eta_p^2 = ,03$; $r = ,178$; $p = ,021$. Diese Korrelation veränderte sich jedoch laut der Fisher r-zu-z Transformation auch nicht signifikant, $z = 0,36$; $p = ,719$, unter erhöhter kognitiver Last (Studie II), $r = ,136$; $p = ,124$. Die Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S hingegen wurde wiederum nicht signifikant, $F(1, 167) = 0,10$; $p = ,750$; $\eta_p^2 < ,01$.

Unter erhöhter kognitiver Auslastung in der Studie II hatte der STAI-S Wert einer Versuchsperson hingegen keinen Einfluss mehr auf ihre Reaktionsgeschwindigkeit. Weder die Zweifachinteraktion aktuelles Trial x STAI-S, $F(1, 128) = 0,24$; $p = ,626$; $\eta_p^2 < ,01$, noch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 128) = 2,15$; $p = ,415$; $\eta_p^2 = ,02$, noch die Dreifachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x STAI-S, $F(1, 128) = 0,23$; $p = ,632$; $\eta_p^2 < ,01$, oder die Vierfachinteraktion aktuelles Trial x Kontext x Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 128) = 0,56$; $p = ,455$; $\eta_p^2 < ,01$, zeigten einen signifikanten Effekt. Auch der STAI-S Wert per se hatte keinen Einfluss auf die Reaktionszeit der Versuchspersonen, $F(1, 128) = 1,85$; $p = ,177$; $\eta_p^2 = ,02$, noch gab es eine signifikante Zweifachinteraktion Zustands-Manipulationsbedingung x STAI-S, $F(1, 128) = 0,21$; $p = ,645$; $\eta_p^2 < ,01$.

C. sLORETA Analysen

Zur Abschätzung der zugrundeliegenden kortikalen Quellen der N170, EPN und LPP wurden für alle drei untersuchten EKPe source density maps durch sLORETA-basierte nicht-

parametrische Permutation Tests erstellt. In der Abb. 8 sind alle sLORETA Ergebnisse grafisch dargestellt, wobei die signifikanten kortikalen Regionen farblich markiert wurden. Im Folgenden wird eine Zusammenfassung der Ergebnisse beschrieben. Für eine vollständige

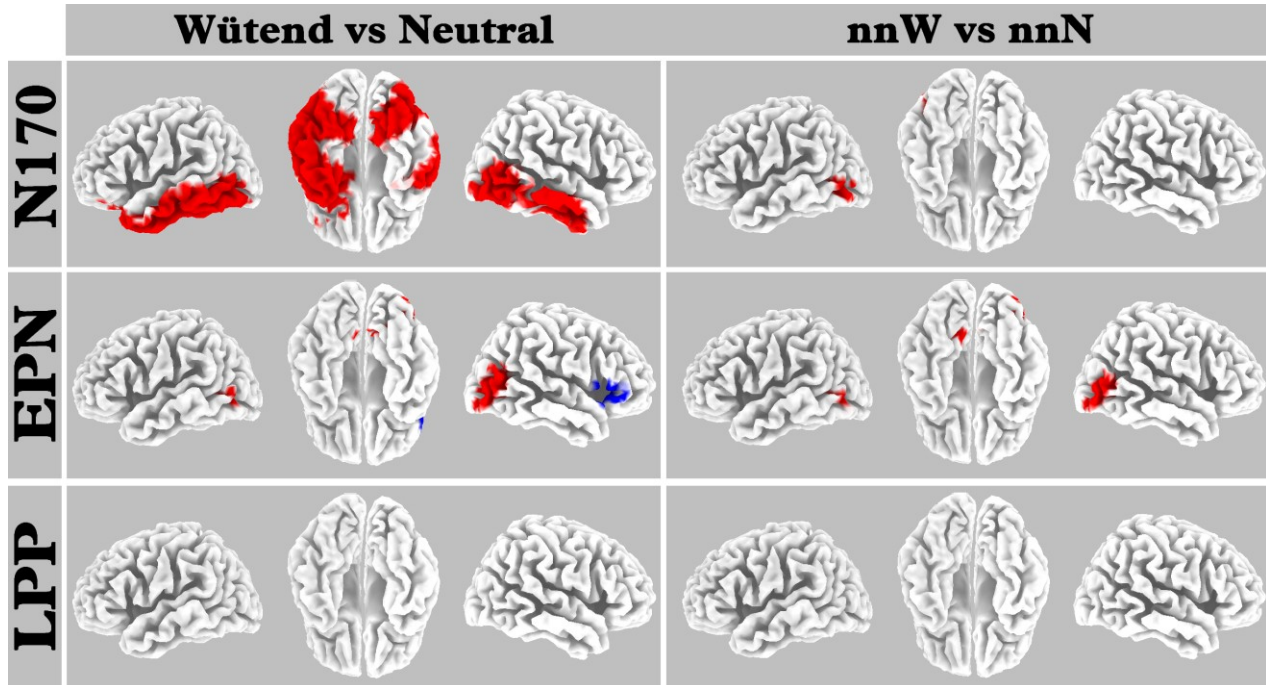


Abb. 8 sLORETA Analyse der t-Statistiken der nichtparametrischen Permutationstests für den Vergleich aktuell wütender gegen neutraler Gesichtsausdrücke und der spezifischen SASen, in denen dem aktuellen Trial zwei neutrale Gesichter vorausgingen. Nur signifikante Regionen wurden markiert. Ergebnisse im Zeitfenster der N170 (152 – 200ms), EPN (200 – 300ms) und LPP (300 -600ms). Rot: gesteigerte Aktivität für wütende Gesichter / Blau: gesteigerte Aktivität für neutrale Gesichter.

Auflistung aller signifikanten Regionen siehe Tab. 5. Zunächst wurde für alle drei EKPe die kortikale Quelle in den beobachteten allgemeinen Emotionseffekt, aktuell wütende gegen neutrale Gesichter, untersucht.

Die Unterschiede in der N170 scheinen demnach überwiegend aus inferior temporalen Regionen zu stammen, welche für wütende Gesichter stärker aktiviert werden als für neutrale Gesichter (threshold: $t = 0,17$).

Auch bei der EPN ergaben sich in der source density map nach der sLORETA Methode mehrere kortikale Quellen als Ursache für die gefundenen EPN Unterschiede zwischen wütenden und neutralen Gesichtern (threshold: $t = 0,12$). Einige Regionen in okzipitalen und temporalen inferioren Bereichen des Gehirns, wie z.B. der Gyrus Occipitalis Inferior oder der Superiore Temporale Gyrus zeigen dabei, wie auch schon für die N170, eine erhöhte Aktivität für wütende Gesichter. Allerdings waren für die EPN, in Abgrenzung dazu, der Gyrus Precentralis und der inferiore temporale Gyrus bei neutralen Gesichtern stärker aktiv als bei wütenden Gesichtern.

Für die kortikalen Quellen der Unterschiede im LPP Signal für wütende vs. neutrale Gesichter ließen sich keine spezifischen Regionen ausmachen (threshold: $t = 0,17$).

Beim Vergleich der sLORETA „Source Density Maps“ hinsichtlich der Unterschiede in den EKPen für wütende und neutrale Gesichter, wenn in den beiden Trials zuvor zwei neutrale Gesichter dargeboten wurden, zeigte sich für die N170 und EPN ein deutlich anderes Bild. (siehe Abb. 8 und Tab. 5)

Der Unterschied in der N170 zwischen wütenden und neutralen Gesichtern beschränkte sich in diesem spezifischen Kontext nun lediglich auf den inferioren temporalen und der mittleren okzipitalen Gyrus (threshold: $t = 0,26$).

Die kortikalen Quellen für die gefundenen Unterschiede in der EPN hingegen scheinen für diesen Kontext nun einzig und allein aus okzipitalen und temporalen inferioren Regionen zu stammen (threshold: $t = 0,19$). Der Gyrus Precentralis und der inferiore temporale Gyrus spielten keine Rolle mehr für die Unterschiede im EPN Signal zwischen wütenden und neutralen Gesichtern im aktuellen Trial.

Die sLORETA Analyse für die LPP Unterschiede in diesem spezifischen Kontext lieferte jedoch wiederum keine genau lokalisierbaren kortikalen Quellen (threshold: $t = 0,23$).

EPN W-N	Region	x	y	z	t-Wert
	Cuneus	10	-58	8	0,13
	Inferior Frontal Gyrus	54	19	-1	-0,14
	Inferior Occipital Gyrus	45	-83	-4	0,15
	Inferior Temporal Gyrus	50	-78	0	0,16
	Lingual Gyrus	25	-63	8	0,13
	Middle Occipital Gyrus	50	-72	8	0,17
	Middle Temporal Gyrus	54	-67	13	0,18
	Posterior Cingulate	-5	-53	7	0,13
	Precentral Gyrus	59	20	8	-0,13
	Superior Temporal Gyrus	54	-57	17	0,16
EPN nnW-nnN	Region	x	y	z	t-Wert
	Cuneus	-10	-58	8	0,20
	Inferior Occipital Gyrus	45	-83	-4	0,23
	Inferior Temporal Gyrus	50	-78	0	0,24
	Lingual Gyrus	-10	-53	3	0,21
	Middle Occipital Gyrus	50	-68	8	0,25
	Middle Temporal Gyrus	54	-67	13	0,25
	Parahippocampal Gyrus	-10	-48	2	0,19
	Posterior Cingulate	-5	-53	7	0,20
	Superior Temporal Gyrus	54	-57	17	0,19
N170 W-N	Region	x	y	z	t-Wert
	Cuneus	10	-58	8	0,19
	Fusiform Gyrus	25	-59	-10	0,20
	Inferior Frontal Gyrus	-30	18	-22	0,19
	Inferior Occipital Gyrus	45	-83	-4	0,23
	Inferior Temporal Gyrus	50	-78	0	0,23
	Insula	40	-5	-4	0,17
	Lingual Gyrus	15	-53	-2	0,21
	Middle Frontal Gyrus	-35	38	-19	0,18
	Middle Occipital Gyrus	54	-68	8	0,23
	Middle Temporal Gyrus	50	-63	8	0,23
	Orbital Gyrus	-20	28	-27	0,19
	Parahippocampal Gyrus	20	-53	-2	0,21
	Posterior Cingulate	20	-58	8	0,20
	Rectal Gyrus	-10	13	-22	0,17
	Subcallosal Gyrus	-25	4	-13	0,18
	Sub-Gyral	-15	-44	-6	0,19
	Superior Frontal Gyrus	-20	38	-19	0,17
	Superior Temporal Gyrus	-40	18	-30	0,20
	Uncus	-25	8	-30	0,19
N170 nnW-nnN	Region	x	y	z	t-Wert
	Inferior Temporal Gyrus	-50	-73	-1	0,27
	Middle Occipital Gyrus	-54	-73	4	0,27

Tab. 5 Signifikante Regionen der sLORETA Unterschieds-Karten mit t-Werten und Talairach Koordinaten der Peak-Voxels der EPN und der N170. Die sLORETA Analyse der LPP lieferte keine signifikanten Ergebnisse.

V. Diskussion⁴

In dieser Arbeit wurde untersucht, wie verschiedene Faktoren die neurokognitive Verarbeitung des aktuellen perzipierten Gesichts(-Ausdrucks) modulieren. Dazu wurde der Einfluss und Interaktion von Abfolgen neutraler und wütender Gesichtsausdrücke, von der individuellen Ängstlichkeit, sowie von einem sozial stressenden Kontext und von der kognitiven Auslastung auf verschiedene Stufen der Gesichtsverarbeitung, wie sie von den EKPe der N170, EPN und LPP repräsentiert werden, genauer betrachtet.

A. Sequenzen und emotionaler Gesichtsausdruck

Die Ergebnisse für die drei EKPe weisen nicht nur darauf hin, dass die aktuell laufende Analyse eines Gesichtsausdrucks von den zuvor verarbeiteten Gesichtsausdrücken abhängt, sondern auch dass diese Sequenzinformation spezifisch in gewisse Phasen der Gesichtsverarbeitung integriert wird. Außerdem zeigen die Reaktionszeit-Befunde klar, dass die Verhaltensreaktion der Probanden durch den emotionalen Inhalt der betrachteten Gesichtsausdrücke und ihre sequentielle Abfolge beeinflusst wird.

1. N170

Der emotionale Gesichtsausdruck hatte, obgleich er für die Bearbeitung der aktuellen Aufgabe irrelevant war, eine eindeutige Auswirkung auf die neuronale Verarbeitung des Gesichts. Allerdings unterschied sich der Grad dieses Einflusses deutlich zwischen den

⁴ Dieser Abschnitt basiert auszugsweise auf meiner Publikation „Passing faces: sequence-dependent variations in the perceptual processing of emotional faces“ (Karl, Hewig, & Osinsky, 2016).

einzelnen EKPen. Interessanterweise war die N170 von allen EKPen diejenige, die am stärksten auf die emotionalen Aspekte des aktuell wahrgenommenen Gesichtsausdrucks per se reagierte. In Anbetracht der respektablen Größe unserer Stichprobe trägt dieses Ergebnis einen nachhaltigen Befund zur Debatte bei, ob die N170 durch den emotionalen Ausdruck eines Gesichts moduliert wird. Bis jetzt gab es zwar auch schon Studien, die einen solchen Effekt zeigen konnten (z.B. Batty & Taylor, 2003; Blau, Maurer, Tottenham, & McCandliss, 2007; Krombholz et al., 2007; Righart & de Gelder, 2008; Rossignol, Philippot, Douilliez, Crommelinck, Campanella, 2005; Tortosa et al., 2013; Zhu et al., 2010), aber eben auch eine Zahl an Studien, die keinen derartigen Effekt fanden (z.B. Ashley, Vuilleumier, & Swick, 2004; Eimer & Holmes, 2002; Holmes et al., 2003; Krolak-Salmon, Fischer, Vighetto, & Mauguire, 2001; Rellecke et al., 2013; Smith, Weinberg, Moran, & Hajcak, 2013). Einige Autoren hatten sogar nahe gelegt, dass die emotionale Modulation der N170 lediglich eine Überlagerung des EPN Effekts darstelle (Rellecke et al., 2013). Die Ergebnisse dieser Studie, welche die bis dahin größte Stichprobe zu dieser Thematik vorweisen kann, belegen allerdings eindeutig, dass die N170 empfindlich für den emotionalen Ausdruck des Gesichts ist. Zudem, in Anbetracht der Tatsache, dass die Reaktionsmuster der N170 und der EPN sich augenfällig unterscheiden, weisen unsere Ergebnisse auch deutlich darauf hin, dass diese beobachtete Suszeptibilität der N170 für den emotionalen Gesichtsausdruck nicht bloß einen überlagerten EPN-Effekt widerspiegelt.

Dieser Befund impliziert jedoch, dass der emotionale Informationsgehalt eines Gesichts scheinbar einer sehr schnellen und frühen Analyse unterzogen werden muss, um die ebenfalls frühe strukturelle Verarbeitung des Gesichts, repräsentiert durch die N170, zu beeinflussen. Folglich scheinen die strukturelle und emotionale Decodierung des perzipierten Gesichts nicht ausschließlich nacheinander in verschiedenen Stufen abzulaufen, wie es von Haxbys Gesichtsverarbeitungsmodell unterstellt wird, sondern zu mindestens teilweise parallel, was die hierarchische Struktur von Haxbys Modell in Frage stellt.

Diese äußerst frühe Verfügbarkeit der emotionalen Informationen des Gesichtsausdrucks ist in Übereinstimmung mit der Idee, dass evolutionär relevante Informationen auf einem schnelleren Weg, vom visuellen Thalamus direkt zur Amygdala, weitergeleitet werden (LeDoux 1996, 2002; Morris, Ohman, & Dolan, 1998). Die Amygdala wiederum kann dann, wie angenommen wird, über Rück-Projektionen, welche zahlreiche Regionen im visuellen Pfad bis einschließlich Regionen in der V1 Region innervieren (Amaral, Behnia, & Kelly, 2003), die Verarbeitung der basalen visuellen Analyse des perzipierten Gesichts modulieren (Vuilleumier, 2005; LeDoux, 2007; Pourtois, Schettino, & Vuilleumier, 2013). Siehe dafür auch die Interpretation der Ergebnisse zur Quellenlokalisierung V B.1, Seite 82.

Desweiteren fand sich eine kontextuelle Modulation der N170, was zu den Befunden vorangehender Studien passt, welche für verschiedene kontextuelle Faktoren einen Einfluss auf die Amplitude der N170 nachweisen konnten (siehe z.B. Latinus, et al., 2015; Righart & de Gelder, 2008; Tortosa et al., 2013). Die Ergebnisse zeigen, dass die N170 Reaktion auf einen neutralen Gesichtsausdruck hin signifikant erhöht ist, wenn ihm ein wütendes Gesicht vorausgeht. Dies widerspricht der initialen Annahme dieser Studie, dass die N170 als Index für die strukturelle Analyse und gemäß den Ergebnissen von Diéguez-Risco und Kollegen (2013) nicht moduliert sein sollte.

Dieses Ergebnis fügt sich jedoch nahtlos in die Reihe unterschiedlichster Befunde zu Cueing- und Priming-Effekten der N170 ein. Eine Studie von Ran, Zhang, Chen und Pan (2014) fand so heraus, dass das N170 Signal für Gesichter von Personen, die einem anderen Volksstamm angehören, abfällt, wenn die Probanden zuvor mit einem Gesicht gecued wurden. Dieser Befund ist nun aber ganz in Einklang mit unseren Ergebnissen, dass eben gewisse Informationen eines zuvor betrachteten Gesichts die neuronale Verarbeitung eines aktuell wahrgenommenen Gesichts im Zeitfenster der N170 beeinflusst. Zudem replizieren unsere Ergebnisse, bis zu einem gewissen Grad, die Ergebnisse einer anderen Studie von Lu, Zhang,

Hua, und Luo (2011), die beobachten konnten, wie das Vertex Positive Potential (VPP) auf ein neutrales Gesicht hin höher ausfällt, wenn diesem Gesicht Primes von negativen Gesichtsausdrücken vorausgingen (es wird angenommen, dass die N170 und das VPP die gleichen Prozesse im Gehirn repräsentieren, siehe Joyce & Rossion, 2005). Allerdings sollte an dieser Stelle angemerkt werden, dass es sich bei ihrer Studie um subliminal präsentierte Stimuli (Darbietungszeit ~ 20 ms) handelt und so von den Versuchspersonen auch nur passiv perzipiert wurden. Damit ist die vorliegende Studie jedoch die erste, der es gelang einen elektrophysiologischen Beleg dafür zu finden, wie Aufgaben - relevante und bewusst analysierte Gesichter die strukturelle Verarbeitung eines nachfolgenden Gesichtes beeinflussen. Ferner weist das Fehlen jeglichen Einflusses von N-2 Gesichtsausdrücken auf die aktuelle N170 Reaktion darauf hin, dass dieser sequentielle Effekt auf die strukturelle Verarbeitung des aktuell perzipierten Gesichtsausdrucks auf den Gesichtsausdruck beschränkt ist, der direkt zuvor perzipiert wurde.

Die sLORETA Ergebnisse der N170 deuten dabei auf occipito-temporale Gehirnareale als neuronale Hauptquelle für die gefundene emotionale Modulation der N170 hin. Dies stützt damit nicht nur die Einteilung der N170 als Index für neuronale Verarbeitungsprozesse des Kernsystems (Pitcher et al., 2011), sondern auch die Annahme, dass schon recht früh eine Integration emotionaler Informationen eben in diesem Kernsystem stattfindet. Dadurch wird wiederum die hierarchische Natur des Gesichtsverarbeitungssystems in Frage gestellt, da für eine derartige Modulation die emotionalen Informationen des Gesichtsausdrucks ja bereits von anderen Gehirnarealen, wie wahrscheinlich der Amygdala, verarbeitet worden sein müssen. Allerdings benötigt diese vermutete Verbindung zwischen der Amygdala-Aktivität und der emotionalen Modulation der N170, auch wegen der Beschränkungen der EEG-Technik, bzw. den sLORETA Befunden bzgl. der exakten Lokalisation von neuronalen Aktivitätszentren, noch weitere Untersuchungen.

Nichtsdestotrotz, konnte somit einerseits ein kontextueller Einfluss von Gesichtssequenzen bereits in der basalen visuellen Analyse im Kernsystem der Gesichtsverarbeitung nachgewiesen werden. Andererseits wurden damit aber auch klare Indizien für eine zumindest teilweise parallele Verarbeitung, sowie Integration von emotionalen und strukturellen Informationen im Gesichtsverarbeitungssystem gefunden.

2. EPN

Es gibt inzwischen schon zahlreiche Studien, welche erhöhte EPN Reaktionen auf wütende im Vergleich zu neutralen Gesichtern belegen konnten (Calvo & Beltrán, 2013; Feldmann-Wüstefeld et al., 2011; Rellecke, Palazova, Sommer, & Schacht, 2011; Rellecke et al., 2012; Valdés-Conroy et al., 2014), und der hier gefundene Haupteffekt für den emotionalen Gesichtsausdruck des aktuell perzipierten Gesichts zeigt ebenfalls diesen bekannten Effekt. Allerdings ist dieser Effekt nicht der stärkste Einflussfaktor für die EPN, sondern der postulierte Sequenz-Einfluss von gewissen Abfolgen neutraler und wütender Gesichter. Eine explorative Betrachtung der Ergebnisübersicht (Tab. 3 Übersicht über die Ergebnisse der 2x2x2x2 Multifaktorielle ANOVAs von Studie I und II. Signifikante Ergebnisse sind schwarz gedruckt. Erläuterung: Akt = aktueller Gesichtsausdruck, Ind = Induktion, N-1/N-2 = Gesichtsausdruck 1, bzw. 2 Trials zuvor. Tab. 2 und Tab. 3) zur Studie I zeigt, dass der Emotions-Haupteffekt des aktuellen Trials für gewisse Bedingungen (fast) verschwindet, wenn dem aktuellen Gesicht z.B. ein wütendes Gesicht im N-2 Trial und dann einem neutralen Gesicht im N-1 Trial vorausging, oder sich sogar komplett umzudrehen scheint, was der Fall ist, wenn dem aktuellen Gesicht zwei Gesichter mit wütenden Ausdruck vorausgingen. Somit legen die Ergebnisse den Schluss nahe, dass das EPN-Signal gar nicht so sehr von dem aktuell perzipierten Gesichtsausdruck abhängt, sondern viel stärker von der sequentiellen Abfolge zuvor erblickter Gesichtsausdrücke. Genauer gesagt wurde der Einfluss

des aktuellen Gesichtsausdrucks auf die EPN sowohl durch den Gesichtsausdruck im N-1 Trial, als auch vom Gesichtsausdruck im N-2 Trial moduliert, wobei das mit Abstand stärkste EPN Signal dann auftrat, wenn zwei neutralen Gesichtern ein wütendes Gesicht folgte. Dies ist nun jedoch naheliegend, da ein solch plötzliches Auftreten einer potentiellen Gefahr, in Form des wütenden Gesichts, nach einer wiederholten Präsentation harmloser, neutraler Gesichter offensichtlich die höchste soziale / evolutionäre Relevanz aufweist und dementsprechend wiederum auch eine besondere Relevanz in der Verarbeitung eingeräumt werden sollte. Obwohl in mehreren Studien schon gezeigt werden konnte, dass die EPN Reaktion auf ein Gesicht stark vom Kontext abhängt (Bublitzky et al., 2014; Frühholz et al., 2008; Herbert, Sfarlea, & Blumenthal, 2013; Marzi et al., 2014; Valdés-Conroy et al., 2014) und von gewissen, zuvor übermittelten Informationen beeinflusst wird (Suess et al., 2015), gibt es bis jetzt noch keine andere Studie, die eine derartige Modulation durch vorangegangene Gesichtsausdrücke berichtet.

Außerdem gibt es bisher nur eine einzige Studie, die den Effekt vorausgegangener Gesichter auf das EPN Signal eines aktuell betrachteten Gesichts untersucht hat. In dieser EEG-Studie von Werheid, Schacht und Sommer (2007) wurde der Einfluss von Attraktivität und affektiv-kongruenter und affektiv-inkongruenter Prime-Gesichter auf die Verarbeitung eines aktuellen Gesichts untersucht. Allerdings wurde dabei kein Priming Effekt für die EPN gefunden, d.h. es konnte kein sequentieller Einfluss gefunden werden.

Ansonsten gibt es, wenn man allgemein emotionale Bilder und nicht nur Gesichter als Stimuli heranzieht, nur noch die eingangs erwähnten Studien von Flaisch et al. (2008a, 2008b) zur sequentiellen Modulation der EPN. Allerdings erweist sich ein Vergleich zu den vorliegenden Ergebnissen äußerst schwierig, nicht nur wegen des geschilderten Unterschiedes zwischen Gesichtern und IAPS Bildern (siehe II, F, 4, - Seite 21ff), welche in ihren Studien verwendet wurden, sondern auch weil sie nur ganze Blöcke von zusammenhängenden Zügen an Stimuli

verwendeten, die alle die gleiche Valenz aufwiesen, und nicht spezifisch die N-1 oder N-2 Trials analysierten. So untersuchten und berichteten sie auch lediglich die Unterschiede die ganze Serien von zuvor präsentierten affektiven Stimuli auf die aktuelle Verarbeitung haben, wohingegen die vorliegende Arbeit etliche Befunde dafür liefert, dass die Sequenzeffekte sehr viel komplexer sind und gravierende Unterschiede bereits zwischen N-1 und N-2 Einflüssen bestehen. Dementsprechend ging die vorliegende Arbeit noch einen Schritt weiter, indem nicht nur gezeigt wurde, dass Sequenzen von Gesichtsausdrücken einen Einfluss auf die aktuelle kognitive Gesichtsverarbeitung haben, sondern sogar deutliche Indizien gefunden wurden, dass die spezifische Abfolge in diesen Sequenzen eine Rolle spielt.

Ein Ergebnis, das jedoch in zukünftigen Studien noch ausführlicher untersucht werden sollte, ist der deutliche Unterschied im Einfluss des N-1 und N-2 Trials auf das EPN Signal. Insbesondere überraschend war, dass der Einfluss des N-2 Trials deutlich stärker ausfiel, im Hinblick auf ihre Effektstärken, als der des N-1 Trials. Dieser Befund könnte dabei einen Hinweis auf einen spezifischen Effekt des Arbeitsgedächtnisses darstellen. Einige Studien deuten darauf hin, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses auf lediglich zwei bis drei emotionale Gesichtsausdrücke beschränkt ist (Curby & Gauthier, 2007; Švegar, 2011; Wong, Peterson, & Thompson 2008). Diese limitierte Kapazität des Gesichts-spezifischen Arbeitsgedächtnisses könnte nun die Befunde bezüglich des enormen Einflusses des N-2 Trials auf die Verarbeitung des momentan perzipierten Gesichts erklären. Da ja das Gesicht, das im N-2 Trial gezeigt wurde, nun aus dem Arbeitsgedächtnisspeicher verdrängt werden wird, könnte sein starker Einfluss auf die Analyse des aktuell analysierten Gesichtsausdrucks einen finalen Integrationsprozess des N-2 Gesichtsausdrucks darstellen, um auf diese Weise so viele Informationen wie nur möglich von diesem verblässenden N-2 Stimulus zu retten. Selbstverständlich sollten diese Post-hoc Spekulationen jedoch noch durch weitere künftige Experimente überprüft werden.

3. LPP

Die Befunde anderer Studien, in denen bereits gezeigt wurde, dass das LPP Signal durch die affektive Valenz eines Gesichtes moduliert wird (Bublitzky et al., 2014; Frühholz et al., 2009; Van Strien et al., 2010), konnten auch in dieser Studie repliziert werden: Wütende Gesichter verursachten eine stärkere LPP-Reaktion, als neutrale Gesichter. Der prominente Haupteffekteinfluss des aktuellen Gesichtsausdrucks auf die LPP Amplitude weist starke Parallelen zu dem Reaktionsmuster der N170 auf. Dies wiederum könnte ein Indikator dafür sein, dass die emotionale Modulation der LPP, eben wie die der N170, hauptsächlich auf den Einfluss der Amygdala zurückzuführen ist, welche nach Studien die neuronale Stimulusverarbeitung im Zeitfenster dieser beiden EKPe zu beeinflussen scheint (de Rover, Brown, Boot, Hajcak, & van Noorden, 2012; Liu et al., 2012; Rotshtein et al., 2010; Sabatinelli et al., 2007). Wie schon für die N170 erwähnt, benötigt diese Hypothese jedoch noch weitere Untersuchungen, maßgeblich von bildgebenden Studien.

Ferner konnte, ebenfalls in Übereinstimmung mit anderen Studien (Diéguez-Risco et al., 2013; Herbert et al., 2013; Marzi et al., 2014; Rellecke, Sommer, Schacht, 2012; Van Strien et al., 2010) eine kontextuelle Modulation der LPP nachgewiesen werden, insofern als dass eindeutige Belege dafür gefunden wurden, dass das aktuelle LPP Signal von der vorangegangenen Gesichter-Abfolge abhängt. Im Gegensatz zur EPN jedoch, die hauptsächlich durch jene sequentiellen Effekte beeinflusst wurde, zeigte die LPP lediglich eine schwache Beeinflussung durch den Gesichtsausdruck des N-2 Trials und gänzlich keinen Effekt im N-1 Trial. Dies passt u. A. zu der Studie von Wiens, Sand, und Olofsson (2011), die in einer Studie zeigen konnten, dass emotionale Kontextfaktoren einen beträchtlich stärkeren Einfluss auf das EPN Signal ausüben, als auf das korrespondierende LPP Signal.

Dessen ungeachtet ist dies die erste Arbeit, die eine Modulation der LPP Reaktion auf neutrale und wütende Gesichter durch unterschiedliche Sequenzen zuvor präsentierter

Gesichtsausdrücke nachweisen konnte. Der Grund dafür, dass nur ein Einfluss des N-2 und nicht des N-1 Trials auf das aktuelle LPP Signal festgestellt werden konnte, könnte u. U. auf den Arbeitszeitgedächtniseffekt zurückzuführen sein, der schon für die EPN beschrieben wurde. Der verstärkte Einfluss des N-2 Gesichtsausdrucks auf die aktuelle Gesichtsverarbeitung könnte einen finalen Integrationsprozess darstellen, bei dem möglichst viele Informationen des Gesichtsausdrucks, der als nächstes aus dem Arbeitsgedächtnis gelöscht werden wird, im besonderen Maße ausgenutzt werden. Damit scheint dieser Integrationsprozess nicht nur lediglich die neurokognitiven Vorgänge der Gesichtsverarbeitung im Zeitbereich der EPN zu beeinflussen, sondern erstreckt sich scheinbar auch auf die nachfolgenden Verarbeitungsschritte, welche durch die LPP repräsentiert werden. Wiederum sollte dies aber noch in weiterführenden Studien untersucht und bestätigt werden.

Wie auch die Ergebnisse zu den Reaktionszeitdaten andeuten, findet die Verhaltensreaktion auf das Gesicht direkt am Ende der LPP Periode statt, in dem die basale visuelle Analyse für die geforderte Kategorisierung des Gesichtes hinsichtlich seines Geschlechts wahrscheinlich schon vollständig abgeschlossen ist. Somit, da die LPP zeitlich am Ende der visuellen Analyse auftritt und hauptsächlich durch den aktuellen Gesichtsausdruck moduliert wird, stellt die LPP Reaktion wohl die abschließende emotionale/ affektive Interpretation des aktuellen Gesichtes dar, in die alle kontextuellen Faktoren bereits in vorangegangenen Schritten integriert wurden.

B. SLORETA

1. N170 & EPN

Die Aktivitätsmuster der sLORETA Analyse zeigen für die EPN einen okkzipito-temporalen Ursprung, was darauf hinweist, dass die EPN wohl, genauso wie die N170, eine Modulation von Gehirnregionen des Kernsystems widerspiegelt, welche vermutlich durch Zentren des erweiterten Gesichtsverarbeitungssystem ausgelöst wird. Allerdings unterscheiden sich die Aktivitätsmuster der EPN dennoch deutlich von denen der N170, was noch einmal unterstreicht, dass diese beiden EKPe unterschiedliche Prozesse repräsentieren und vermutlich auch unterschiedlichen modulatorischen Input erhalten. Diese Befunde stehen aber im deutlichen Widerspruch zu der Annahme, dass die emotionale Modulation der N170 lediglich eine Überlagerung des EPN Effekts darstellt (Rellecke et al., 2013).

Im Detail wird die emotionale Modulation der N170 vermutlich durch Rückkopplungssignale der Amygdala ausgelöst, welche allerdings keinen Einfluss für die emotionale Modulation im Zeitfenster der EPN spielt. Diese Vermutung passt so auch zu den EEG-Befunden von Rotshtein et al. (2010). Diese fanden für Patienten, die eine Amygdala-Läsion erlitten hatten, sowohl in einer recht frühen Phase (100 – 150ms), als auch späten Phase (500 - 600ms) der Gesichtsverarbeitung eine reduzierte neuronale Reaktion auf ängstliche Gesichter. Zudem kam eine Studie von Luo und Kollegen (2010) zu ähnlichen Ergebnissen und konnte zeigen, dass es bei der Perzeption von emotionalen Stimuli in der Tat zu zwei distinkten Phasen erhöhter Amygdala-Aktivität kommt. Die frühe Phase (40 – 140ms) hing dabei einzig und allein von dem emotionalen Inhalt des Stimulus ab, wohingegen die späte Phase (290 – 410ms) zusätzlich noch durch die Aufmerksamkeit des Probanden beeinflusst wurde. Diese Resultate könnten damit auch den recht schwachen generellen Emotionseffekt des aktuellen Gesichts auf die EPN erklären, der in dieser Studie zu Tage trat. Die EPN entsteht in einem

Zeitfenster, in dem die Amygdala - Aktivität und damit verbunden eben auch ihr modulatorischer Einfluss, gemäß den Befunden von Rotshtein et al. (2010) und Luo et al. (2010), deutlich reduziert ist. Folglich liegt es nahe zu vermuten, dass die beobachteten Veränderungen in der EPN Amplitude durch andere Gehirneeregionen als die Amygdala verursacht werden - in Anbetracht der komplexen Modulation der EPN, wahrscheinlich durch neuronale Systeme die für höhere kognitive Funktionen verantwortlich sind. Ein wahrscheinlicher Kandidat dafür ist der Posteriore Cinguläre Cortex, der nicht nur eine essentielle Rolle im Änderungs-Detektions-Netzwerk des Gehirns einnimmt und für die behaviorale Adaption an unerwarteten Veränderungen in der Umwelt beteiligt ist (Leech et al., 2012), sondern auch in der sLORETA Analyse für die EPN signifikant wurde. Bei all diesen Spekulationen ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Ergebnisse von einem EEG stammen, das von der Schädeldecke aufgenommen wurde, und damit eine recht schwache Sensitivität für die Aktivität tieferliegende Gehirnareale aufweist. Desweiteren liefern Lokalisationsverfahren wie die sLORETA-Analyse keine perfekten Lösungen für das Invers-Problem, sondern lediglich wahrscheinliche Lösungsmöglichkeiten, weswegen diese Interpretationen noch weiterer Bestätigungen durch fortführende Studien mit exakteren Bildgebenden Verfahren bedürfen.

2. LPP

Ferner lieferte die sLORETA Analyse für das LPP, im Gegensatz zur N170, keine distinkten kortikalen Quellen des LPP Emotionseffekts. Eine Erklärung dafür präsentieren mehrere Studien, welche als Quelle der LPP ein weit verteiltes Netzwerk an kortikalen Regionen ausmachten (Liu et al., 2012; Sabatinelli et al., 2007). Die verteilten Erregungsmuster könnten sich somit nicht deutlich genug in den einzelnen Bedingungen unterscheiden, aber dennoch einen signifikanten Unterschied im LPP Signal bewirken. Unter Umständen könnte dieser

Negativbefund jedoch auch schlichtweg auf die relativ niedrige Elektrodenanzahl des verwendeten EEG-Systems, bzw. die doch recht grobe Lokalisation durch die sLORETA - Methode zurückzuführen sein.

C. Differentielle Effekte und kognitive Auslastung

Die Auswertung der Ergebnisse der Angstmanipulation belegen für beide Studien eine deutliche Zunahme der Zustandsangst der Probanden, ersichtlich an den signifikant erhöhten STAI-S Werten, und somit einen Angstrelevanten Kontext in der Manipulationsbedingung.

1. N170

Neurophysiologisch zeigten sich lediglich für die N170 Modulationen durch die Angstmaße der Probanden. Allerdings schaffte der Einfluss der SPAI – Werte auf das N170 Signal unter gesteigerter kognitiver Belastung nur knapp die Signifikanzhürde und weiterführende Tests ergaben keine weiteren Aufschlüsse über die Art der Modulation, weswegen für eine klarerer Aussage diesbezüglich weitere Forschungen unabdingbar sind.

Daneben zeigte sich, wie erwartet, eine positive Korrelation für den N170 Unterschied zwischen wütenden und neutralen Gesichtern und der Zustandsangst der Probanden unter erhöhter kognitiver Belastung, die aber nur in der Kontrollgruppe und nicht in der Angstmanipulationsgruppe auftrat, sowie vollkommen unbeeinflusst von sequentiellen Effekten war. Dieser Befund ist per se gemäß der Attentional Control Theorie (Eysenck, et al., 2007), bzw. der Dual Mechanisms of Control Modell (Braver et al., 2007). Je höher die akute Angst der Probanden war, desto mehr war ihre Aufmerksamkeit reizgetrieben auf die

Verarbeitung des bedrohlichen Gesichtsausdrucks gerichtet und weniger auf die aufgabenrelevante Geschlechtsdiskriminierungsaufgabe, wie bei einem neutralen Gesicht, was an dem zunehmenden Unterschied der N170 ersichtlich ist. Nun verfügten die Probanden aber scheinbar in der Standardbedingung über ausreichend freie kognitive Ressourcen, um diese Aufmerksamkeitsverzerrung auszugleichen, so dass dieser Effekt erst zu Tage trat, als ihre kompensatorischen Kontrollressourcen nur noch eingeschränkt zur Verfügung standen, weil sie durch die Dual-Task-Memorisierungsaufgabe gebunden waren. Die Tatsache, dass dieser Effekt jedoch wider erwarten nicht in der Manipulationsgruppe auftrat, in der die Zustandsangst der Probanden noch einmal deutlich erhöht war, lässt sich u.U. durch die Form der Angstmanipulation und eine Art Ceiling-Effekt erklären. Die Probanden erwarteten, im Anschluss an den Versuch, in eine sozial angsteinflößende Situation zu gelangen, in der sie von anderen Leuten kritisch beäugt werden würden. Dadurch könnten nun auch schon die neutralen Gesichter, welche wie die wütenden Gesichter direkt die Versuchsperson „anstarrten“, ein gewisses Bedrohlichkeitspotential aufweisen, erinnern sie doch an die erwartete soziale Musterung. Somit würden sowohl wütende wie auch neutrale Gesichter für die Probanden in der Manipulationsgruppe – sei es auch nur unbewusst – eine Form von angstinduzierende Stimuli darstellen. Dadurch würde es bei beiden Stimuligruppen zu einer Form an Aufmerksamkeitsverzerrung kommen, wenn auch vielleicht in unterschiedlicher Gewichtung, so doch vielleicht ausreichend, um die in der Kontrollgruppe gefundene Korrelation aufzuheben. Diese Konfundierung könnte durch eine geeignetere Wahl für die Angstmanipulation oder die Verwendung von Gesichtern mit vom Beobachter abgewandter Blickrichtung behoben werden. Aus dieser Studie ist es jedoch nicht zweifelsfrei ersichtlich, ob dies tatsächlich der Grund dafür war und weiterführende Untersuchungen zu diesem Thema sind unerlässlich, um eine fundierte Aussage treffen zu können.

2. EPN & LPP

Für die EPN und LPP allerdings zeigte sich kein Zusammenhang zwischen den durch sie repräsentierten neurophysiologischen Vorgängen und der individuellen Angstaussprägung der Versuchsperson – weder für die soziale Ängstlichkeit, noch für die allgemeine Zustands- oder Eigenschaftsangst der Probanden. Ferner ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen der Manipulations- und Kontrollgruppe für diese beiden EKPe, obgleich unsere Angstmanipulation eindeutig zu einem Anstieg in der Zustandsangst der Manipulationsgruppe relativ zur Kontrollgruppe geführt hat. Dieser Befund stimmt jedoch mit den von anderen Studien überein, denen es auch nicht gelang einen Beleg für die Modulation der EPN oder LPP durch die individuelle Angst zu finden (z.B. Kolassa et al., 2007; Mühlberger et al., 2009; Walentowska, & Wronka, 2012).

In der Retroperspektive überrascht dies jedoch wenig. Begegnen wir im Alltag einer Person mit wütendem Gesichtsausdruck, so stellt diese für uns eine unmittelbare Bedrohung dar, insbesondere, wenn diese uns, wie in diesem Versuch, direkt anstarrt. Evolutionär betrachtet sollte ein solch wichtiger und bedrohlicher Stimulus in seiner basalen neurokognitiven Verarbeitung, größtenteils unabhängig von den interindividuellen Unterschieden in sozialer oder allgemeiner Ängstlichkeit, eine besondere allgemeine Signalwirkung zukommen. Stattdessen ist zu vermuten, dass erst auf einer höheren kognitiven Ebene die Interpretation derartig bedrohlicher Gesichter nachhaltig durch die individuelle Ängstlichkeit beeinflusst und moduliert wird, was jedoch noch weiterer Untersuchungen bedarf.

3. Reaktionszeiten

Wie schon in mehreren Studien wiederholt gezeigt werden konnte (siehe z.B. Gale et al., 2015; Gorlin & Teachman, 2015; Ladouceur et al., 2009; Nishisato, 1966), führte auch in dieser Untersuchung eine gesteigerte Zustands-, bzw. Eigenschaftsangst der Probanden zu

einer signifikanten Zunahme ihrer Reaktionszeiten. Dieser Befund ist gemäß des Modells von Clark und Wells (1995), bzw. des Modells von Rapee und Heimberg (1997), welche beide eine reduzierte Aufmerksamkeit auf (unbedrohliche) externe Reize, in unserem Fall die aufgabenrelevanten geschlechtsspezifischen Gesichtsmerkmale, aufgrund einer vermehrt nach innen gerichteten Aufmerksamkeitslenkung beschreiben.

Dass sich dieser Zusammenhang jedoch, wider erwarten, unabhängig vom kognitiven Load zeigte, könnte daran liegen, dass die Memorisierungsaufgabe der Dual Task schlichtweg eine zu geringe kognitive Belastung darstellte und deswegen kein Unterschied detektierbar war. Durch die Verwendung längerer Zahlenketten für die Memorisierungsaufgabe könnte sich diese Vermutung in Folgestudien einfach überprüfen lassen.

Gleiches könnte auch helfen signifikante Ergebnisse für die Auswertung der gefundenen Vierfachinteraktion zu liefern, welche darauf hinweist, dass in der Gesichtsverarbeitung, wie postuliert, eine Integration der verschiedenen Faktoren stattfindet. Die Auswirkungen der Sequenzen von wütenden und neutralen Gesichtern auf die Reaktionszeiten zeigten signifikante Unterschiede in Abhängigkeit von der Eigenschaftsangst der Probanden (Attentional Control Theory), aber nur unter erhöhter kognitiver Last (vergleiche die Befunde von Berggren & Derakshan, 2013b; Berggren, et al., 2015; Ladouceur et al., 2009) und unter Antizipation einer drohenden, sozial beängstigenden Situation (situationelle Trait-Relevanz nach Tett & Guterman, 2000). Eine Vermutung dabei wäre, dass eine konkrete soziale Bedrohung in Verbindung mit einer entsprechenden Prädisposition die Verarbeitung der Stimulussequenzen im Posterioren Cingulären Cortex moduliert. Bei fehlenden kompensatorischen Ressourcen könnte dies somit die Ursache der beobachteten behavioralen Reaktion und potentiell die Ursache des in der Attentional Control Theory beschriebenen Effekts sein. Auf eine derartige Modulation des Posterioren Cingulären Cortex deutet die Tatsache hin, dass die entsprechende Vierfachinteraktion der EPN, welche laut unserer

sLORETA Analyse auch die veränderte Aktivität im Posterioren Cingulären Cortex repräsentiert, nur knapp die Signifikanzhürde verfehlte, jedoch diese mit einer größeren Stichprobe unter erhöhter kognitiver Last übersteigen könnte. Diese Spekulation benötigt aber noch eingehender Untersuchung und die Zuhilfenahme besserer Bildgebender Verfahren.

4. Übertragbarkeit der Befunde

Obgleich mehrere Studien existieren, die belegen konnten, dass wütende und ängstliche Gesichter eine ähnliche Aufmerksamkeitsverschiebung verursachen (z.B. Mogg, Garner, & Bradley, 2007), ist es äußerst fraglich, ob die Ergebnisse bzgl. ängstlicher Gesichter als Stimulus tatsächlich auf die neurokognitive Verarbeitung von wütenden Gesichtern übertragen werden können, oder umgekehrt. Bereits siebenjährige Kleinkinder allokalieren mehr kognitive Ressourcen auf die Verarbeitung wütender Gesichter als für ängstliche Gesichter (Kobiella, Grossmann, Reid, & Striano, 2008). Bei direkten Blickkontakt verursachen außerdem wütende Gesichter eine signifikant höhere Startle-Reaktion als ängstliche Gesichter (Springer, Rosas, McGetrick, & Bowers, 2007) und ziehen eine verstärkte Rekrutierung kognitiver Ressourcen nach sich (Fox, Mathews, Calder, & Yiend, 2007). Da zudem wütende und ängstliche Gesichter unterschiedliche kortikale Netzwerke zu aktivieren scheinen (Ewbank et al., 2009; Whalen et al., 2001), lassen sich die hier gefundenen Ergebnisse, bezüglich des Einflusses der individuellen Ängstlichkeit auf die neurokognitive Verarbeitung von wütenden Gesichtern, nicht einfach auf die Verarbeitung von ängstlichen Gesichtern übertragen. Dessen ungeachtet sind die Befunde zu neurokognitiven Verarbeitung ängstlicher Gesichter selbst in sich recht kontrovers und widersprüchlich. Einerseits fanden Mühlberger und Kollegen (2009) bei sozial ängstlichen Personen keinen signifikanten Unterschied zwischen neutralen und ängstlichen Gesichtern im LPP Signal. Andererseits jedoch zeigen die Ergebnisse von Holmes, Nielsen, Tipper und

Green (2009), dass Personen mit einer hohen Eigenschaftsangst eine erhöhte LPP auf ängstliche Gesichter aufweisen. Dieser Effekt war dabei unabhängig von der Schwere der Aufgabe in der die Gesichter präsentiert wurden, trat aber bei niedrig Ängstlichen nicht auf. Diese zeigten keine LPP Erhöhung bei fordernden Aufgabenstellungen. Ferner ergab sich für die EPN, obgleich sie ebenfalls für ängstliche Gesichter erhöht war, ein anderes Bild. Diese EPN Erhöhung wurde nicht von der Schwere der Aufgabenstellung moduliert und sank mit steigenden Angstlevel der Probanden (siehe auch Holmes et al., 2008). Demgegenüber zeigten die Resultate von Frenkel und Bar-Haim (2011) dass der LPP Anstieg in Reaktion auf ängstliche Gesichter mit steigendem Angstlevel zunahm. Auch fanden sie eine erhöhte EPN Reaktion in ihrer hoch-Angst Gruppe im Vergleich zu ihrer niedrig-Angst Gruppe. Zusätzlich entdeckte eine aktuelle Studie von Ofan und Kollegen (2014), dass nur dann eine Modulation der N170 auftrat, wenn eine hochängstliche Person sich in einem gewissen angstrelevanten Kontext befand, was auf eine potentielle Interaktion zwischen der Eigenschafts-Angst und Zustandsangst hinweist. Somit ist auch hier noch weitere Forschung erforderlich.

Abschließend bleibt nur noch einmal darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Versuchspersonen in dieser Studie, obgleich sie hohe Werte in den Angstskalen erreichten, nicht um eine klinische Stichprobe handelte. So lassen sich diese Ergebnissen auch nicht ohne weiteres auf Personen mit klinisch relevanten Angststörungen übertragen. Ferner, da einige Studien nahe legen, dass die Modulation der Reaktion auf bedrohliche Stimuli von den individuellen Genotyp abhängt (siehe z.B. Osinsky, Löscher, Hennig, Alexander, & Macleod, 2012), kann nicht ausgeschlossen werden, dass Ängstlichkeit in spezifischen Genotypen die neurokognitive Verarbeitung von wütenden Gesichtern anders beeinflusst, als in dieser Studie dargelegt wurde.

D. Revidiertes Model zur Gesichtsverarbeitung

Die geschilderten Ergebnisse dieser Arbeit lassen sich nur unzureichend in das Eingangs geschilderte Modell zur neurokognitiven Gesichtsverarbeitung von Haxby und Kollegen (Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2000; Haxby & Gobbini, 2011; siehe Abb. 1) integrieren. Aus diesem Grund wird im Folgenden eine hypothetische Erweiterung dieses Modells skizziert (siehe Abb. 9).

Die Verarbeitung im Kernsystem, d.h. die strukturelle Analyse eines Gesichtes, repräsentiert durch das Signal der N170, wird deutlich von dem emotionalen Informationsgehalt des Gesichtes moduliert (siehe V.A.1, - Seite 73ff). Die Interpretation dieser emotionalen Informationen findet im ursprünglichen Modell jedoch erst im nachgeschalteten Erweiterten Gesichtsverarbeitungssystem statt. Stattdessen scheint es sich dabei jedoch weniger um eine sequentielle, sondern wahrscheinlich parallele Verarbeitung zu handeln, welche sich bereits am visuellen Thalamus aufspaltet. Von da ab werden die Informationen zum einen zur weiteren strukturellen Analyse in die V1 Region und zum anderen zur emotionalen Analyse in das limbische System, insbesondere zur Amygdala, weitergeleitet (siehe V.A.1, - Seite 73ff). Dies impliziert somit auch schon eine viel frühere Wechselwirkung – eben bereits im Zeitfenster der N170 - des Core und Extended Systems, als es im Model bisher angedeutet wird.

Desweiteren belegt die sequentielle Modulation der EPN die zeitliche Integration von Gesichtsinformationen und deren Einfluss auf die Auswertung des rezenten Gesichtsausdruckes und somit eine Modulation des Core Systems durch das Arbeitsgedächtnis (siehe V.A.2, - Seite 77ff). Dessen Informationen werden scheinbar in dem Änderungs-Detektions-Netzwerk, insbesondere im Posteriore Cinguläre Cortex (limbisches Sytem), verrechnet und zumindest ans Core System modulierend zurückgesendet (siehe

V.B.1, - Seite 82ff). Auch wenn in dieser Studie lediglich der emotionale, bzw. evolutionär relevante Informationsgehalt wütender und neutraler Gesichter betrachtet wurde, so ist doch auch eine zeitliche Integration weiterer Informationen, wie z.B. der Blickrichtung des betrachteten Gesichtes (Eimer et al., 2010), für die Analyse des aktuell betrachteten Gesichtsausdruckes zu vermuten.

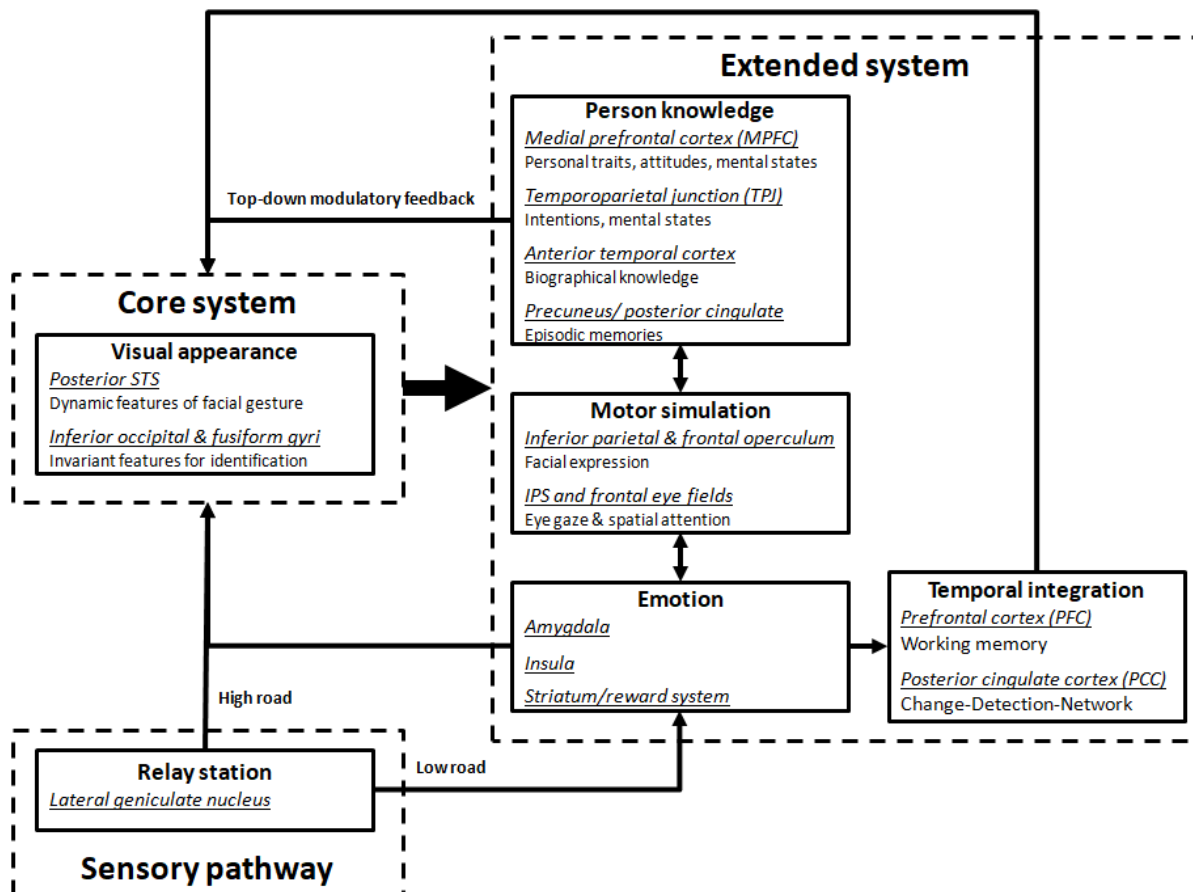


Abb. 9 Übersicht des revidierten Gesichterverarbeitungssystems von Haxby und Kollegen (abgewandelt von Haxby & Gobbini, 2011). Es wurde eine Komponente zur zeitlichen Integration von relevanten Informationen („Temporal integration“) im Extended System hinzugefügt, sowie der „Sensory pathway“ mit einbezogen, um die Parallelität der Verarbeitung und wechselwirkende Modulation des „Core systems“ und „Extended systems“ zu verdeutlichen.

VI. Literaturliste

Adams, R. B., & Kleck, R. E. (2005). Effects of direct and averted gaze on the perception of facially communicated emotion. *Emotion*, 5, 3–11. doi:10.1037/1528-3542.5.1.3

Amaral, D., Behniea, H., Kelly, J. (2003). Topographic organization of projections from the amygdala to the visual cortex in the macaque monkey. *Neuroscience*, 118, 1099–1120. doi:10.1016/S0306-4522(02)01001-1

American Psychiatric Association. (2013). Anxiety Disorders. In *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.)*. doi:10.1176/appi.books.9780890425596.dsm05

Ansari, T.L., & Derakshan, N. (2010). Anxiety impairs inhibitory control but not volitional action control. *Cognition and Emotion*. 24(2), 241-254. doi:10.1080/02699930903381531

Ansari, T.L., Derakshan, N., & Richards, A. (2008). Effects of anxiety on task switching: evidence from the mixed antisaccade task. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. 8(3), 229-238.

Ashley, V., Vuilleumier, C. A. P., & Swick, D. (2004). Time course and specificity of event-related potentials to emotional expressions. *Neuroreport*, 15, 211–216. doi:10.1097/00001756-200401190-00041

Ashwin, C., Wheelwright, S., & Baron-Cohen, S., (2006). Finding a face in the crowd: Testing the anger superiority effect in Asperger Syndrome. *Brain and Cognition*, 61(1), 78-95. doi:10.1016/j.bandc.2005.12.008.

- Aviezer, H., Hassin, R. R., Ryan, J., Grady, C., Susskind, J., Anderson, A., Moscovitch, M., & Bentin, S. (2008). Angry, disgusted, or afraid? Studies on the malleability of emotion perception. *Psychological science*, 19, 724–732. doi: 10.1111/j.1467-9280.2008.02148.x
- Bar-Haim, Y., Lamy, D., Pergamin, L., Bakermans-Kranenburg, M. J., & van IJzendoorn, M. H. (2007). Threat-related attentional bias in anxious and nonanxious individuals: a meta-analytic study. *Psychological bulletin*, 133(1), 1–24. doi:10.1037/0033-2909.133.1.1
- Batty, M., & Taylor, M. J. (2003). Early processing of the six basic facial emotional expressions. *Cognitive Brain Research*, 17, 613–620. doi:10.1016/S0926-6410(03)00174-5
- Beatty, M. J. (1988). Situational and predispositional correlates of public speaking anxiety. *Communication Education*, 37(1), 28-39. doi:10.1080/03634528809378701
- Beatty, M. J., & Friedland, M. H.(1990). Public speaking state anxiety as a function of selected situational and predispositional variables. *Communication Education*, 39(2), 142-147. doi:10.1080/03634529009378796
- Beck, A.T., Brown, G., & Steer, R.A. (1996). *Beck Depression Inventory II manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Behnke, R. R., & Sawyer, C. R. (1999). Milestones of anticipatory public speaking anxiety. *Communication Education*, 48(2), 165-172. doi:10.1080/03634529909379164
- Bekhtereva, V., Craddock, M., & Müller, M. M. (2015). Attentional bias to affective faces and complex IAPS images in early visual cortex follows emotional cue extraction. *Neuroimage*, 112, 254-266. doi: 10.1016/j.neuroimage.2015.03.052
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological Studies of Face Perception in Humans. *Journal of cognitive neuroscience*, 8, 551–565. doi:10.1162/jocn.1996.8.6.551

- Benton, C., P. (2010). Rapid reactions to direct and averted facial expressions of fear and anger. *Visual Cognition*, 18, 1298–1319. doi:10.1080/13506285.2010.481874
- Berggren, N., & Derakshan, N. (2013a). Attentional control deficits in trait anxiety: Why you see them and why you don't. *Biological Psychology*, 92(3), 440-446. doi:10.1016/j.biopsycho.2012.03.007
- Berggren, N., & Derakshan, N. (2013b). The role of consciousness in attentional control differences in trait anxiety. *Cognition And Emotion*, 27(5), 923-931. doi:10.1080/02699931.2012.750235
- Berggren, N., Blonievsky, T., & Derakshan, N. (2015). Enhanced visual detection in trait anxiety. *Emotion*, 15(4), 477-483. doi:10.1037/a0039449
- Berggren, N., Richards, A., Taylor, J., & Derakshan, N. (2013). Affective attention under cognitive load: reduced emotional biases but emergent anxiety-related costs to inhibitory control. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 188. doi:10.3389/fnhum.2013.00188
- Bishop, S.J. (2007). Neurocognitive mechanisms of anxiety: an integrative account. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(7), 307-316. doi: 10.1016/j.tics.2007.05.008
- Blau, V. C., Maurer, U., Tottenham, N., & McCandliss, B .D. (2007). The face-specific N170 component is modulated by emotional facial expression. *Behavioral and brain functions*, 23, 3-7. doi:10.1186/1744-9081-3-7
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108, 624-652. doi:10.1037//0033-295X.108.3.624

- Bötzel, K., Schulze, S., & Stodieck, S. R. (1995). Scalp topography and analysis of intracranial sources of face-evoked potentials. *Experimental brain research*, 104, 135–143. doi:10.1007/BF00229863
- Bradley, M. M. (2009). Natural selective attention: orienting and emotion. *Psychophysiology*, 46(1), 1–11. doi:10.1111/j.1469-8986.2008.00702.x
- Braver, T. S., Gray, J. R., & Burgess, G. C. (2007). Explaining the many varieties of working memory variation: Dual Mechanisms of Cognitive Control. In A. Conway, C. Jarrold, M. Kane, A. Miyake, & J. Towse (Eds.), *Variation in Working Memory*, 76–106. New York: Oxford University Press.
- Britt, T. W., Boniecki, K. A., Vescio, T. K., Biernat, M., & Brown, L. M. (1996). Intergroup anxiety: A person \times situation approach. *Personality And Social Psychology Bulletin*, 22(11), 1177-1188. doi:10.1177/01461672962211008
- Britton, J. C., Taylor, S. F., Sudheimer, K. D., & Liberzon, I. (2006). Facial expressions and complex IAPS pictures: common and differential networks. *Neuroimage*, 31(2), 906-919. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.12.050
- Bublitzky, F., Gerdes, A. B., White, A. J., Riemer, M., & Alpers, G. W. (2014). Social and emotional relevance in face processing: happy faces of future interaction partners enhance the late positive potential. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 493. doi:10.3389/fnhum.2014.00493
- Calder, A. J., & Young, A. W. (2005). Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nature Reviews Neuroscience* 6, 641-651. doi:10.1038/nrn1724

- Calvo, M. G., & Beltrán, D. (2013). Recognition advantage of happy faces: tracing the neurocognitive processes. *Neuropsychologia*, 51(11), 2051-2061. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2013.07.010
- Cao, X., Jiang, B., Li, C., Xia, N., & Floyd, R.J. (2015). The commonality between the perceptual adaptation mechanisms involved in processing faces and nonface objects of expertise. *Neuropsychology*, 29(5), 715-725. doi: 10.1037/neu0000170
- Chomsky, N, (2012). *The Science of Language (Interviews with James McGilvray)*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Clark, D. M. (2001). A cognitive perspective on social phobia. In W. R. Crozier, & L. E. Alden (Eds.), *International handbook of social anxiety: Concepts, research and interventions relating to the self and shyness* (pp. 405–430). New York: John Wiley & Sons Ltd.
- Clark, D. M., & Wells, A. (1995). A cognitive model of social phobia. In R. G. Heimberg, M. Liebowitz, D. Hope and F. Scheier (Eds.), *Social Phobia: diagnosis, assessment, and treatment* (pp. 69–93). New York: Guilford.
- Collins, H. R., Zhu, X., Bhatt, R. S., Clark, J. D., & Joseph, J. E. (2012). Process and domain specificity in regions engaged for face processing: an fMRI study of perceptual differentiation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(12), 2428-2444. doi: 10.1162/jocn_a_00273.
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(3), 201-215. doi:10.1038/nrn755
- Curby, K.M., & Gauthier, I. (2007). A visual short-term memory advantage for faces. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(4), 620-628. doi: 10.3758/BF03196811

Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: Covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, 52, 95–111. doi:10.1016/S0301-0511(99)00044-7

Dalrymple, K. A., Oruç, I., Duchaine, B., Pancaroglu, R., Fox, C.J., Iaria, G., Handy, T.C., & Barton, J.J.S. (2011). The anatomic basis of the right face-selective N170 IN acquired prosopagnosia: a combined ERP/fMRI study. *Neuropsychologia*, 49, 2553–2563. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2011.05.003

Darwin, C., R. (1872). *The expression of the emotions in man and animals*. London: John Murray

Davidson, J. R., Hughes, D. C., George, L. K., & Blazer, D. G. (1994). The boundary of social phobia. Exploring the threshold. *Archives of General Psychiatry*, 51(12), 975-983. doi:10.1001/archpsyc.1994.03950120047008

De Gelder, B. de, & Vroomen, J. (2000). The perception of emotions by ear and by eye. *Psychology*. 14 (3), 289-312. doi: 10.1080/026999300378824

De Rover, M., Brown, S.B.R.E., Boot, N., Hajcak, G., & van Noorden, M.S. (2012). Beta receptor-mediated modulation of the late positive potential in humans. *Psychopharmacology*, 219(4), 971-979. doi:10.1007/s00213-011-2426-x

Deffke, I., Sander, T., Heidenreich, J., Sommer, W., Curio, G., Trahms, L., & Lueschow, A. (2007). MEG/EEG sources of the 170-ms response to faces are co-localized in the fusiform gyrus. *NeuroImage*, 35, 1495–1501. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.01.034

Derakshan, N., & Eysenck, M. W. (2009). Anxiety, processing efficiency, and cognitive performance: New developments from attentional control theory. *European Psychologist*, 14, 168–176. doi:10.1027/1016-9040.14.2.168

- Diéguez-Risco, T., Aguado, L., Albert, J., & Hinojosa, J. A. (2013). Faces in context: modulation of expression processing by situational information. *Soc Neuroscience*, 8(6), 601-20. doi:10.1080/17470919.2013.834842
- Du, S., Tao, Y., & Martinez, A. M. (2014). Compound facial expressions of emotion. *PNAS Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America*, 111(15), e1454-e1462. doi:10.1073/pnas.1322355111
- Duval, E., Moser, J. S., & Simons, R. F. (2013). What's in a face? The late positive potential reflects the level of facial affect expression. *Journal of Psychophysiology*, 27, 27-38. doi:10.1027/0269-8803/a000083
- Edwards, M. S., Moore, P., Champion, J. C., & Edwards, E. J. (2015). Effects of trait anxiety and situational stress on attentional shifting are buffered by working memory capacity. *Anxiety, Stress & Coping: An International Journal*, 28(1), 1-16. doi:10.1080/10615806.2014.911846
- Egner, T., & Hirsch, J. (2005). Cognitive control mechanisms resolve conflict through cortical amplification of task-relevant information. *Nature Neuroscience*, 8, 1784-1790. doi:10.1038/nn1594
- Eimer, M., & Holmes, A. (2002). An ERP study on the time course of emotional face processing. *Neuroreport*, 13, 427-431. doi:10.1097/00001756-200203250-00013
- Eimer, M., Calder, A., J., Rhodes, G., & Johnson, M. (2011). *The Oxford Handbook of Face Perception*. Oxford: Oxford University Press.
- Eimer, M., Kiss, M., & Nicholas. S. (2010). Response profile of the face-sensitive N170 component: a rapid adaptation study. *Cereb Cortex*. 20(10), 2442-2452. doi: 10.1093/cercor/bhp312

- Ekman, P. (1982). *Emotion in the human face*. New York: Cambridge University Press.
- Ekman, P., & v. Friesen, W. (1971). Constants-Across-Cultures-In-The-Face-And-Emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17(2), 124-129. doi: 10.1037/h0030377.
- Ekman, P., Sorenson, R. E., & Friesen, W. V. (1969). Pan-Cultural Elements in Facial Displays of Emotion. *Science*, 164, 86-88. doi: 10.1126/science.164.3875.86
- Engell, A. D., & Haxby, J. V. (2007). Facial expression and gaze-direction in human superior temporal sulcus. *Neuropsychologia*, 45(14), 3234-3241. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.06.022
- Etkin, A., Klemenhagen, K. C, Dudman, J. T., Rogan, M. T., Hen, R., Kandel, E. R., & Hirsch, J. (2004). Individual differences in trait anxiety predict the response of the basolateral amygdala to unconsciously processed fearful faces. *Neuron*, 16, 44(6), 1043-1055. doi:10.1016/j.neuron.2004.12.006
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. *Emotion*, 7, 336–353. doi:10.1037/1528-3542.7.2.336
- Eysenck, M.W., & Derakshan, N. (2011). New perspectives in attentional control theory. *Personality and Individual Differences*, 50(7), 955-960. doi:10.1016/j.paid.2010.08.019.
- Ewbank, M. P., Lawrence, A. D., Passamonti, L., Keane, J., Peers, P. V., & Calder, A. J. (2009). Anxiety predicts a differential neural response to attended and unattended facial signals of anger and fear. *Neuroimage*, 44(3), 1144-1151. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.09.056.
- Fales, C. L., Barch, D. M., Burgess, G. C., Schaefer, A., Mennin, D. S., Gray, J. R., & Braver, T. S. (2008). Anxiety and cognitive efficiency: differential modulation of transient and

sustained neural activity during a working memory task. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 8(3), 239–253. doi:10.3758/CABN.8.3.239

Farah, M. J., & Tanaka, J. W., & Drain, H. M. (1995). Human Perception and Performance. *Journal of Experimental Psychology*, 21(3), 628-634. doi: 10.1037/0096-1523.21.3.628

Feldmann-Wüstefeld, T., Schmidt-Daffy, M., Schubö, A. (2011). Neural evidence for the threat detection advantage: differential attention allocation to angry and happy faces. *Psychophysiology*, 48(5), 697-707. doi: 10.1111/j.1469-8986.2010.01130.x

Feldmann-Wüstefeld, T., Schmidt-Daffy, M., & Schubö, A. (2011). Neural evidence for the threat detection advantage: Differential attention allocation to angry and happy faces. *Psychophysiology*, 48, 697–707. doi:10.1111/j.1469-8986.2010.01130.x

Ferri, J., Weinberg, A., & Hajcak, G. (2012). I see people: The presence of human faces impacts the processing of complex emotional stimuli. *Social Neuroscience*, 7(4), 436-443. doi: 10.1080/17470919.2012.680492

Feuerriegel, D., Churches, O. F., & Keage, H. A. (2015). Is neural adaptation of the N170 category-specific? Effects of adaptor stimulus duration and interstimulus interval. *International Journal of Psychophysiology*. 96(1), 8-15. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2015.02.030

Fischer, R., & Plessow, F. (2015). Efficient multitasking: parallel versus serial processing of multiple tasks. *Frontiers in Psychology*, 6, 1366. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01366>

Flack, T. R., Andrews, T. J., Hymers, M., Al-Mosaiwi, M., Marsden, S. P., Strachan, J. W., Trakulpipat, C., Wang, L., Wu, T., & Young, A. W. (2015). Responses in the right posterior superior temporal sulcus show a feature-based response to facial expression. *Cortex*, 69, 14-23. doi: 10.1016/j.cortex.2015.03.002.

Flaisch, T., Junghöfer, M., Bradley, M. M., Schupp, H.T., Lang, P.J. (2008a). Rapid picture processing: affective primes and targets. *Psychophysiology*, 45, 1–10. doi:10.1111/j.1469-8986.2007.00600.x

Flaisch, T., Stockburger, J., Schupp, H. T. (2008b). Affective prime and target picture processing: an ERP analysis of early and late interference effects. *Brain Topography*, 20(4), 183-191. doi:10.1007/s10548-008-0045-6

Flett, G. L., Endler, N. S., & Fairlie, P. (1999). The interaction model of anxiety and the threat of Quebec's separation from Canada. *Journal Of Personality And Social Psychology*, 76(1), 143-150. doi:10.1037/0022-3514.76.1.143

Fox, E., & Damjanovic, L. (2006). The eyes are sufficient to produce a threat superiority effect. *Emotion*, 6, 534–539. doi:10.1037/1528-3542.6.3.534

Fox, E., Lester, V., Russo, R., Bowles, R. J., Pichler, A., & Dutton K. (2000). Facial Expressions of Emotion: Are Angry Faces Detected More Efficiently? *Cognition and Emotion*, 14(1), 61-92. doi: 10.1080/026999300378996

Fox, E., Mathews, A., Calder, A.J., Yiend, J. (2007). Anxiety and sensitivity to gaze direction in emotionally expressive faces. *Emotion*, 7(3), 478-486. doi: 10.1037/1528-3542.7.3.478

Freire, A., Lee, K., & Symons, L. A. (2000) The face-inversion effect as a deficit in the encoding of configural information: direct evidence. *Perception*, 29(2):159-70. DOI: 10.1068/p3012

Frenkel, T. I., & Bar-Haim, Y. (2011). Neural activation during the processing of ambiguous fearful facial expressions: an ERP study in anxious and nonanxious individuals. *Biological Psychology*, 88(2-3), 188-195. doi: 10.1016/j.biopsycho.2011.08.001

Frijda, N., H., Kuipers, P., ter Schure, E. (1989). Relations among emotion, appraisal, and emotional action readiness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(2), 212-228. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-3514.57.2.212>

Frühholz, S., Fehr, T., & Herrmann, M. (2009). Early and late temporo-spatial effects of contextual interference during perception of facial affect. *International Journal of Psychophysiology*, 74(1), 1-13. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2009.05.010

Fydrich, T. (2003). Soziale-Phobie-und-Angst-Inventar (SPAI). In J. Hoyer & J. Margraf (Hrsg.), *Angstdiagnostik*(S. 307-310). Berlin: Springer

Gale, C. R., Batty, G. D., Cooper, S. A., Deary, I. J., Der, G., McEwen, B. S., & Cavanagh, J. (2015). Reaction Time in Adolescence, Cumulative Allostatic Load, and Symptoms of Anxiety and Depression in Adulthood: The West of Scotland Twenty-07 Study. *Psychosomatic medicine*, 77(5), 493-505. doi: 10.1097/PSY.0000000000000189.

Garner, M., Mogg, K., & Bradley, B. P. (2006). Orienting and maintenance of gaze to facial expressions in social anxiety. *Journal of Abnormal Psychology*. 115(4), 760-770. doi:10.1037/0021-843X.115.4.760

Gorlin, E.I., & Teachman, B.A. (2015). Inhibitory control as a moderator of threat-related interference biases in social anxiety. *Cognition & Emotion*. 29(4), 723-735. doi: 10.1080/02699931.2014.931275

Gratton, G., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: Strategic control of activation and responses. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 480-506. doi:10.1037//0096-3445.121.4.480

- Grill-Spector, K., Henson, R., & Martin, A. (2006). Repetition and the brain: neural models of stimulus-specific effects. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 10(1), 14-23. doi:10.1016/j.tics.2005.11.006
- Groot, J. H., Semin, G. R., & Smeets, M. A. (2014). Chemical communication of fear: A case of male-female asymmetry. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(4):1515-25. doi: 10.1037/a0035950
- Gu, Y., Mai, X., & Luo, Y. J. (2013). Do bodily expressions compete with facial expressions? Time course of integration of emotional signals from the face and the body. *PLoS One*, 8(7), e66762. doi: 10.1371/journal.pone.0066762
- Guyer, A. E., Monk, C. S., McClure-Tone, E. B., Nelson, E. E., Roberson-Nay, R., Adler, A. D., Fromm, S. J., Leibenluft, E., Pine, D. S., & Ernst, M. (2008). A developmental examination of amygdala response to facial expressions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(9), 1565-1582. doi: 10.1162/jocn.2008.20114
- Hajcak, G., & Olvet, D. M., (2008). The persistence of attention to emotion: Brain potentials during and after picture presentation. *Emotion*, 8(2), 250-255. doi:10.1037/1528-3542.8.2.250
- Hansen, C. H., & Hansen, R. D. (1988). Finding the face in the crowd: An anger superiority effect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 917-924. doi:10.1037/0022-3514.54.6.917
- Hariri, A. R., Mattay, V. S., & Daniel, R. W. (2002). The Amygdala Response to Emotional Stimuli: A Comparison of Faces and Scenes, *Neuroimage*, 17(1), 317–323. doi:10.1006/nimg.2002.1179
- Hautzinger, M., Keller, F., & Kühner, Ch. (2009). BDI-II. Beck-Depressions-Inventar. Revision. Frankfurt (Germany): Pearson Assessment.

Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Science*, 4(6):223-233. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01482-0

Haxby, J., & Gobbini, M. I. (2011). *Distributed Neural Systems for Face Perception in Oxford Handbook of Face Perception*. Oxford: Oxford University Press.

Henson, R. N., Mattout, J., Singh, K. D., Barnes, G. R., Hillebrand, A., & Friston, K. (2007). Population-level inferences for distributed MEG source localization under multiple constraints: application to face-evoked fields. *NeuroImage*, 38, 422–438. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.07.026

Herbert, C., Deutsch, R., Platte, P., & Pauli, P. (2013). No fear, no panic: probing negation as a means for emotion regulation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(6), 654-61. doi:10.1093/scan/nss043

Herbert, C., Sfarlea, A., & Blumenthal, T. (2013). Your emotion or mine: labeling feelings alters emotional face perception-an ERP study on automatic and intentional affect labeling. *Frontiers in Human Neuroscience*, 23(7), 378. doi: 10.3389/fnhum.2013.00378

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. doi:10.1038/71152

Holmes, A., Nielsen, M. K., Tipper, S., & Green, S. (2009). An electrophysiological investigation into the automaticity of emotional face processing in high versus low trait anxious individuals. *Cognitive, Affective and Behavioural Neuroscience*, 9(3), 323-334. doi: 10.3758/CABN.9.3.323.

- Holmes, A., Vuilleumier, P., & Eimer, M. (2003). The processing of emotional facial expression is gated by spatial attention: Evidence from event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, 16, 174–184. doi:10.1016/S0926-6410(02)00268-9
- Huang, S. L., Chang, Y. C., & Chen, Y. J. (2011). Task-irrelevant angry faces capture attention in visual search while modulated by resources. *Emotion*, 11, 544–552. doi:10.1037/a0022763
- Itier, R. J., & Taylor, M. J. (2004). Source analysis of the N170 to faces and objects. *Neuroreport*, 15, 1261-1265. doi:10.1097/01.wnr.0000127827.73576.d8
- Ito, T. A., & Cacioppo, J. T. (2000). Electrophysiological Evidence of Implicit and Explicit Categorization Processes. *Journal of Experimental Social Psychology*, 36, 660–676. doi:10.1006/jesp.2000.1430
- Jacques, C., & Rossion, B. (2006). The speed of individual face categorization. *Psychological Science*. 17(6), 485-492. doi: 10.1111/j.1467-9280.2006.01733.x
- Jacques, C., d'Arripe, O., & Rossion, B. (2007) The time course of the inversion effect during individual face discrimination. *Journal of Vision*. 7(8), 3. DOI: 10.1167/7.8.3
- Joyce, C., & Rossion, B. (2005). The face-sensitive N170 and VPP components manifest the same brain processes: the effect of reference electrode site. *Clinical Neurophysiology*, 116(11), 2613-2631. doi:10.1016/j.clinph.2005.07.005
- Judah, M. R., Grant, D. M., Lechner, W. V., & Mills, A. C. (2013). Working memory load moderates late attentional bias in social anxiety. *Cognition & emotion*, 27(3), 502–511. doi:10.1080/02699931.2012.719490
- Kanwisher, N. (2000). Domain specificity in face perception. *Nature neuroscience*, 3(8), 759-763. doi:10.1038/77664

Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 17(11), 4302-4311. doi:10.3410/f.717989828.793472998

Karl, C., Hewig, J., & Osinsky, R. (2016). Passing faces: sequence-dependent variations in the perceptual processing of emotional faces. *Social Neuroscience*, 11(5), 531-544. doi:10.1080/17470919.2015.1115776

Keil, A., Bradley, M. M., Hauk, O., Rockstroh, B., Elbert, T., & Lang, P. J. (2002) Large scale neural correlates of affective picture processing. *Psychophysiology*, 39, 641– 649. doi:10.1017.S0048577202394162

Keogh, E., Dillon, C., Georgiou, G., & Hunt, C. (2001). Selective attentional biases for physical threat in physical anxiety sensitivity. *J. Anxiety Disord.*, 15, 299-315. doi:10.1016/S0887-6185(01)00065-2

Kessler, R. C., Berglund, P., Demler, O., Jin, R., Merikangas, K. R., & Walters, E. E. (2005a). Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication. *Archives of General Psychiatry*, 62(6), 593–602. doi:10.1001/archpsyc.62.6.593

Kessler, R. C., Chiu, W. T., Demler, O., Merikangas, K. R., & Walters, E. E. (2005b). Prevalence, severity, and comorbidity of 12-month DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication. *Archives of General Psychiatry*, 62(6), 617–627. doi:10.1001/archpsyc.62.6.617

Kim, H., Somerville, L. H., Johnstone, T., Polis, S., Alexander, A. L., Shin, L. M., & Whalen, P. J. (2004). Contextual modulation of amygdala responsivity to surprised faces. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(10), 1730-1745. doi:10.1162/0898929042947865

- Klein, F., Iffland, B., Schindler, S., Wabnitz, P., & Neuner, F. (2015). This person is saying bad things about you: The influence of physically and socially threatening context information on the processing of inherently neutral faces. *Cognitive Affective Behavioral Neuroscience*, Advance online publication, doi:10.3758/s13415-015-0361-8
- Kobiella, A., Grossmann, T., Reid, V. M., & Striano, T. (2008). The discrimination of angry and fearful facial expressions in 7-month-old infants : an event-related potential study. *Cognition and Emotion*, 22(1), 134-146. doi:10.1080/02699930701394256
- Kolassa, I. T., & Miltner, W. H. (2006). Psychophysiological correlates of face processing in social phobia. *Brain Research*, 1118(1), 130-141. doi:10.1016/j.brainres.2006.08.019
- Kolassa, I. T., Kolassa, S., Musial, F., & Miltner, W. H. R. (2007). Event-related potentials to schematic faces in social phobia. *Cognition & Emotion*, 21(8), 1721-1744. doi:10.1080/02699930701229189
- Koster, E. H. W., Crombez, G., Verschuere, B., Van Damme, S., & Wiersema, J. R. (2006). Components of attentional bias to threat in high trait anxiety: Facilitated engagement, impaired disengagement, and attentional avoidance. *Behaviour Research and Therapy*, 44, 1757-1771. doi:10.1016/j.brat.2005.12.011
- Krolak-Salmon, P., Fischer, C., Vighetto, A., & Mauguiere, F. (2001). Processing of facial emotional expression: spatio-temporal data as assessed by scalp event related potentials. *European Journal of Neuroscience*, 13, 987–994. doi:10.1046/j.0953-816x.2001.01454.x
- Krombholz, A., Schaefer, F., & Boucsein, W. (2007). Modification of N170 by different emotional expression of schematic faces. *Biological psychology*, 76, 156–162. doi:10.1016/j.biopsycho.2007.07.004

- Krug, M. K., & Carter, C. S. (2012). Proactive and reactive control during emotional interference and its relationship to trait anxiety. *Brain Research*, 1481, 13-36. doi: 10.1016/j.brainres.2012.08.045
- Ladouceur, C. D., Silk, J. S., Dahl, R. E., Ostapenko, L., Kronhaus, D. M., & Phillips, M. L. (2009). Fearful faces influence attentional control processes in anxious youth and adults. *Emotion*, 9(6), 855-864. doi: 10.1037/a0017747
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (2005). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-6. University of Florida, Gainesville, FL.
- 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, 1377—1388. doi:10.1080/02699930903485076
- Latinus, M., Love, S. A., Rossi, A., Parada, F. J., Huang, L., Conty, L., George, N., James, K., & Puce, A. (2015). Social decisions affect neural activity to perceived dynamic gaze. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, Advance online publication. doi: 10.1093/scan/nsv049
- LeDoux J. 2007. The amygdala. *Current Biology*. 17, 868-874. doi: 10.1016/j.cub.2007.08.005
- LeDoux J.E. (2002). Emotion, Memory, and the Brain. *Scientific American*, 12, 62-71.
- LeDoux, J.E. (1996). *The Emotional Brain*. New York: Simon and Schuster
- Leech, R., Braga, R., & Sharp, D.J. (2012). Echoes of the Brain within the Posterior Cingulate Cortex. *Journal of Neuroscience*, 32, 215-222. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3689-11.2012.
- Leitenberg, H. (1990). *Handbook of social and evaluation anxiety*: Springer Science & Business Media.

- Liu, Y., Huang, H., McGinnis-Deweese, M., Keil, A., & Ding, M. (2012). Neural substrate of the late positive potential in emotional processing. *Journal of Neuroscience*, 32(42), 14563-14572. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3109-12.2012
- Loffler, G., Yourganov, G., Wilkinson, F., & Wilson, H. R. (2005). fMRI evidence for the neural representation of faces. *Nature neuroscience*, 8(10), 1386-1390. doi:10.1038/nm1538
- Lu, Y., Zhang, W. N., Hu, W., & Luo, Y. J. (2011). Understanding the subliminal affective priming effect of facial stimuli: an ERP study. *Neuroscience Letter*, 502(3), 182-5. doi: 10.1016/j.neulet.2011.07.040
- Luo, Q., Holroyd, T., Majestic, C., Cheng, X., Schechter, J., & Blair, R.J. (2010). Emotional automaticity is a matter of timing. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 30, 5825–5829. doi: 10.1523/JNEUROSCI.BC-5668-09.2010.
- Lyyra, P., Hietanen, J. K., & Astikainen, P. (2014). Anger superiority effect for change detection and change blindness. *Consciousness And Cognition: An International Journal*, 301-12. doi:10.1016/j.concog.2014.07.013
- MacNamara, A., & Proudfit, G. H. (2014). Cognitive load and emotional processing in generalized anxiety disorder: electrocortical evidence for increased distractibility. *Journal of Abnormal Psychology*, 123(3), 557-565. doi: 10.1037/a0036997
- MacNamara, A., Ferri, J., & Hajcak, G. (2011). Working memory load reduces the late positive potential and this effect is attenuated with increasing anxiety. *Cognitive, affective & behavioral neuroscience*, 11(3), 321–331. doi:10.3758/s13415-011-0036-z
- Macnamara, A., Foti, D., & Hajcak, G. (2009). Tell me about it: neural activity elicited by emotional pictures and preceding descriptions. *Emotion*, 9(4), 531-543. doi: 10.1037/a0016251

- Marzi, T., Righi, S., Ottonello, S., Cincotta, M., & Viggiano, M. P. (2014). Trust at first sight: evidence from ERPs. *Social Cognitive & Affective Neuroscience*, 9(1), 63-72. doi: 10.1093/scan/nss102
- Massaro, D. W. & Egan, P. B. (1996). Perceiving Affect from the Voice and the Face. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3(2), 215-221. doi: 10.3758/BF03212421
- Meeren, H. K. M., van Heijnsbergen, C. C. R. J., & de Gelder, B. (2005). Rapid perceptual integration of facial expression and emotional body language. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, 102, 16518–16523. doi: 10.1073/pnas.0507650102
- Mogg, K., Garner, M., & Bradley, B. P. (2007). Anxiety and orienting of gaze to angry and fearful faces. *Biological Psychology*, 76(3), 163-169. doi: 10.1016/j.biopsycho.2007.07.005
- Mogg, K., Bradley, B. P., DeBono, J., & Painter, M. (1997). Time course of attentional bias for threat information in non-clinical anxiety. *Behaviour Research and Therapy*, 35, 297-303. doi:10.1016/S0005-7967(96)00109-X
- Montgomery, K., J., & Haxby, J., V. (2008). Mirror neuron system differentially activated by facial expressions and social hand gestures: a functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(10), 1866-1877. doi: 10.1162/jocn.2008.20127.
- Moriya, J., & Sugiura, Y. (2013). Socially anxious individuals with low working memory capacity could not inhibit the goal-irrelevant information. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 840. doi: 10.3389/fnhum.2013.00840. doi:10.3389/fnhum.2013.00840
- Morris, J. S., Ohman, A., & Dolan, R. J. (1998). Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. *Nature*, 393, 467–470. doi:10.1038/30976

- Moser, J. S., Huppert, J. D., Duval, E., & Simons, R. F. (2008). Face processing biases in social anxiety: an electrophysiological study. *Biological Psychology*, 78(1), 93-103. doi:10.1016/j.biopsycho.2008.01.005
- Mühlberger, A., Wieser, M. J., Herrmann, M. J., Weyers, P., Tröger, C., & Pauli, P. (2009). Early cortical processing of natural and artificial emotional faces differs between lower and higher socially anxious persons. *Journal of Neural Transmission*, 116(6), 735-46. doi:10.1007/s00702-008-0108-6
- Murray, J. E., Yong, E., & Rhodes, G. (2000). Revisiting the perception of upside-down faces. *Psychological Science*, 11(6):492-496. doi: 10.1111/1467-9280.00294
- Najmi, S., Amir, N., Frosio, K. E., Ayers, C. (2015). The effects of cognitive load on attention control in subclinical anxiety and generalised anxiety disorder. *Cognition & Emotion*, 29(7), 1210-1223. doi: 10.1080/02699931.2014.975188
- Nakashima, S. F., Morimoto, Y., Takano, Y., Yoshikawa, S., & Hugenberg, K. (2014). Faces in the dark: interactive effects of darkness and anxiety on the memory for threatening faces. *Frontiers in Psychology*, 5, 1091. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01091
- Neefjes, J., Jongstra L., M, Paul, P., & Bakke, O. (20011). Towards a systems understanding of MHC class I and MHC class II antigen presentation. *Nature Reviews Immunology* 11, 823-836. doi:10.1038/nri3084
- Nemrodov, D., & Itier, R.J. (2012). Is the rapid adaptation paradigm too rapid? Implications for face and object processing, *NeuroImage*. 61(4), 812-822. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.03.065

- Nichols, T .E., & Holmes, A. P. (2002). Nonparametric permutation tests for functional neuroimaging: a primer with examples. *Human brain mapping*, 15, 1–25. doi: 10.1002/hbm.1058
- Nieuwenhuys, R. (2012). The insular cortex: a review. *Progress in Brain Research*. 195, 123-163. doi: 10.1016/B978-0-444-53860-4.00007-6
- Nishisato, S. (1966) Reaction time as a function of arousal and anxiety. *Psychonomic Science* 6, 157. doi:10.3758/BF03328005
- Ofan, R. H., Rubin, N., & Amodio, D. M. (2014). Situation-based social anxiety enhances the neural processing of faces: evidence from an intergroup context. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(8), 1055-1061. doi: 10.1093/scan/nst087.
- Oldfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113, doi:10.1016/0028-3932(71)90067-4
- Olofsson, J., K., Nordin, S., Sequeira, H., & Polich, J. (2008). Affective picture processing: an integrative review of ERP findings. *Biological psychology*, 77, 247–265. doi:10.1016/j.biopsycho.2007.11.006
- Osinsky, R., Gebhardt, H., Alexander, N., & Hennig, J. (2012). Trait anxiety and the dynamics of attentional control. *Biological Psychology*, 89(1), 252-259. doi: 10.1016/j.biopsycho.2011.10.016
- Osinsky, R., Lösch, A., Hennig, J., Alexander, N., & Macleod, C. (2012). Attentional bias to negative information and 5-HTTLPR genotype interactively predict students' emotional reactivity to first university semester. *Emotion*, 12(3), 460-469. doi: 10.1037/a0026674

Owens, M., Derakshan, N., & Richards, A. (2015). Trait susceptibility to worry modulates the effects of cognitive load on cognitive control: An ERP study. *Emotion*, 15(5), 544-549. doi:10.1037/emo0000052

Parvizi, J., Jacques, C., Foster, B. L., Witthoft, N., Rangarajan, V., Weiner, K. S., & Grill-Spector, K. (2012). Electrical stimulation of human fusiform face-selective regions distorts face perception. *The Journal of Neuroscience*, 32(43), 14915-14920. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2609-12.2012

Pascual-Marqui, R. D. (2002a). Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details. *Methods and findings in experimental and clinical pharmacology*, 24, 5–12. Retrieved from https://journals.prous.com/journals/servlet/xmlxsl/pk_journals.xml_summaryn_pr?p_JournalId=6&p_RefId=846

Pascual-Marqui, R. D., Esslen, M., Kochi, K., & Lehmann, D. (2002b). Functional imaging with low-resolution brain electromagnetic tomography (LORETA): a review. *Methods and findings in experimental and clinical pharmacology*, 24, 91–95. Retrieved from: https://journals.prous.com/journals/servlet/xmlxsl/pk_journals.xml_summaryn_pr?p_JournalId=6&p_RefId=841

Pascual-Marqui, R. D., Michel, C. M., & Lehmann, D. (1994). Low resolution electromagnetic tomography: a new method for localizing electrical activity in the brain. *International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology*, 18, 49–65. doi: 0.1016/0167-8760(84)90014-X

Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116(2), 220-244. doi:10.1037/0033-2909.116.2.220

- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy - Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, 162(1-2), 8-13. doi:10.1016/j.jneumeth.2006.11.017
- Peirce, J. W. (2009). Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy. *Frontiers in Neuroinformatics*, 2, 10. doi:10.3389/neuro.11.010.2008
- 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. doi:10.1093/cercor/bhi115
- Phelps, E., & LeDoux, J. E. (2005). Contributions of the amygdala to emotion processing: from animal models to human behavior. *Neuron*, 48, 175–187. doi:10.1016/j.neuron.2005.09.025
- Phillips, M., L., Young, A., W., Senior, C., Brammer, M., Andrew, C., Calser, A., J., Bullmore, E., T., Perrett, D., I., Rowland, D., Williams, S., C., R., Gray, J., A., & David, A., S. (1997). A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. *Nature* 389, 495-498. doi:10.1038/39051
- Pinker, S. (2013). *Language, Cognition, and Human Nature: Selected Articles*. New York, NY: Oxford University Press.
- Pinkham, A. E., Griffin, M., Baron, R., Sasson, N. J., & Gur, R. C. (2010). The face in the crowd effect: Anger superiority when using real faces and multiple identities. *Emotion*, 10(1), 141-146. doi:10.1037/a0017387
- Pisapia, N. de, & Braver, T. S. (2006). A model of dual control mechanisms through anterior cingulate and prefrontal cortex interactions. *Neurocomputing*, 69, 1322–1326. doi:10.1016/j.neucom.2005.12.100

Pitcher, D., Walsh, V., Duchaine, B. (2011). The role of the occipital face area in the cortical face perception network. *Experimental brain research*, 209, 481–493. doi: 10.1007/s00221-011-2579-1

Pitcher, D., Walsh, V., Yovel, G., & Duchaine, B. (2007). TMS evidence for the involvement of the right occipital face area in early face processing. *Current biology*, 17(18), 1568-73. doi: 10.1016/j.cub.2007.07.063

Pourtois, G., Schettino, A., & Vuilleumier, P. (2013). Brain mechanisms for emotional influences on perception and attention: what is magic and what is not. *Biological psychology*, 92, 492–512. doi:10.1016/j.biopsycho.2012.02.007

Puce, A., Allison, T., Asgari, M., Gore, J. C., & McCarthy, G. (1996). Differential sensitivity of human visual cortex to faces, letterstrings, and textures: a functional magnetic resonance imaging study. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 16(16), 5205-15.

Qi, S., Chen, J., Hitchman, G., Zeng, Q., Ding, C., Li, H., & Hu, W. (2014). Reduced representations capacity in visual working memory in trait anxiety. *Biological Psychology*, 10392-99. doi:10.1016/j.biopsycho.2014.08.010

Qi, S., Ding, C., & Li, H. (2014). Neural correlates of inefficient filtering of emotionally neutral distractors from working memory in trait anxiety. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 14(1), 253-265. doi:10.3758/s13415-013-0203-5

Ran, G., Zhang, Q., Chen, X., & Pan, Y. (2014). The effects of prediction on the perception for own-race and other-race faces. *PLoS One*, 9(11). doi: 10.1371/journal.pone.0114011

- Rapee, R. M. (1995). Descriptive psychopathology of social phobia. In *Social phobia: Diagnosis, assessment and treatment* by Heimberg, R.G., Liebowitz, M.R., Hope, D.A., Schneier F.R., New York: The Guilford Press, 41-66
- Rapee, R. M., & Heimberg, R. G. (1997). A cognitive-behavioral model of anxiety in social phobia. *Behavioral Research and Therapy*, 35(8), 741-756. doi:10.1016/S0005-7967(97)00022-3
- Reed, L. I., De Scioli, P., & Pinker, S. A. (2014). The commitment function of angry facial expressions. *Psychological Science*, 25(8):1511-1517. doi: 10.1177/0956797614531027
- Rellecke, J., Palazova, M., Sommer, W., & Schacht, A. (2011). On the automaticity of emotion processing in words and faces: event-related brain potentials evidence from a superficial task. *Brain and Cognition*, 77(1), 23-32. doi:10.1016/j.bandc.2011.07.001
- Rellecke, J., Sommer, W., & Schacht, A. (2012). Does processing of emotional facial expressions depend on intention? Time-resolved evidence from event-related brain potentials. *Biological Psychology*, 90(1), 23-32. doi:10.1016/j.biopsycho.2012.02.002
- Rellecke, J., Sommer, W., & Schacht, A. (2013). Emotion effects on the n170: a question of reference? *Brain Topography*. 26(1), 62-71. doi:10.1007/s10548-012-0261-y
- Reynolds, J. H., & Chelazzi, L. (2004). Attentional modulation of visual processing. *Annual Reviews of Neuroscience*. 27, 611-647. doi:10.1146/annurev.neuro.26.041002.131039
- Richards, A., Holmes, A., Pell, P. J., & Bethell, E. J. (2013). Adapting effects of emotional expression in anxiety: evidence for an enhanced Late Positive Potential. *Social Neuroscience*, 8(6), 650-64. doi: 10.1080/17470919.2013.854273
- Righart, R., & de Gelder, B. (2006). Context influences early perceptual analysis of faces--an electrophysiological study. *Cerebral cortex*, 16, 1249–1257. doi: 10.1093/cercor/bhj066

- Righart, R., & de Gelder, B. (2008). Rapid influence of emotional scenes on encoding of facial expressions: an ERP study. *Social cognitive and affective neuroscience*, 3, 270–278. doi: 10.1093/scan/nsn021
- Rossignol, M., Fisch, S.A., Maurage, P., Joassin, F., & Philippot, P. (2013). Reduced processing of facial and postural cues in social anxiety: insights from electrophysiology. *PLoS One*, 8(9), e75234. doi:10.1371/journal.pone.0075234
- Rossignol, M., Philippot, P., Douilliez, C., Crommelinck, M., & Campanella, S.(2005). The perception of fearful and happy facial expression is modulated by anxiety: an event-related potential study. *Neuroscience Letter* 29, 377(2), 115-120. doi:10.1016/j.neulet.2004.11.091
- Rossion, B., & Gauthier, I. (2002). How Does the Brain Process Upright and Inverted Faces? *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 1(1): 63-75. doi: 10.1177/1534582302001001004
- Rossion, B., Joyce, C., A., Cottrell, G., W., & Tarr, M., J. (2003). Early lateralization and orientation tuning for face, word, and object processing in the visual cortex. *NeuroImage*, 20, 1609–1624. doi:10.1016/j.neuroimage.2003.07.010
- Rothermund, K., Eder, A. B., & Eder, A. B. (2011). *Allgemeine Psychologie: Motivation und Emotion*: Springer.
- Rotshtein, P., Henson, R. N., Treves, A., Driver, J., & Dolan, R. J. (2005). Morphing Marilyn into Maggie dissociates physical and identity face representations in the brain. *Nature neuroscience*, 8(1), 107-113. doi: 10.1038/nn1370
- Rotshtein, P., Richardson, M. P., Winston, J. S., Kiebel, S. J., Vuilleumier, P., Eimer, M., Driver, J., & Dolan, R. J. (2010). Amygdala damage affects event-related potentials for

fearful faces at specific time windows. *Human Brain Mapping*, 31(7), 1089-1105.
doi:10.1002/hbm.20921

Sabatinelli, D., Fortune, E. E., Li, Q. Y., Siddiqui, A., Krafft, C., Oliver, W. T., & Jeffries, J. (2011). Emotional perception: Meta-analyses of face and natural scene processing. *Neuroimage*, 54(3), 2524 – 2533. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.10.011

Sabatinelli, D., Lang, P. J., Keil, A., & Bradley, M. M. (2007). Emotional perception: correlation of functional MRI and event-related potentials. *Cerebral Cortex*, 17, 1085–1091.
doi:10.1093/cercor/bhl017

Schneier, F. R., Heckelman, L. R., Garfinkel, R., Campeas, R., Fallon, B. A., Gitow, A., Street, L., Del Bene, D., & Liebowitz, M. R. (1994). Functional impairment in social phobia. *Journal of Clinical Psychiatry*, 55, 322-331.

Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T., & Lang, P. J., (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology* 37, 257–261. doi:10.1111/1469-8986.3720257

Schupp, H., T., Flaisch, T., Stockburger, J., & Junghöfer, M. (2006). Emotion and attention: event-related brain potential studies. *Progress in brain research*, 156, 31–51.
doi:10.1016/S0079-6123(06)56002-9

Schupp, H. T., Ohman, A., Junghöfer, M., Weike, A. I., Stockburger, J., & Hamm, A. O. (2004). The facilitated processing of threatening faces: an ERP analysis. *Emotion*, 4, 189–200. doi:10.1037/1528-3542.4.2.189

Schupp, H. T., Schmälzle, R., Flaisch, T., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2012). Affective picture processing as a function of preceding picture valence: an ERP analysis. *Biological psychology*, 91, 81–87. doi:10.1016/j.biopsycho.2012.04.006

Schwarz, K. A., Wieser, M. J., Gerdes, A. B. M., Mühlberger, A., & Pauli, P. (2013). Why are you looking like that? How the context influences evaluation and processing of human faces. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8, 438-445. doi:10.1093/scan/nss013

Smith, E., Weinberg, A., Moran, T., & Hajcak, G. (2013). Electrocortical responses to NIMSTIM facial expressions of emotion. *International journal of psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology*, 88, 17–25. doi:10.1016/j.ijpsycho.2012.12.004

Soares, S. C., Rocha, M., Neiva, T., Rodrigues, P., & Silva, C. F. (2015). Social anxiety under load: The effects of perceptual load in processing emotional faces. *Frontiers In Psychology*, 6, 479. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00479

Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.

Springer, U.S., Rosas, A., McGetrick, J., & Bowers, D. (2007). *Emotion*, 7(3), 516-525. Differences in startle reactivity during the perception of angry and fearful faces. doi: 10.1037/1528-3542.7.3.516

Stout, D. M., Shackman, A. J., Johnson, J. S., & Larson, C. L. (2015). Worry is associated with impaired gating of threat from working memory. *Emotion*, 15(1), 6-11. doi:10.1037/emo0000015

Suess, F., Rabovsky, M., & Abdel Rahman, R. (2015). Perceiving emotions in neutral faces: expression processing is biased by affective person knowledge. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(4), 531-536. doi: 10.1093/scan/nsu088

Švegar, D. (2007). Visual working memory capacity for emotional facial expressions. *Psychological Topics*, 20(3), 489-502. Retrieved from: <http://pt.ffri.hr/index.php/pt/index>.

- Tett, R. P., & Guterman, H. A. (2000) Situation Trait Relevance, Trait Expression, and Cross-Situational Consistency: Testing a Principle of Trait Activation. *Journal of Research in Personality*, 34(4), 397- 423. doi:10.1006/jrpe.2000.2292.
- Thom, N., Knight, J., Dishman, R., Sabatinelli, D., Johnson, D. C., & Clementz, B. (2014). Emotional scenes elicit more pronounced self-reported emotional experience and greater EPN and LPP modulation when compared to emotional faces. *Cognitive Affective Behavioral Neuroscience*, 14, 849 – 860. doi:10.3758/s13415-013-0225-z
- Tortosa, M. I., Lupiáñez, J., & Ruz, M. (2013). Race, emotion and trust: an ERP study. *Brain Research*, 1494, 44-55. doi: 10.1016/j.brainres.2012.11.037
- Turner, S.M. , Beidel, D.C. , Dancu, C.V. , & Stanley, M.A. (1989). An empirically derived inventory to measure social fears and anxiety: The Social Phobia and Anxiety Inventory. *Psychological Assessment*, 1, 35–40. doi:10.1037/1040-3590.1.1.35
- Valdés-Conroy, B., Aguado, L., Fernández-Cahill, M., Romero-Ferreiro, V., Diéguez-Risco, T. (2014). Following the time course of face gender and expression processing: a task-dependent ERP study. *International Journal of Psychophysiology*, 92(2), 59-66. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2014.02.005
- Valentine, T. (1988). Upside-down faces: A review of the effect of inversion upon face recognition. *British Journal of Psychology*, 79(4), 471-491. doi: 10.1111/j.2044-8295.1988.tb02747.x
- Van Strien, J. W., De Sonnevile, L. M., & Franken, I. H. (2010). The late positive potential and explicit versus implicit processing of facial valence. *Neuroreport*, 21(9), 656-61. doi:10.1097/WNR.0b013e32833ab89e

- Vuilleumier, P. (2005). How brains beware: Neural mechanisms of emotional attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 585-594. doi:10.1016/j.tics.2005.10.011
- Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2001). Effects of attention and emotion on face processing in the human brain: an event-related fMRI study. *Neuron*, 30(3), 829-841. doi: 10.1016/S0896-6273(01)00328-2
- Vytal, K. E., Cornwell, B. R., Letkiewicz, A.M., Arkin, N. E., & Grillon, C. (2013). The complex interaction between anxiety and cognition: insight from spatial and verbal working memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 93. doi: 10.3389/fnhum.2013.00093
- Walentowska, W., & Wronka, E. (2012). Trait anxiety and involuntary processing of facial emotions. *International Journal of Psychophysiology*, 85(1), 27-36. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2011.12.004
- Wedekind, C., Seebeck, T., Bettens, F., & Paepke, A. J. (1995). MHC-dependent mate preferences in humans. *Proceedings. Biological*, 260(1359), 245-249. doi: 10.1098/rspb.1995.0087
- Weinberg, A., & Hajcak, G. (2010). Beyond Good and Evil: The Time-Course of Neural Activity Elicited by Specific Picture Content. *Emotion*, 10(6), 767-782. doi:10.1037/a0020242
- Weinberg, A., & Hajcak, G. (2011). The late positive potential predicts subsequent interference with target processing. *Journal of Cognitive Neuroscience* 23, 2994-3007. doi:10.1162/jocn.2011.21630
- Werheid, K., Schacht, A., & Sommer, W. (2007). Facial attractiveness modulates early and late event-related brain potentials. *Biological Psychology*, 76(1-2), 100-108. doi:10.1016/j.biopsycho.2007.06.008

- Whalen, P., J., Shin, L., M., McInerney, S., C., Fischer, H., Wright, C., I., & Rauch, S., L. (2001). A functional MRI study of human amygdala responses to facial expressions of fear versus anger. *Emotion*, 1(1), 70-83. <http://dx.doi.org/10.1037/1528-3542.1.1.70>
- Wiens, S., Sand, A., & Olofsson, J. K. (2011). Nonemotional features suppress early and enhance late emotional electrocortical responses to negative pictures. *Biological Psychology*, 86, 83–89. doi:10.1016/j.biopsycho.2010.11.001
- Wieser, M. J., & Brosch, T. (2012). Faces in context: a review and systematization of contextual influences on affective face processing. *Frontiers in psychology*, 3, 471. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00471
- Wieser, M. J., Pauli, P., Reicherts, P., & Mühlberger, A. (2010). Don't look at me in anger! Enhanced processing of angry faces in anticipation of public speaking. *Psychophysiology*, 47, 271–280. doi:10.1111/j.1469-8986.2009.00938.x
- Wong, J. H., Peterson, M. S., & Thompson, J. C. (2008). Visual working memory capacity for objects from different categories: a face-specific maintenance effect. *Cognition*, 108(3), 719-731. doi:10.1016/j.cognition.2008.06.006
- Yang, P., Wang, M., Jin, Z., Li, L. (2015). Visual short-term memory load modulates the early attention and perception of task-irrelevant emotional faces. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 490. doi: 10.3389/fnhum.2015.00490
- Yovel, G., & Kanwisher, N. (2004). Face perception: domain specific, not process specific. *Neuron*, 44(5), 889-898. doi: 10.1016/j.neuron.2004.11.018
- Zachariou, V., Safiullah, Z., & Ungerleider, L. (2015). The FFA can process a non-face category of objects as robustly as faces. *Journal of Vision*, 15(12), 424. doi: 10.1167/15.12.424.

- Zald, D. H. (2003). The human amygdala and the emotional evaluation of sensory stimuli. *Brain research: Brain Research Reviews*, 41, 88–123. doi: 10.1016/S0165-0173(02)00248-5
- Zhang, H., Zhou, & R., Zou, J. (2015). Modulation of executive attention by threat stimulus in test-anxious students. *Frontiers in Psychology*. 6, 1486. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01486
- Zhou, W., & Chen, D. (2009). Fear-Related Chemosignals Modulate Recognition of Fear in Ambiguous Facial Expressions. *Psychological Science*, 20 (2) : 177. doi: 10.1111/j.1467-9280.2009.02263.x
- Zhu, X., Zhang, H., Wu, T., Luo, W., & Luo, Y. (2010). Emotional conflict occurs at an early stage: evidence from the emotional face-word Stroop task. *Neuroscience letters*, 478, 1–4. doi:10.1016/j.neulet.2010.04.036

VII. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Christian Karl, geboren am 13.08.1984 in Passau, an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation eigenständig, d.h. insbesondere selbständig und ohne Hilfe eines kommerziellen Promotionsberaters angefertigt und keine anderen als die von mir angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, sind kenntlich gemacht. Ebenso sind die Stellen, die auszugsweise auf meiner Publikation „Passing faces: sequence-dependent variations in the perceptual processing of emotional faces“ (Karl, Hewig, & Osinsky, 2016) basieren im Text gekennzeichnet.

Die vorgelegte Dissertation wurde bisher bei keinem anderen Prüfungsverfahren in gleicher oder ähnlicher Form eingereicht. Sie ist nicht identisch mit einer von mir verfassten Magister-, Diplom- oder Zulassungsarbeit.

Würzburg, den 12.06.2018

.....

Christian Karl