



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

Ich sehe was, was ich nicht sehe:

**Die Rolle unterschiedlicher Ortsfrequenzen und subkortikaler
Hirnregionen bei der unbewussten Gesichtswahrnehmung**

Verfasser

Julian Brähler

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2013

Studienkennzahl:	298
Studienrichtung:	Psychologie
Betreuer:	Prof. Dr. Ulrich Ansorge

Zusammenfassung

Für die bewusste Gesichtswahrnehmung wird weitgehend eine kortikale Verarbeitungsrouten angenommen, bei der visuelle Inhalte von der Retina über das Corpus geniculatum laterale (CGL) zum primären visuellen Kortex (V1) geführt und vorrangig Inhalte mit hohen Ortsfrequenzen genutzt werden. Aktuelle Forschungsarbeiten weisen jedoch darauf hin, dass auch subkortikale Hirnregionen wie die Colliculi superiores und das Pulvinar entscheidend an der Gesichtsverarbeitung beteiligt sein könnten und so durch die schnelle Verarbeitung von niedrigen Ortsfrequenzen über magnozelluläre Kanäle eine unbewusste Gesichtswahrnehmung ermöglichen.

Wenn diese Annahmen richtig sind, sollten tiefpassgefilterte Gesichter unbewusst wahrgenommen werden können, hochpassgefilterte Gesichter jedoch nicht. Um das zu überprüfen wurde hier eine Untersuchung mittels eines Masked-Priming-Paradigma durchgeführt. Dazu wurde den TeilnehmerInnen in mehreren Durchgängen entweder ein tiefpassgefiltertes Gesicht oder ein hochpassgefiltertes Gesicht als Prime, der aufgrund einer Vorwärts- und Rückwärtsmaskierung nicht bewusst wahrnehmbar war, präsentiert. Unmittelbar nach der Primepräsentation mussten die TeilnehmerInnen das Geschlecht eines bewusst wahrnehmbaren Gesichts, das als Target präsentiert wurde, bestimmen. Das Target konnte dabei entweder vom selben Geschlecht (kongruente Bedingung) oder vom gegensätzlichen Geschlecht (inkongruente Bedingung) wie der Prime sein. Im Falle einer unbewussten Wahrnehmung des maskierten Primes sollte die kongruente Bedingung zu einer Erleichterung bei der Kategorisierung des Targets und so zu kürzeren Reaktionszeiten bei der Geschlechtsbestimmung führen (Kongruenzeffekt). Erwartungsgemäß konnten in der Untersuchung nur Kongruenzeffekte mit den tiefpassgefilterten Primes, nicht aber mit den hochpassgefilterten Primes gefunden werden.

Die Ergebnisse liefern damit zumindest bezüglich der Bestimmung des Geschlechts einen Beleg für die übergeordnete Rolle von Inhalten mit niedrigen Ortsfrequenzen bei der subliminalen Gesichtsverarbeitung und somit Untermauerung der Annahme einer möglichen subkortikalen Verarbeitung bei der unbewussten Gesichtswahrnehmung.

Abstract

It is widely assumed that conscious face perception is conducted by a cortical pathway, relaying from the retina through the lateral geniculate nucleus (LGN) to primary visual cortex (V1). Conscious face perception is also supposed to be achieved by mainly using higher spatial frequencies. However recent research indicates that also subcortical brain regions like superior colliculus and pulvinar could contribute to face processing crucial by submitting unconscious face perception through rapid processing of lower spatial frequencies carried via magnocellular channels. If this is the case, low-pass filtered faces should be able to be perceived unconscious, but not high-pass filtered faces. In order to investigate this assumption, a study with masked priming paradigm was conducted here. For this purpose, either a high-pass filtered face or a low-pass filtered face was shown to the participants as prime through several trials. Because of forward and backward masking, these face primes could not be perceived conscious. Immediately after prime presentation the participants had to categorize the gender of a conscious perceivable face shown as target. In the process, the target could be either of the same sex as the prime (congruent condition) or of the opposite sex (incongruent condition). In the case of conscious perception of the masked prime, the congruent condition should lead to facilitated target categorization and thus to shorter reaction times for the gender discrimination (congruence effect). According to expectations, congruence effects were found with low-pass filtered primes but not with high-pass filtered primes. These results provide evidence for superior importance of lower spatial frequencies in subliminal face processing (at least for gender discrimination) and further to support for the assumption that subcortical processing potential contributes to unconscious face perception.

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	3
Abstract	5
<u>1. Theoretischer Hintergrund</u>	9
1.1. Einleitung	9
1.2. Die visuelle Gesichtsverarbeitung	10
1.2.1. Das Gesicht als einzigartiger visueller Reiz	10
1.2.2. Die Beteiligung subkortikaler Gehirnregionen an der Gesichtsverarbeitung	11
1.2.3. Die Rolle unterschiedlicher Ortsfrequenzen bei der Gesichtswahrnehmung	15
1.2.4. Die Rolle von räumlicher Aufmerksamkeit für die unbewusste Gesichtswahrnehmung	18
1.3. Herleitung der Untersuchung und Ziel der Diplomarbeit	19
<u>2. Methode</u>	22
2.1. Beschreibung der Stichprobe	22
2.2. Instrumente und Messgeräte	23
2.3. Reizmaterial	24
2.4. Untersuchungsdesign	28
2.5. Untersuchungsdurchführung	32
<u>3. Ergebnisse</u>	33
3.1. Targetkategorisierung	33
3.2. Fehlerraten	38
3.3. Fülldurchgänge	39
3.4. Analyse der Kongruenzeffekte in Abhängigkeit zur Reaktionsgeschwindigkeit	39
3.5. maskierte Primekategorisierung	41
3.6. unmaskierte Primekategorisierung	43
<u>4. Diskussion</u>	44
Abbildungsverzeichnis	49
Tabellenverzeichnis	50
Abkürzungsverzeichnis	51
Literaturverzeichnis	52
Lebenslauf	59

1. Theoretischer Hintergrund

1.1. Einleitung

Nur ein Bruchteil des sensorischen Inputs, der auf die menschliche Retina trifft, führt auch zu einer bewussten Wahrnehmung (Tamietto & de Gelder, 2010).

Aber auch für Reize, die nicht zu einer bewussten Wahrnehmung führen und somit als subliminal gelten, können spezifische neuronale Aktivitäten und motorische Reizreaktionen (z. B. Tamietto et al., 2009) beobachtet werden.

Dieser Wahrnehmungszustand wird in der Experimentalpsychologie als unbewusst (nonconscious) bezeichnet und ist dadurch gekennzeichnet, dass das Subjekt nicht von der Präsenz des Reizes oder von dessen Eigenschaften berichten kann, obwohl es einen objektiven Beleg gibt, dass dieser Reiz verarbeitet wurde (Tamietto & de Gelder, 2010).

Bei experimentellen Untersuchungen können Masked-Priming-Paradigmen solche objektiven Belege für die unbewusste Verarbeitung eines Reizes liefern. Dabei wird ein Reiz durch das unmittelbare Vorausgehen oder Folgen anderer Stimuli (Masken) subliminal und damit für den Betrachter nicht sichtbar gemacht. Diese Vorgehensweise wird als Maskierung bezeichnet. Im Weiteren wird erfasst ob dieser subliminale Reiz (Prime) aufgrund der Aktivierung von impliziten Gedächtnisinhalten die Verarbeitung eines nachfolgenden bewusst wahrnehmbaren Reizes (Target), der eine kategoriale Ähnlichkeit mit dem Prime aufweist, erleichtert. Diese Verarbeitungserleichterung wird als Priming bezeichnet und kann somit als Beleg für die unbewusste Verarbeitung des subliminalen Reiz (Prime) gewertet werden (Dehaene et al., 1998; Kiefer et al., 2011).

Als eine der bedeutenden Fragen in der aktuellen Forschung der unbewussten Wahrnehmung gilt hierbei welche zerebralen Strukturen der Verarbeitung subliminaler visueller Reize zugrunde liegen und so eine unbewusste Verarbeitung visueller Reize ermöglichen.

In meiner Diplomarbeit soll versucht werden einen kleinen Teil zur Klärung dieser Frage beizutragen und daher mittels eines Masked-Priming-Paradigma untersucht werden welche Gehirnregionen und neuronalen Verarbeitungsrouten an der unbewussten Gesichtsverarbeitung beteiligt sein könnten.

1.2. Die visuelle Gesichtsverarbeitung

1.2.1. Das Gesicht als einzigartiger visueller Reiz

Die zerebrale Verarbeitung von Gesichtern ist ein ausgiebig untersuchter und komplexer Prozess. Kaum ein anderer Reiz vermittelt eine so zahlreiche Menge an unterschiedlichen Informationen. So gibt das menschliche Gesicht unter anderem Aufschluss über das Alter, Geschlecht, Identität oder auch die Emotionen einer Person und gilt daher als polymorpher Stimulus (Dereulle & Fagot, 2004). Da Gesichter zudem wahrscheinlich die sozial und biologisch bedeutsamsten visuellen Reize der menschlichen Lebenswelt darstellen, wird für sie auch eine gesonderte Verarbeitung angenommen (Palermo & Rhodes, 2007).

Eine Besonderheit für die unbewusste Wahrnehmung von Gesichtern könnte dabei die Beobachtung darstellen, dass Gesichter schneller entdeckt und kategorisiert werden können als andere Reize wie zum Beispiel Objekte, Wörter oder Tiere (Pegna, Khateb, Michel & Landis, 2004; Rousselet, Macé & Fabre-Thorpe, 2003) und daher für Gesichter von einer schnelleren visuellen Verarbeitung ausgegangen werden kann.

Gängige Modelle und aktuelle Untersuchungen der Gesichtsverarbeitung postulieren zudem nicht nur, dass sich die Verarbeitung von Gesichtern aufgrund ihrer Relevanz funktional von derer anderer visueller Reize absetzt, sondern auch, dass die unterschiedlichen Arten von Informationen, die durch Gesichter vermittelt werden, über funktional unterschiedliche neuronale Systeme verarbeitet werden (z. B. Kanwisher & Yovel, 2009). Als Belege für diese Annahme zeigen sich neben unterschiedlichen Mustern zerebraler Aktivierung bei der Identifizierung von Geschlecht, Emotion oder der Identität in Studien mit ereigniskorrelierten Potentialen (EKP) (z. B. Bobes, Martin, Olivares & Valdes-Sosa, 2000) auch eine unterschiedliche Verarbeitungsgeschwindigkeit dieser verschiedenen Arten von Gesichtsinformationen bei Entscheidungsaufgaben (Le Gal & Bruce, 2002) und ein selektiver Funktionsausfall durch Hirnläsionen bei der Verarbeitung dieser unterschiedlichen Informationen (de Gelder, Frissen, Barton & Hadjickani, 2003)

1.2.2. Die Beteiligung subkortikaler Gehirnregionen an der Gesichtsverarbeitung

Es wird weitgehend angenommen, dass für die bewusste Wahrnehmung beim Menschen das „*Retino-Geniculo-Striate System*“ zuständig ist, indem visuelle Inputs von den Ganglienzellen der Retina über das Corpus geniculatum laterale (CGL) zum primären visuellen Kortex (V1) geleitet werden (Tamietto et al., 2009).

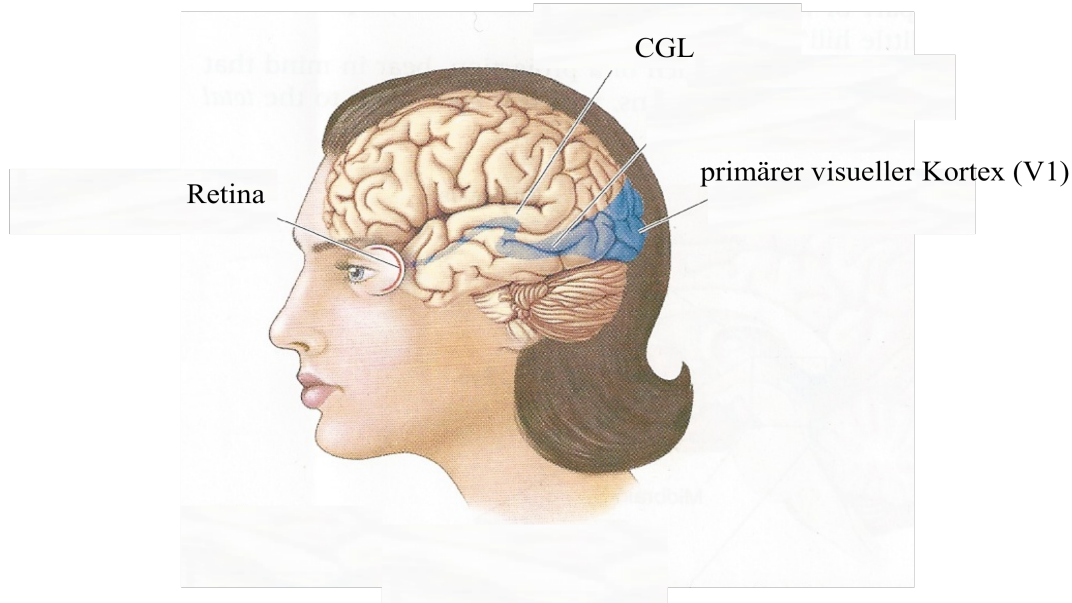


Abbildung 1. Seitenansicht des menschlichen Gehirns mit vereinfachter Darstellung des „*Retino-Geniculo-Striate System*“ (blau) (Bear, Connors & Paradiso, 2007, S. 313).

Die Gesichtsverarbeitung wird dabei vorrangig in einer Region des fusiformen Gyrus vermutet, welche als *fusiform face area* (FFA) bezeichnet wird (Kanwisher & Yovel, 2009). Darüber hinaus werden auch Regionen im superioren temporalen Sulkus (STS) und im inferioren okzipitalen Gyrus (*occipital face area* bzw. OFA) mit der Gesichtsverarbeitung verbunden.

Aktuelle neuropsychologische Forschungsarbeiten mit funktioneller Bildgebung und psychologische Verhaltensstudien weisen jedoch darauf hin, dass neben diesen kortikalen Regionen auch subkortikale Regionen entscheidend an der Gesichtsverarbeitung und insbesondere an der schnellen und unbewussten Gesichtsverarbeitung beteiligt sein könnten.

Bedeutende Hinweise für eine subkortikale Beteiligung an der Gesichtsverarbeitung ergaben sich so durch Untersuchungen an Patienten mit kortikalen Schäden.

Diese Art von Untersuchungen sind bestens dazu geeignet um die neuronale Basis und Eigenschaften von Wahrnehmung zu untersuchen, da der Ausfall oder der Erhalt von Fähigkeiten und Verhalten spezifische Rückschlüsse über die funktionale Rolle der geschädigten Region gibt.

So konnte Vuilleumier (2000) in einer Untersuchung zeigen, dass Patienten mit Neglect (nach Johnson (2005) eine neurologischen Störung durch unilaterale Hirnläsionen bei der die Betroffenen Schwierigkeiten beim Erkennen von Reizen im kontraläsionalen visuellen Feld aufweisen), deutlich seltener *Visual-Extinctions* (Unfähigkeit vom Erkennen von Reizen im kontraläsionalen visuellen Feld bei gleichzeitiger Präsenz von Reizen im ipsiläsionalen visuellen Feld) gegenüber Gesichtern als gegenüber anderen visuellen Reizen aufwiesen. Zudem wurde beobachtet, dass Patienten mit Neglect auch bei anderen visuellen Reizen seltener *Visual-Extinctions* zeigten, wenn diese im Muster eines Gesichts angeordnet waren (Vuilleumier & Sagiv, 2001). Johnson (2005) sieht in dieser selektiven Wahrnehmungsfähigkeit für Gesichter trotz kortikaler Schädigung einen Beleg für eine subkortikale Route der Gesichtsverarbeitung, die den Kortex umgeht.

Einen besonderen Einblick in die Prozesse unbewusster Wahrnehmung ermöglichen hier vor allem Studien an PatientInnen mit Rindenblindheit (*cortical blindsight*), da diese permanent blind gegenüber visuellen Reizen sind, die innerhalb des Skotoms (Teilbereich des Gesichtsfeldes, das durch die kortikalen Läsionen betroffen ist und daher eine herabgesetzte Sensibilität aufweist) gezeigt werden und daher eine genaue und sensorisch bedingte Trennung zwischen bewusster und unbewusster Wahrnehmungsbedingung bieten (Tamietto & de Gelder, 2010). So konnte gezeigt werden, dass ein Patient mit Rindenblindheit, trotz beträchtlicher Läsionen im primären visuellen Kortex (V1) in der Lage war verschiedene emotionale Gesichtsausdrücke, die innerhalb seines Skotoms präsentiert wurden, zu unterscheiden (de Gelder, Vroomen, Pourtois & Weiskrantz, 1999; Morris, de Gelder, Weiskrantz & Dolan, 2001). Mittels einer begleitenden ereigniskorrelierten, funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) des Patienten führten Morris et al. (2001) diese verbleibende Fähigkeit auf eine Verarbeitungsrouten, die die subkortikalen Strukturen Colliculi superiores und Pulvinar beinhaltet, zurück. Bei beiden dieser Gehirnregionen handelt es sich um Strukturen, die direkten Input von der Retina erhalten (Tamietto & de Gelder, 2010). Für eine vereinfachte Darstellung der Colliculi superiores im Mittelhirn siehe Abbildung 2.

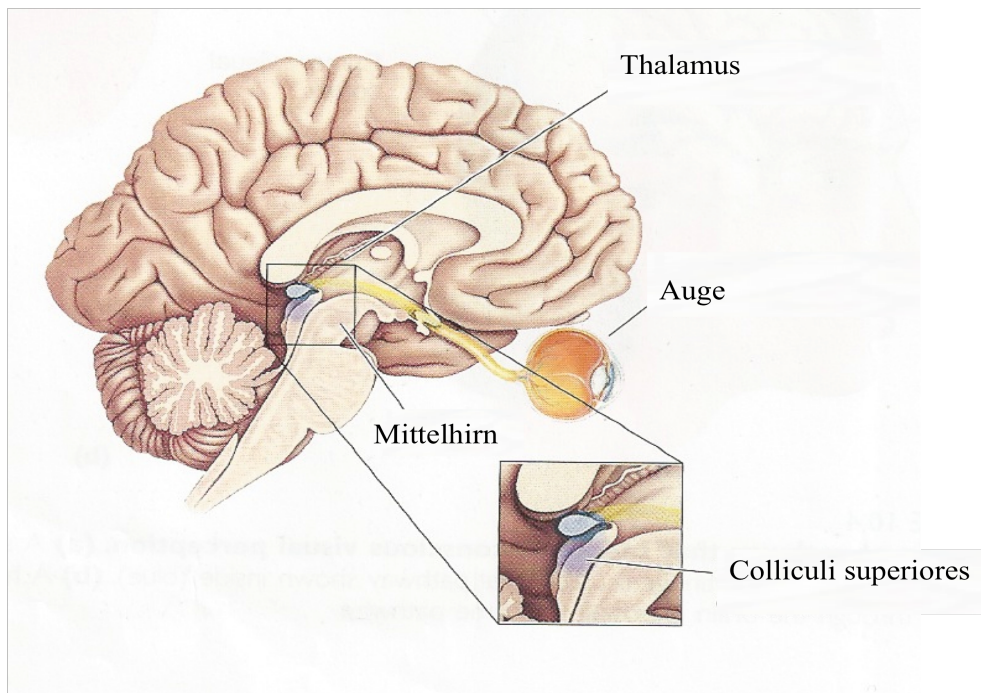


Abbildung 2. Seitenansicht des menschlichen Gehirns mit vereinfachter Darstellung der Colliculi superiores im Mittelhirn (Bear, Connors & Paradiso, 2007, S. 314).

Als Vorbehalt muss jedoch angemerkt werden, dass aufgrund der neuronalen Plastizität des Gehirns, sich die an den Patienten mit kortikalen Schäden beobachteten subkortikalen Aktivitäten gegenüber derer bei gesunden Personen unterscheiden können (Tamietto & de Gelder, 2010).

Um diesem Umstand zu berücksichtigen führten Tamietto, Pullens, de Gelder, Weiskrantz und Goebel (2012) mit dem selben Rindenblindheitspatienten und einer altersgemachten Kontrollgruppe ohne beschädigten primären visuellen Kortex eine Untersuchung mit Diffusions-Tensor-Bildgebung (DTI) durch, um so die anatomischen Verbindungen dieser subkortikalen Route in vivo zu ermitteln und deren Beschaffenheit bei intakten und beschädigten primären visuellen Kortex zu vergleichen.

Als Resultat zeigte sich, dass die Schädigung des visuellen Kortex des Patienten zu einer qualitativen und quantitativen Modifizierung dieser subkortikalen Route führte.

Dies äußerte sich sowohl in der Stärkung von einigen Fasersträngen, die auch bei den ungeschädigten Gehirnen vorhanden waren, als auch scheinbar in der Bildung von neuen Fasersträngen, die bei den ungeschädigten Gehirnen nicht beobachtet werden konnten.

Die qualitativ und quantitativ stärkere Ausprägung der Faserverbindungen dieser Route bei dem Patienten mit Schädigung des visuellen Kortex könnte dafür sprechen, dass im

Falle des Ausfalls des visuellen Kortex die subkortikale Route eine funktional erweiterte Rolle erfüllt.

Trotzdem konnten aber auch in der Kontrollgruppe Faserverbindungen zwischen Pulvinar und Amygdala, sowie zwischen Colliculi superiores und Amygdala über das Pulvinar nachgewiesen werden und so Belege dafür erbracht werden, dass die potentiell an der unbewussten visuellen Wahrnehmung beteiligte subkortikale Verarbeitungsrouten, über die Colliculi superiores und das Pulvinar auch bei Personen ohne Schädigung des visuellen Kortex besteht.

Darüber hinaus konnten Hinweise für die Beteiligung dieser subkortikalen Regionen bei der unbewussten Gesichtswahrnehmung von gesunden Probanden mit intaktem visuellen Kortex auch in Untersuchungen mit Masked-Priming-Paradigma beobachtet werden.

So konnten Morris, Öhman und Dolan (1999) zeigen, dass die unbewusste Wahrnehmung von maskierten Gesichtern mit wütenden Affekt die Konnektivität zwischen rechtem Amygdala zum Pulvinar und Colliculi superiores evident gegenüber den gleichen unmaskierten Gesichtern erhöhte, es also zu einer erhöhten Aktivität dieser subkortikalen Regionen bei der unbewussten Gesichtswahrnehmung kam.

Im Einklang mit der Annahme einer bewussten visuellen Wahrnehmung über das „*Retino-Geniculo-Striate System*“, zeigte sich bei der Wahrnehmung der unmaskierten Gesichter dagegen eine erhöhte Aktivität in den gesichtsspezifischen, kortikalen Regionen wie dem fusiformen Gyrus.

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die unbewusste Gesichtswahrnehmung hier im wesentlichen über eine subkortikale Verarbeitungsrouten, die die Colliculi superiores und das Pulvinar beinhaltet, verlief, während die bewusste Wahrnehmung der selben Gesichter eher einer rein kortikalen Verarbeitungsrouten zugeordnet werden konnte.

1.2.3. Die Rolle unterschiedlicher Ortsfrequenzen bei der Gesichtswahrnehmung

Weitere Forschungsarbeiten weisen daraufhin, dass die Dualität von bewusster und unbewusster Gesichtswahrnehmung im engen Zusammenhang mit unterschiedlichen Ausprägungen von Ortsfrequenzen der visuellen Reizen steht.

Die Ortsfrequenz beschreibt dabei die Anzahl von Perioden (Linien) pro Sehwinkelgrad bei optischen Abbildungen und liefert damit ein Maß für die örtliche Auflösung und die Detailtiefe (Goldstein, 2002).

Als grundlegender Aspekt könnte hier die Gegebenheit gelten, dass die unterschiedlichen Ortsfrequenzen von visuellen Reizen über verschiedene Kanäle von der Retina zu unterschiedlichen Gehirnregionen geführt werden (Johnson, 2005; Livingstone & Hubel, 1988). Hohe Ortsfrequenzen (HSF) werden demnach hauptsächlich über langsamere parvozelluläre Kanäle, die eine Reaktion auf kleine rezeptive Felder aufweisen, zum visuellen Kortex befördert (Livingstone & Hubel, 1988). Nach Johnson (2005) bietet diese Verarbeitungsrouten eine fein detaillierte aber dafür langsame Gesichtsverarbeitung.

Niedrige Ortsfrequenzen (LSF) werden hingegen über schnelle magnozellanale Kanäle, die eine Reaktionen auf große rezeptive Felder aufweisen, befördert (Livingstone & Hubel, 1988) und zudem auch zu subkortikalen Gehirnregionen wie der Colliculi superiores und dem Pulvinar geführt (Johnson, 2005). Nach Johnson (2005) führt diese Verarbeitungsrouten zu einer schnellen aber ungenauen Gesichtsverarbeitung.

Da die meisten Theorien über Bewusstheit (*consciousness*) davon ausgehen, dass die unbewusste, subliminale Verarbeitung der bewussten Verarbeitung vorausgeht (z.B. Lamme, 2003), besteht verstärkt die Annahme, dass niedrige Ortsfrequenzen mit der unbewussten Gesichtsverarbeitung im Zusammenhang stehen, während für die bewusste Gesichtsverarbeitung Inhalte mit hoher Ortsfrequenz relevant sind (de Gardelle & Koudir, 2010).

Übereinstimmend dazu zeigte sich, dass bei der bewussten Wahrnehmung von Hybrid-Abbildungen aus niedrigen und hohen Ortsfrequenzen gewöhnlich die Inhalte mit hohen Ortsfrequenzen die bewusste Wahrnehmung dominieren (z. B. Schyn & Olivia, 1994).

De Gardelle und Koudir (2010) konnten diese Dominanz von hohen Ortsfrequenzen auch für die bewusste Wahrnehmung von Gesichtern nachweisen.

Zudem konnten Awasthi, Friedman und Williams (2011a, 2011b) anhand von Untersuchungen mit Gesichts-Hybriden dagegen die Dominanz von Inhalten mit niedrigen Ortsfrequenzen für die frühen Stadien der Gesichtswahrnehmung zeigen.

In einer weiteren Untersuchung konnten Awasthi, Friedman und Williams (2012) darüber hinaus zeigen, dass scheinbar eine verspätete Verarbeitung von Informationen mit niedriger Ortsfrequenz zur gestörten Gesichtswahrnehmung von Patienten mit *Developmental-Prosopagnosia* beiträgt. Nach den Autoren lasse dies auf die Relevanz einer schnellen und effizienten Verarbeitung von Inhalten mit niedriger Ortsfrequenz für eine erfolgreiche Gesichtswahrnehmung schließen.

Im Einklang hierzu steht die nachgewiesene Dominanz von Inhalten mit niedriger Ortsfrequenz bei der konfiguralen Verarbeitung von Gesichtern (also die Verarbeitung von räumlichen Relationen zwischen Gesichtsmerkmalen, z. B. die metrische Distanz zwischen den Augen), wohingegen die Verarbeitung lokaler Gesichtsmerkmale (z. B. Augen, Nase und Mund) größtenteils über hohe Ortsfrequenzen erfolgt (Goffaux, Hault, Michel, Vuong & Rossion, 2005). Ausgehend von den bereits beschriebenen Unterschieden in der Verarbeitungsgeschwindigkeit hoher und niedriger Ortsfrequenzen und in Übereinstimmung zu den Annahmen von Johnson (2005) gingen auch Goffaux et al. (2005) aufgrund ihrer Ergebnisse von zwei unterschiedlichen Verarbeitungsrouten bei der Gesichtswahrnehmung aus. Demnach erfolge zunächst eine Extraktion konfiguraler Informationen über niedrige Ortsfrequenzen für eine grobe Beschreibung eines Gesichts. Danach erfolge, übermittelt von Inhalten mit hohen Ortsfrequenzen, die Akkumulation von feinen Gesichtsdetails für eine zunehmend genauere Gesichtsrepräsentation.

Zusammengenommen lassen die dargelegten Befunde über die Rollen verschiedener Ortsfrequenzen bei der Gesichtsverarbeitung den Schluss zu, dass eine unbewusste Gesichtswahrnehmung über eine magnozelluläre Verarbeitungsrouten, die selektiv für Inhalte mit niedriger Ortsfrequenz (LSF) ist und so eine schnelle und konfigurale Verarbeitung von Gesichtern ermöglicht, erfolgen könnte.

In Einbeziehung der zuvor ausgeführten Befunde aus 1.2.2. lässt sich zudem annehmen, dass diese Verarbeitungsrouten subkortikale Strukturen wie die Colliculi superiores und das Pulvinar beinhaltet.

Weitere Belege einer für niedrige Ortsfrequenzen selektiven Gesichtsverarbeitungsrouten über Colliculi superiores und Pulvinar lieferte eine Studie von Vuilleumier, Armony, Driver und Dolan (2003). Mittels einer ereigniskorrelierten, funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) konnten die Autoren bei der Wahrnehmung von Gesichtern mit angstgefülltem Ausdruck aus niedrigen Ortsfrequenzen eine spezifische Aktivierung von Pulvinar und Colliculi superiores nachweisen, die sich bei denselben Gesichtern aus hohen Ortsfrequenzen nicht zeigte. Komplementär dazu zeigte sich für die Gesichter aus hohen Ortsfrequenzen hingegen eine höhere Aktivierung in Bereichen des fusiformen Gyrus.

Die Autoren sahen zudem in ihren Ergebnissen Konsens mit der Annahme, dass die beobachtete subkortikale visuelle Verarbeitungsrouten über Pulvinar und Colliculi superiores Bestandteil eines Gefahren-Entdeckungssystems sein könnte, das die schnelle Verarbeitung von angst- und gefahrenbezogenen Informationen auf Basis von Inhalten mit niedrigen Ortsfrequenzen ermöglicht und so eine langsamere kortikale Verarbeitung umgeht.

Jedoch konnten Garrido, Barnes, Sahani und Dolan (2012) in einer Untersuchung, bei der die TeilnehmerInnen die Kategorisierung von Gesichtern bezüglich ihres Geschlechts durchführten, demonstrieren dass eine subkortikale Gesichtsverarbeitung keineswegs nur auf einen angstbezogenen Kontext beschränkt sein muss. So zeigten sich bei einer gleichzeitigen Magnetoenzephalographie (MEG) Belege für die subkortikale Beteiligung in der Gesichtverarbeitung sowohl für Gesichter mit angstgefülltem aber auch für Gesichter mit fröhlichem und neutralem Ausdruck.

Zudem konnten die Autoren wiederholt Belege für die Relevanz dieser subkortikalen Verarbeitungsrouten in den frühen Phasen der Gesichtverarbeitung aufzeigen.

1.2.4. Die Rolle von räumlicher Aufmerksamkeit für die unbewusste Gesichtswahrnehmung

In einer Studie von Finkbeiner und Palermo (2009) wurde zudem die Rolle der räumlichen Aufmerksamkeit für die unbewusste Wahrnehmung beleuchtet aus deren Erkenntnisse sich wiederum Rückschlüsse für die subkortikale Gesichtsverarbeitung schließen lassen.

Die Autoren konnten so mittels eines Masked-Priming-Paradigma, bei dem neben Objekten wie Tieren, Werkzeugen und Gemüse auch menschliche Gesichter bezüglich deren Geschlecht kategorisiert werden mussten, belegen, dass die Abhängigkeit der unbewussten Wahrnehmung von räumlicher Aufmerksamkeit je nach Art, der zu verarbeitenden Informationen, variiert.

Demnach war die unbewusste Verarbeitung der menschlichen Gesichter unabhängig von räumlicher Aufmerksamkeit möglich, wohingegen bei der unbewussten Verarbeitung der Objekte (Nicht-Gesicht-Stimuli) die räumliche Aufmerksamkeit notwendig war.

Damit demonstrierten die Autoren eine Mittelposition zwischen der „klassischen Sicht“, dass die unbewusste, visuelle Wahrnehmung generell unabhängig von räumlicher Aufmerksamkeit möglich ist und der gegenteiligen „modernen Sicht“, dass Aufmerksamkeit für eine unbewusste Wahrnehmung notwendig ist.

Da bereits belegt werden konnte, dass die Verarbeitung von Gesichtern im visuellen Kortex durch Aufmerksamkeit moduliert wird (Wojciulik, Kanwisher & Driver, 1998), nahmen Finkbeiner und Palermo (2009) für die beobachtete aufmerksamkeitsunabhängige, unbewusste Gesichtswahrnehmung eine subkortikale Verarbeitungsrouten an, die sich der Modulierung durch Aufmerksamkeit entzieht.

Die aufmerksamkeitsabhängige unbewusste Wahrnehmung der Objekte wurde den Autoren zufolge durch Inhalte mit hohen Ortsfrequenzen (HSF) gesteuert und ließ eher auf eine kortikale Verarbeitungsrouten schließen.

1.3. Herleitung der Untersuchung und Ziel der Diplomarbeit

Ziel meiner Diplomarbeit ist es nun ausgehend von dem dargelegten theoretischen Hintergrund die mögliche Beteiligung einer subkortikalen Route und die Rolle der unterschiedlichen Ausprägung von Ortsfrequenzen an der unbewussten Gesichtswahrnehmung mittels eines Verhaltensexperiments zu untersuchen.

Das Masked-Priming-Paradigma, entwickelt von Forster und Davis (1984), ist dabei eine reliable und valide Methode um die unbewusste Verarbeitung subliminaler Reize zu überprüfen (Kiefer et al., 2011).

Mittels dieser Methode ist es möglich einen Reiz (Prime) durch das unmittelbare Vorausgehen oder Folgen eines anderen Reizes (Maske) subliminal und damit für den Betrachter nicht sichtbar zu machen. Durch die Untersuchung des Effekts vom nicht sichtbaren Prime auf einen nachfolgenden Zielreiz (Target), kann die unbewusste Verarbeitung des Primes überprüft werden.

In der folgenden Untersuchung wird mit dem Response-Priming (Klotz & Wolff, 1995) eine Form des Masked-Priming-Paradigmas angewandt, die auch in der Studie von Finkbeiner und Palermo (2009) verwendet wurde.

Beim Response-Priming müssen die TeilnehmerInnen auf das Target mit einer bestimmten Handlung reagieren (z. B. mit der linken Hand eine bestimmte Taste drücken). Dabei können Prime und Target entweder kongruent (indizieren die gleiche Handlungsreaktion) oder inkongruent sein (indizieren eine unterschiedliche Handlungsreaktion). Im Falle einer kongruenten Bedingung kommt es zu einer schnelleren Reaktion gegenüber des Targets, da die unbewusste Verarbeitung des Primes die Handlungsreaktion bereits einleitet. (Dehaene et al., 1998; Klotz & Wolff, 1995; Mattler, 2003.) Dieser Effekt wird im Folgenden als Kongruenzeffekt bezeichnet.

Analog zur Studie von Finkbeiner und Palermo (2009) wurde als Aufgabe die Kategorisierung menschlicher Gesichter mit neutralem Gesichtsausdruck bezüglich ihres Geschlechts (Geschlechtskategorisierungsaufgabe) verwendet.

Dabei sollten die TeilnehmerInnen das Geschlecht eines ungefilterten und klar sichtbaren Gesichts (Target) mittels Tastendruck bestimmen.

Peripher zu dem Target wurde unmittelbar davor als maskierter Prime entweder ein Gesicht, das nur aus hohen Ortsfrequenzen (hochpassgefiltert) oder ein Gesicht das nur aus niedrigen Ortsfrequenzen (tiefpassgefiltert) bestand präsentiert.

Der Prime konnte dabei dasselbe (kongruente Bedingung) oder das gegensätzliche Geschlecht (inkongruente Bedingung) wie das Target aufweisen.

Um zudem die von Finkbeiner und Palermo (2009) postulierte Rolle von räumlicher Aufmerksamkeit bei der unbewussten Gesichtswahrnehmung zu prüfen, wurde mittels eines Hinweisreiz (Cue) die Aufmerksamkeit entweder auf die Prime- oder die Targetposition gelenkt.

Wenn die aus dem theoretischen Hintergrund abgeleitete Annahme richtig ist, dass die unbewussten Gesichtswahrnehmung durch eine subkortikale Verarbeitungsrouten über Pulvinar und Colliculi superiores mittels Inhalten mit niedrigen Ortsfrequenzen erfolgt, sollten bei der Geschlechtskategorisierung nur die maskierten tiefpassgefilterten (LSF) Primes unbewusst wahrgenommen werden und so unabhängig der räumlichen Aufmerksamkeit zu einem Kongruenzeffekt führen.

Die maskierten hochpassgefilterten (HSF) Primes sollten hingegen zu keinem Kongruenzeffekt führen. Allerdings könnte die Lenkung der räumlichen Aufmerksamkeit auf die Primeposition zu einer unbewussten Wahrnehmung der maskierten hochpassgefilterten Primes führen, die der unbewussten Wahrnehmung von „Nicht-Gesichtern“ (Objekten) bei Finkbeiner und Palermo (2009) entspricht und so möglicherweise in den Bedingungen mit dem Hinweisreiz auf der Primeposition auch mit den hochpassgefilterten Primes Kongruenzeffekte beobachtet werden.

Um zudem sicherzugehen, dass die maskierten Primes für die TeilnehmerInnen nicht bewusst wahrnehmbar waren, wurde deren Sichtbarkeit in einer nachfolgenden Aufgabe (maskierte Primekategorisierung) überprüft.

Um darüber hinaus zu garantieren, dass die hochpass- und tiefpassgefilterten Primes im unmaskierten Zustand beide bezüglich ihres Geschlechts bestimmbar waren, wurde zudem am Ende des Experiments noch eine Aufgabe durchgeführt bei der die unmaskierten Primes kategorisiert werden mussten.

Anzumerken sei noch, dass es sich bei der Untersuchung meiner Diplomarbeit um einen Teil einer Forschungsreihe (Khalid, Finkbeiner, König & Ansorge, 2012) mit demselben Ansatz handelt.

So konnten Wisseler (2011), Fuxl (2011) und Kaiser (2012) mit komparablen Untersuchungsdesigns Belege für die erwartungsgemäße Rolle von Gesichtern aus

Inhalten mit niedrigen Ortsfrequenzen (LSF) für die unbewusste Wahrnehmung nachweisen.

Jedoch konnte bisher in keiner der Untersuchungen, die aufgrund der Ergebnisse von Finkbeiner und Palermo (2009) angenommene Interaktion zwischen Aufmerksamkeit und den hochpassgefilterten (HSF) Primes beobachtet werden.

Als ein Problem der drei vorherigen Untersuchungen zeigte sich allerdings ein relativ hoher Restanteil von tiefen Ortsfrequenzen bei den hochpassgefilterten Primes.

So könnten diese Restanteile von tiefen Ortsfrequenzen die Signale hoher Ortsfrequenzen der hochpassgefilterten Primes gestört und die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen verzerrt haben.

Um diese Einschränkung der vorherigen Ergebnisse zu umgehen, wurden für die aktuelle Untersuchung neue hochpass- und tiefpassgefilterte Primes erstellt.

2. Methode

2.1. Beschreibung der Stichprobe

An der Untersuchung nahmen insgesamt 43 Personen teil.

Die Daten von 13 TeilnehmernInnen wurden allerdings aufgrund ihrer völligen Targetausrichtung bei der maskierten Primekategorisierung von der Analyse ausgeschlossen. Diese 13 Personen gaben dabei mehr als 95% korrekter Antworten in der kongruenten Bedingung jedoch weniger als 5% korrekte Antworten in der inkongruenten Bedingung. Dies weist daraufhin, dass bei diesen TeilnehmernInnen ein Mangel an Verständnis oder an Motivation bezüglich der Aufgabenstellung vorlag und sie daher anstelle des Primes wieder das Target bestimmt haben.

Die verbleibende Stichprobe für die Analyse bestand demnach noch aus 30 Personen.

23 dieser Personen waren weiblich, sieben männlich. In Abbildung 3 ist die Verteilung des Geschlechts in Prozenten dargestellt.

Das durchschnittliche Alter lag bei 21,1 Jahren und der Altersrange reichte von 18 bis 27 Jahren.

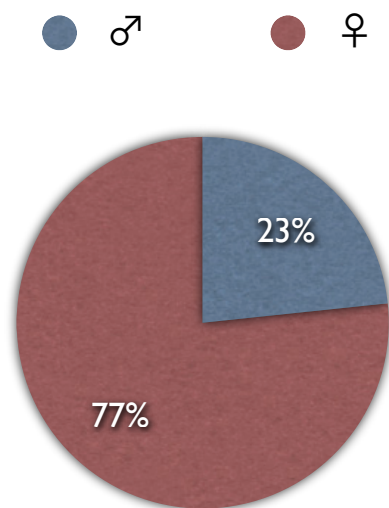


Abbildung 3. Prozentuelle Verteilung des Geschlechts der TeilnehmerInnen.

Bei allen TeilnehmerInnen handelte es sich um Studierende der Universität Wien, die mittels des Rekrutierungssystems (RSAP) des Instituts für Allgemeine Psychologie der Universität Wien zur Untersuchungsteilnahme eingeladen wurden.

Alle TeilnehmerInnen nahmen freiwillig an der Untersuchung teil und gaben zudem eine schriftliche Einverständniserklärung für die Teilnahme ab.

Als Gegenwert für die Teilnahme erhielten sie Bonuspunkte, die bei Lehrveranstaltungen der Allgemeinen Psychologie eingelöst werden können.

Alle Teilnehmer verfügten über eine normale oder mittels Sehhilfe auf Normalniveau korrigierte Sehfähigkeit.

2.2. Instrumente und Messgeräte

Ausgeführt wurde die Untersuchung in einem ruhigen und lediglich durch indirektes Licht schwach beleuchteten Versuchsraum.

Für die Durchführung der Untersuchung wurden Dell OptiPlex GX960 PCs mit Intel Core 2 Duo 7400 Prozessor und GeForce 5500 Grafikkarte mit 128 MB RAM eingesetzt.

Die verwendeten visuellen Reize wurden auf einen 15 Zoll Farb-Flachbildschirm mit einer Bildwiederholungsfrequenz von 59.1 Hz präsentiert.

Zur Darstellung der Reize und der Erfassung der Reizreaktionen der TeilnehmerInnen wurde die Software Matlab mit Psychophysics Toolbox Version 3 (PTB-3) verwendet.

Um mögliche Probleme durch Pufferüberlastungen zu vermeiden, wurden alle Reize offline geladen.

Alle TeilnehmerInnen saßen mit einer Distanz von 57 cm vom Bildschirm entfernt. Um über die Dauer der Untersuchung die Distanz zum Bildschirm sowie die Blickrichtung konstant zu halten, wurde die Sitz- und Kopfposition der TeilnehmerInnen durch eine Kinnstütze fixiert.

Direkt vor den TeilnehmernInnen war eine Standard-PC-Tastatur mit deutscher Tastenbelegung platziert, die als Eingabegerät und zum Erfassen der Reaktionszeiten (RZ) diente.

Die Reaktionen auf die Zielreize wurden mittels der Tasten „A“ und „L“ registriert.

Um einen möglichst genauen Verlauf der Reaktionszeiten zu erfassen, behielten die Teilnehmer über die Dauer der Untersuchung ihren rechten Zeigefinger auf der L-Taste und ihren linken Zeigefinger auf der A-Taste positioniert.

2.3. Reizmaterial

Als Reizmaterial für die Untersuchung wurden die Vorwärts- und Rückwärtsmasken, Hinweisreize, Gesichtstargets, sowie hochpass- und tiefpassgefilterte Versionen der Gesichtsprimes von Finkbeiner und Palermo (2009) verwendet.

Die Gesichtstargets und die Gesichtsprimes zeigten Gesichter in Graustufen mit einem neutralem emotionalen Ausdruck und stammten im Original von der Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF) Datenbank (Lundqvist, Flykt & Öhman, 1998).

Alle Gesichtsreize wurden so angepasst, dass sie sich nicht bezüglich Kontrast und ihrer Vordergrund-Hintergrund Leuchtdichte unterschieden und wurden in eine ovale Form geschnitten, so dass nur die Gesichtsmerkmale präsent waren.

Jede Abbildung verfügte über einen visuellen Winkel von 3,0° vertikal und 2,5° horizontal.

Als Gesichtstargets wurden insgesamt zehn unterschiedliche Gesichter verwendet, davon fünf weibliche und fünf männliche. In Abbildung 4 (a) können die verwendeten Gesichtstargets eingesehen werden.

Zur Filterung der Gesichtsprimes wurden als erstes die Anpassungen von Kontrast und Vordergrund-Hintergrund Leuchtdichte durchgeführt.

Erst danach wurde eine Hochpass- und eine Tiefpassfilterung der angepassten Gesichtsprimes durchgeführt. Dabei wurden die Hochpass- und Tiefpassfilterungsfunktionen von Gonzalez, Woods und Eddins (2004) angewandt.

Durch die Hochpassfilterung wurden Primes mit Anteilen aus ausschließlich hohen Ortsfrequenzen (HSF), durch die Tiefpassfilterung Primes mit Anteilen aus ausschließlich niedrigen Ortsfrequenzen (LSF) erstellt.

Während der Filterung wurde sichergestellt, dass die gefilterten Gesichter exakt dieselben Frequenzsubanteile wie die ungefilterten Gesichter beinhalteten.

Die gefilterten Gesichter wurden dann zuletzt hinter die ovale Auflage geschnitten.

Abbildung 4 (b) zeigt die resultierenden hochpass- und tiefpassgefilterten Gesichtsprimes.

Im Gegensatz zu dem Reizmaterial der vorherigen Untersuchungen dieser Forschungsreihe (siehe Fuxl, 2011; Kaiser, 2012; Wisseler, 2011) beinhalteten die hier erstellten hochpassgefilterten (HSF) Primes keine tieffrequenten Anteile mehr.

In Abbildung 5 kann dazu das Ortsfrequenzspektrum der gefilterten Gesichtsprimes eingesehen werden.

Abbildung 6 zeigt zudem die Pixelverteilung über die Graustufen für die gefilterten Gesichtsprimes.

Als Vorwärtsmaske wurde ein Schachbrettmuster, als Rückwärtsmaske eine verschlüsselte Zusammensetzung von zwei ungefilterten Gesichtsprimes verwendet.

Der Hinweisreiz war ein schwarzer Punkt auf weißem Hintergrund.

Abbildung 4 (c) zeigt die Vorwärts- und Rückwärtsmaske, Abbildung 4 (d) den verwendeten Hinweisreiz (Cue).

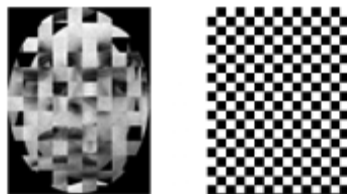
(a) Gesichtstargets



(b) Gesichtsprimes



(c) Rückwärtsmaske & Vorwärtsmaske



(d) Hinweisreiz (Cue)



Abbildung 4. Reizmaterial

- (a): die fünf männlichen (oben) und die fünf weiblichen (unten) Gesichtstargets
- (b): die hochpassgefilterten (links) und die tiefpassgefilterten (rechts) Gesichtsprimes
- (c): die Rückwärtsmaske (links) und die Vorwärtsmaske (rechts)
- (d): der Hinweisreiz

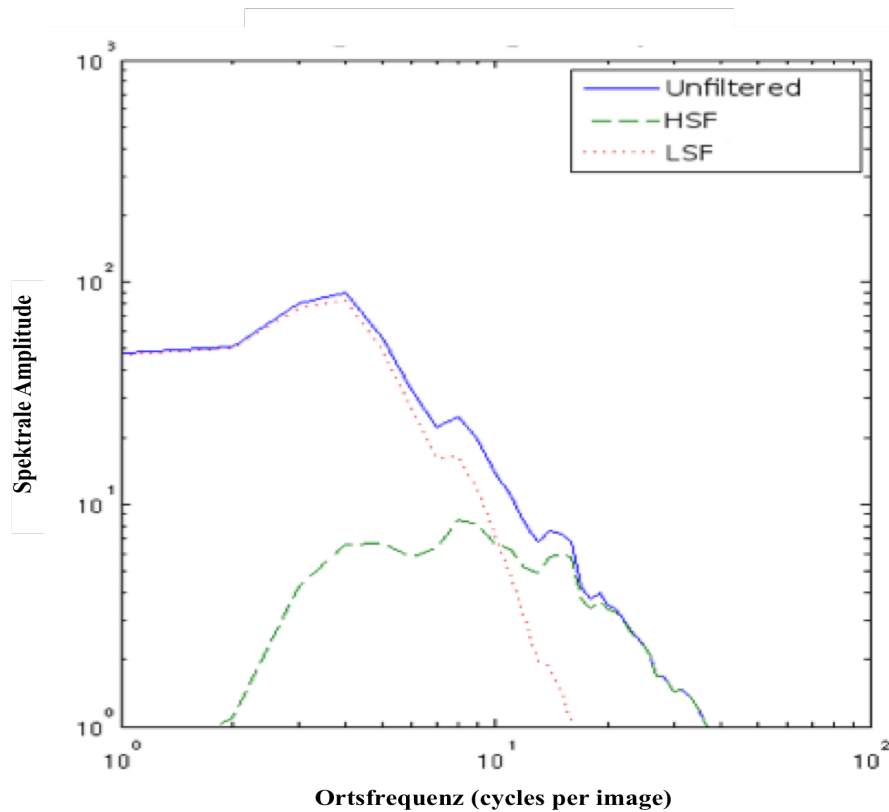


Abbildung 5. Log-log Plots der mittleren spektralen Amplitude auf der Y-Achse als eine Funktion der Ortsfrequenz (cycles per image) auf der X-Achse für die ungefilterten Gesichtsprimes (blaue durchgezogene Linie) aus Finkbeiner und Palermo (2009), für die tiefpassgefilterten Gesichtsprimes (rote gepunktete Linie) und für die hochpassgefilterten Gesichtsprimes (grüne gestrichelte Linie). Jede Linie zeigt den Mittelwert aus dem männlichen und dem weiblichen Prime an. Die hochpassgefilterten Gesichtsprimes zeigen keine tieffrequenten Anteile und eine hohe Amplitude hochfrequenter Anteile. Die tiefpassgefilterten Gesichtsprimes zeigen keine hochfrequenten Anteile und eine hohe Amplitude tieffrequenter Anteile.

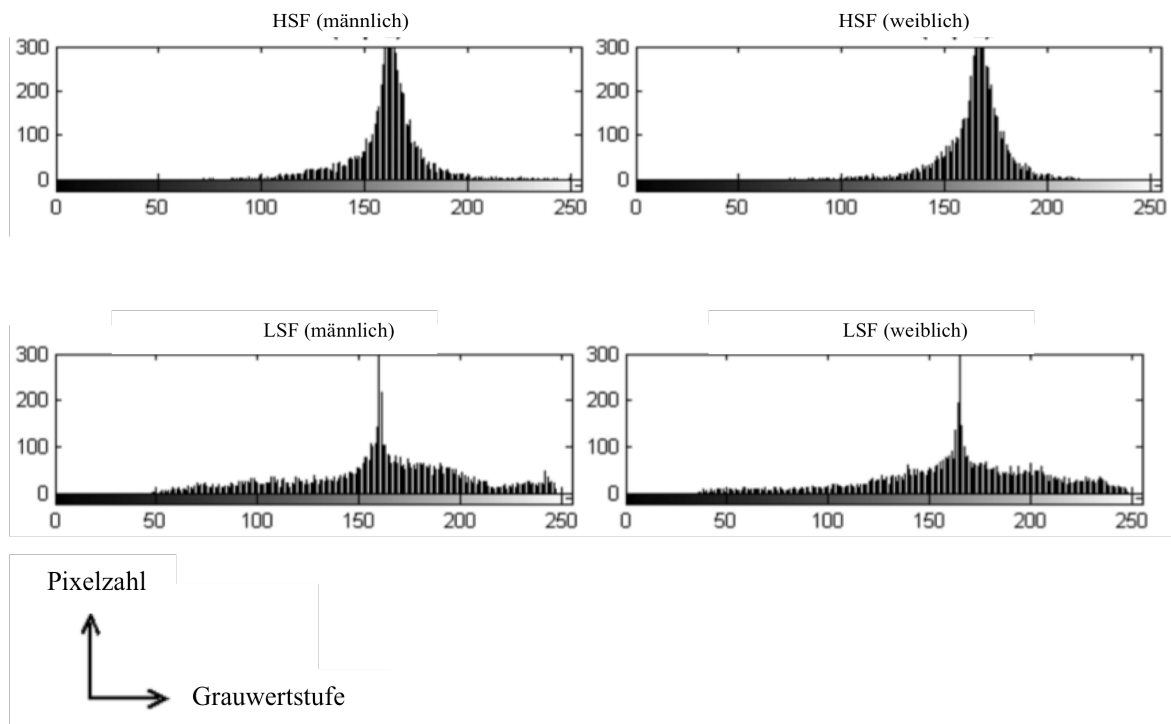


Abbildung 6. Die Pixelzahl auf der Y-Achse als eine Funktion ihrer Grauwertsstufen auf der X-Achse. Die Grauwertsstufen der Pixel ist eine Messung derer Luminanz und kann Werte zwischen Null (schwarz) und 255 (weiß) erlangen.

2.4. Untersuchungsdesign

Die Untersuchung war in drei unterschiedliche Abschnitte unterteilt. Die Gesamtdauer betrug ungefähr 45 bis 60 Minuten.

Beim ersten Abschnitt der Untersuchung hatten die TeilnehmerInnen die Aufgabe das Geschlecht des Gesichtstargets zu bestimmen (Targetkategorisierung).

Es wurden dabei pro Durchgang gleichzeitig zwei unterschiedliche Sequenzen des Reizmaterials auf einem schwarzen Bildschirm präsentiert. Die eine Sequenz war dabei direkt über der anderen positioniert. Das Target wurde immer auf einer fixen Position in der unteren Sequenz präsentiert, der Prime peripher zum Target in der oberen Sequenz.

Jeder Durchgang startete mit einer Schachbrettmustermaske auf beiden Reizpositionen für 500 ms. Als nächstes wurde der Hinweisreiz (Cue) entweder auf der oberen oder der unteren Position für 50 ms präsentiert. Auf der anderen Position wurde währenddessen mit derselben Präsentationsdauer die Schachbrettmustermaske präsentiert.

Der Hinweisreiz diente dazu die Aufmerksamkeit der TeilnehmerInnen entweder auf den Prime (Prime-cued Bedingung) oder auf das Target (Target-cued Bedingung) zu lenken. Danach wurde wieder die Schachbrettmustermaske auf beiden Positionen für 50 ms gezeigt. Daraufhin wurden der Prime auf der oberen Position mit der Schachbrettmustermaske auf der unteren Position für 50 ms und zuletzt der Zielreiz auf der unteren Position mit der verschlüsselten Gesichtsmaske auf der oberen Position für 300 ms präsentiert. Am Ende jedes Durchgangs mussten die TeilnehmerInnen das Geschlecht des Targets mittels der Tastaturtasten „A“ und „L“ bestimmen. Welche Taste für welches Geschlecht gedrückt werden musste, wurde gleich über die TeilnehmerInnen verteilt. Während den Durchgängen variierte das Geschlecht von Primes und Targets orthogonal um so die gleiche Anzahl von kongruenten und inkongruenten Bedingungen zu schaffen. Kongruent bedeutete hierbei, dass Prime und Target dasselbe Geschlecht aufwiesen. Inkongruent bedeutete dagegen, dass Prime und Zielreiz das entgegengesetzte Geschlecht aufwiesen. Die Targetkategorisierung war in zwei Blöcke aufgeteilt. Ein Block beinhaltete die hochpassgefilterten (HSF) Primes, der Andere die tiefpassgefilterten (LSF) Primes. Die Reihenfolge der beiden Blöcke wurde ebenfalls gleich über die TeilnehmerInnen verteilt. Beide Blöcke beinhalteten je 20 Durchgänge jeder möglichen Kombination von Cueing (Prime-cued [Hinweisreiz auf der Prime-Position], Target-cued [Hinweisreiz auf der Target-Position]), Target-Art (männlich, weiblich) und Prime-Target Kongruenz (kongruent, inkongruent). Daraus ergab sich eine Anzahl von 160 Durchgängen pro Block und 320 Durchgängen insgesamt für die Targetkategorisierung. Die verschiedenen Bedingungen wurden bei jedem Block in pseudorandomisierter Abfolge vorgegeben, so dass niemals in zwei direkt aufeinanderfolgenden Durchgängen dieselben Gesichtstargets wiederholt wurden und nicht mehr als in vier aufeinanderfolgenden Durchgängen dieselbe Targetreaktion von den TeilnehmerInnen (z. B. die „L“ Taste drücken) erfordert wurde.

Siehe Abbildung 7 für die Darstellung zweier Beispieldurchgänge der Targetkategorisierung.

Um Sicherzugehen, dass die TeilnehmerInnen nicht ausschließlich aktiv nach den Inhalten mit niedrigen Ortsfrequenzen der ungefilterten Gesichtstargets suchten, sondern auch nach den Inhalten mit hohen Ortsfrequenzen, wurden in 10% der Durchgänge die hochpass- und die tiefpassgefilterten Primes als Targets verwendet. Diese Fülldurchgänge wurden zufällig zwischen die normalen Durchgänge gemischt.

Der zweite Abschnitt der Untersuchung war identisch zur Targetkategorisierung mit der Ausnahme, dass die TeilnehmerInnen nach der Bestimmung des Targets zusätzlich noch aufgefordert wurden das Geschlecht des maskierten Primes zu bestimmen (maskierte Primekategorisierung). Um sicherzugehen, dass die TeilnehmerInnen hierzu nicht ihre volle Aufmerksamkeit auf die Primeposition richteten, sondern dieselbe Aufgabenschwierigkeit wie bei der Targetkategorisierung gegeben war, musste der maskierte Prime nur dann bestimmt werden, wenn vorher schon das Target korrekt bestimmt wurde.

Die maskierte Primekategorisierung bestand insgesamt aus 200 Durchgängen. 100 Durchgänge mit den hochpassgefilterten (HSF) Primes und 100 Durchgänge mit den tiefpassgefilterten (LSF) Primes.

Im dritten und letzten Abschnitt der Untersuchung sollte sichergestellt werden, dass die Anteile mit niedrigen Ortsfrequenzen der tiefpassgefilterten Primes bzw. die Anteile mit hohen Ortsfrequenzen der hochpassgefilterten Primes alleine für eine erfolgreichen Geschlechtsbestimmung unter bewusster Wahrnehmungsbedingung ausreichen.

Dazu wurden 80 Durchgängen durchgeführt bei denen lediglich die unmaskierten Primes mit einer Präsentationsdauer von je 50 ms auf der oberen Position präsentiert wurden und bezüglich ihres Geschlechts von den TeilnehmerInnen kategorisiert werden sollten.

Während der gesamten Untersuchung gab es fünf Pausen deren Länge von den TeilnehmerInnen mittels Tastendruck selbst bestimmt werden konnte. Je eine in der Mitte der drei Untersuchungsabschnitte und je eine nach den ersten zwei Untersuchungsabschnitten.

Um die TeilnehmerInnen zu einer konzentrierten und schnellen Performance zu animieren, erhielten sie während der Untersuchung eine automatisierte Rückmeldung über inkorrekte Geschlechtskategorisierungen und langsame Reaktionszeiten.

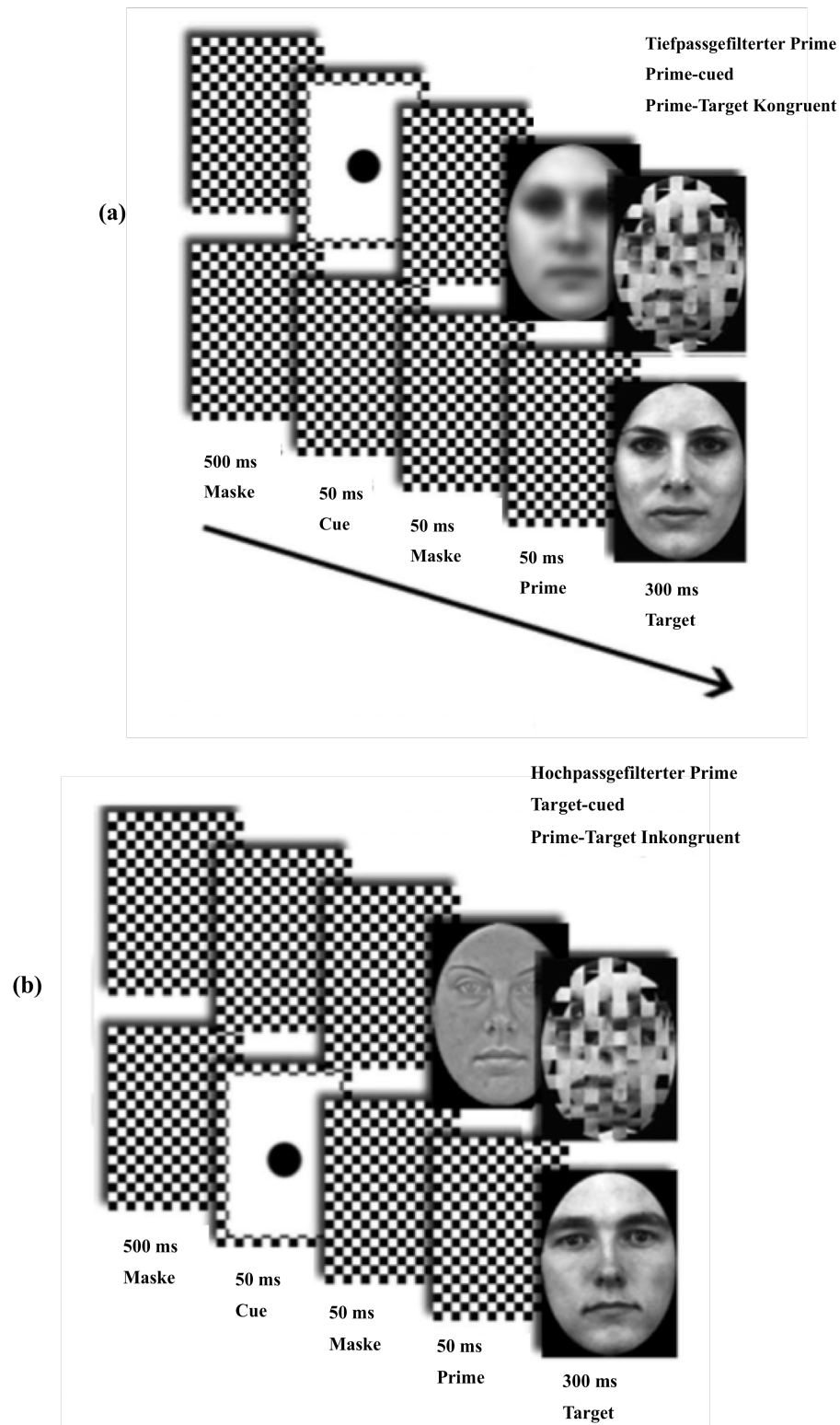


Abbildung 7. Zwei Beispieldurchgänge der Targetkategorisierungsaufgabe.

(a) Durchgang mit tiefpassgefilterten (LSF) Prime in einer Prime-cued und kongruenten Bedingung. (b) Durchgang mit hochpassgefilterten (HSF) Prime in einer Target-cued und inkongruenten Bedingung.

2.5. Untersuchungsdurchführung

Die gesamte Untersuchung wurde an vier Testtagen im Verhaltenslabor TR-K6 der Fakultät für Psychologie der Universität Wien durchgeführt.

Pro Testung nahmen dabei vier bis sechs TeilnehmerInnen zeitgleich teil. Der Versuchsleiter war über die gesamte Zeitdauer anwesend und stand für Verständnisfragen zur Verfügung. Zu Beginn jeder Testung wurden Alter, Geschlecht, Händigkeit und das Vorhandensein von Sehstärkekorrekturen (in Form einer Brille oder Kontaktlinsen) erhoben und die TeilnehmerInnen schriftlich über Rechte und Datenschutz aufgeklärt. Zudem mussten alle TeilnehmerInnen zur weiteren Teilnahme eine Einverständniserklärung unterzeichnen. Daraufhin wurden die TeilnehmerInnen mündlich zur Untersuchung instruiert. Detaillierte schriftliche Instruktionen erhielten die TeilnehmerInnen zudem vor jedem der drei Untersuchungsabschnitte über den Bildschirm.

Zu Beginn der Untersuchung erhielten die TeilnehmerInnen eine Übungsphase mit 20 Trainingsdurchgängen um das Verständnis der Aufgabenstellung sicherzustellen.

Die Durchführung der Untersuchung verlief störungsfrei und keiner der TeilnehmerInnen musste vorzeitig abbrechen.

3. Ergebnisse

3.1. Targetkategorisierung

In der ersten Analyse wurden ausschließlich die korrekten Targetreaktionen betrachtet.

Die mittleren Reaktionszeiten (RZ) sind in Abbildung 8 dargestellt und detailliert in Tabelle 1 aufgelistet.

Wie dort abzulesen ist, konnte ein Kongruenzeffekt mit den tiefpassgefilterten (LSF) Primes sowohl in der Target-cued als auch in der Prime-cued Bedingung gefunden werden. Mit den hochpassgefilterten (HSF) Primes konnten hingegen keine Kongruenzeffekte beobachtet werden.

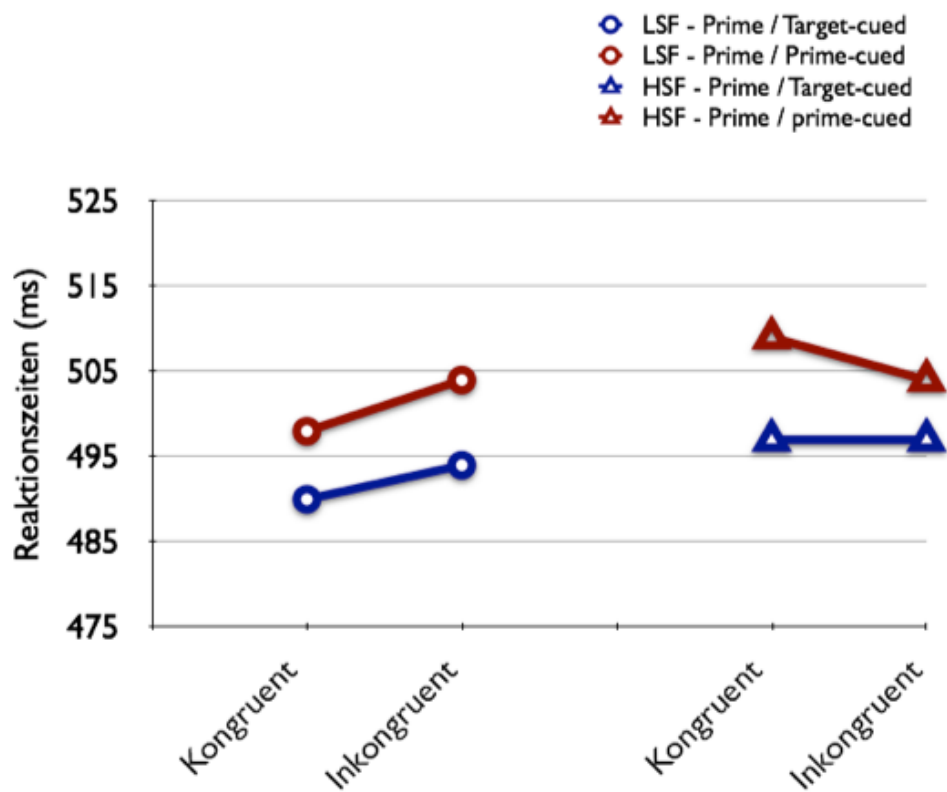


Abbildung 8. Die mittleren Reaktionszeiten (RZ) in Millisekunden auf der Y-Achse als eine Funktion von Kongruenz (kongruent, inkongruent), Prime-Art (tiefpassgefiltert [LSF], hochpassgefiltert [HSF]), Cue-Art (Target-cued, Prime-cued) auf der X-Achse. (LSF Primes = Kreissymbole; HSF Primes = Dreiecksymbole; Target-cued = blaue Linien; Prime-cued = rote Linien). Die Grafik zeigt einen Kongruenzeffekt mit den tiefpassgefilterten Primes (LSF) sowohl in der Target-cued als auch in der Prime-cued Bedingung.

Tabelle 1. mittlere Reaktionszeiten (RZ) in Millisekunden für die einzelnen Bedingungen

Bedingungen			Reaktionszeiten (ms)		
Primes	Cue Art	Kongruenz	Mittlere RZ	Standardfehler	Kongruenz-Effekt
LSF	Target	Kongruent	490 ms	8	4 ms *
		Inkongruent	494 ms	8	
	Prime	Kongruent	498 ms	8	6 ms *
		Inkongruent	504 ms	9	
HSF	Target	Kongruent	497 ms	8	0 ms
		Inkongruent	497 ms	8	
	Prime	Kongruent	509 ms	8	-5 ms
		Inkongruent	504 ms	8	

Anmerkungen. Der Kongruenzeffekt wurde als mittlere Reaktionszeit in der inkongruenten Bedingung minus der mittleren Reaktionszeit in der kongruenten Bedingung gerechnet. Signifikante Kongruenzeffekte wurden mit dem Symbol * versehen.

Um dieses Ergebnis durch eine detaillierte Analyse zu bestätigen wurde eine 2x2x2 Varianzanalyse mit Messwiederholung (*repeated measures ANOVA*) mit den Innersubjektfaktoren Prime-Art (HSF, LSF), Cue-Art (Target-cued, Prime-cued) und Kongruenz (kongruent, inkongruent) über die Reaktionszeiten (RZ; in Millisekunden) durchgeführt. Für die statistische Analyse wurde durchgehend die Bonferroni-Anpassungen für multiple Vergleiche und ein Alpha-Niveau von .05 verwendet.

Als bedeutsamstes Resultat zeigte sich wie erwartet eine signifikante two-way Interaktion zwischen den Faktoren Prime-Art und Kongruenz, $F(1,29) = 10.23$, $p < .01$, partielles $\eta^2 = .26$. Dabei zeigte sich für die tiefpassgefilterten (LSF) Primes ein Kongruenzeffekt von 4 ms in der Target-cued Bedingung und von 6 ms in der Prime-cued Bedingung.

Mit den hochpassgefilterten (HSF) Primes sanken diese Effekte auf 0 ms in der Target-cued Bedingung und -5 ms in der Prime-cued Bedingung (siehe Tabelle 1).

Des Weiteren wurde ein signifikanter Haupteffekt von Cue-Art gefunden, $F(1,29) = 41.18$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .59$ (siehe Abbildung 9). Die Reaktionszeiten waren dabei in der Target-cued Bedingung ($M = 494$ ms) signifikant kürzer als in der Prime-cued Bedingung ($M = 504$ ms). Darüber hinaus wurden keine weiteren signifikanten Effekte oder Interaktionen gefunden, alle F s < 1 .

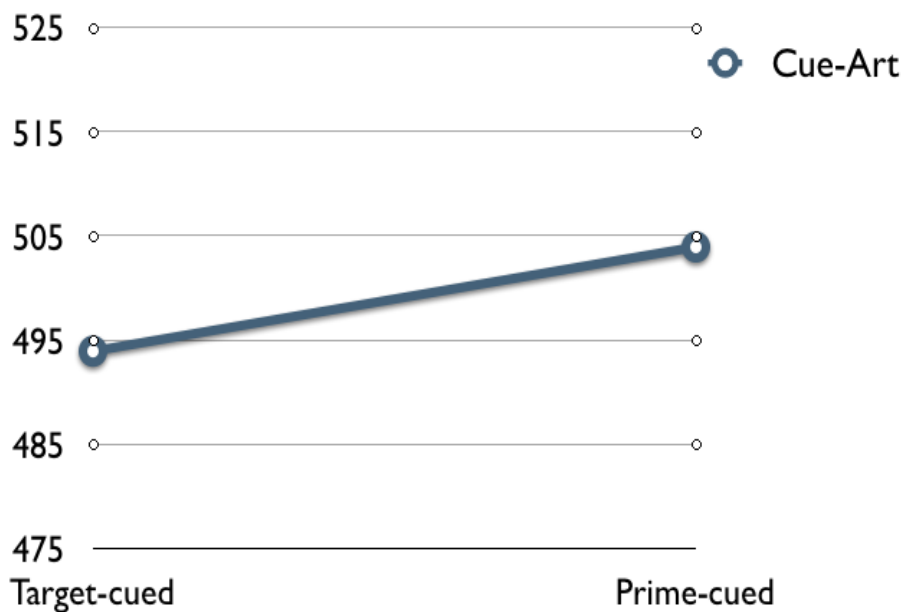


Abbildung 9. Die mittleren Reaktionszeiten (RZ) in Millisekunden auf der Y-Achse als eine Funktion von Cue-Art (Target-cued, Prime-cued) auf der X-Achse.

Für eine genauere Analyse der gefunden Ergebnisse wurden zusätzlich separate Follow-up ANOVAs der tiefpass- und hochpassgefilterten Primes mit den Innersubjektfaktoren Cue-Art und Kongruenz durchgeführt.

Die Follow-up ANOVA der tiefpassgefilterten (LSF) Prime Bedingung zeigte sowohl einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Cue-Art, $F(1,29) = 22.03$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .43$, als auch einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Kongruenz, $F(1,29) = 6.92$, $p < .02$, partial $\eta^2 = .19$. Mit den tiefpassgefilterten Primes zeigten die TeilnehmerInnen in der Target-cued Bedingung ($M = 492$ ms) eine schnellere Leistung als in der Prime-cued Bedingung ($M = 501$ ms). Die Leistungen waren zudem in der kongruenten Bedingung ($M = 494$ ms) schneller als in der inkongruenten ($M = 499$ ms).

Es konnte zudem wie angenommen keine two-way Interaktion zwischen Cue-Art und Kongruenz gefunden werden. Dies zeigt, dass der Kongruenzeffekt mit den tiefpassgefilterten Primes unabhängig von der räumlichen Aufmerksamkeit auftrat und somit im Einklang zu einer aufmerksamkeitsunabhängigen unbewussten Wahrnehmung von menschlichen Gesichtern über Inhalte mit niedrigen Ortsfrequenzen nach Finkbeiner und Palermo (2009) ist.

Dieselbe Follow-up ANOVA der hochpassgefilterten (HSF) Prime Bedingung zeigte hingegen nur einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Cue-Art, $F(1,29) = 21.88$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .43$. Die TeilnehmerInnen zeigten auch hier eine schnellere Leistung in der Target-cued Bedingung ($M = 497$ ms) als in der Prime-cued Bedingung ($M = 504$ ms). alle F s < 1 . Demnach konnten sowohl durch das Ausbleiben einer three-way Interaktion zwischen Prime-Art, Cue-Art und Kongruenz in der omnibus ANOVA, als auch durch das Ausbleiben einer two-way Interaktion zwischen Cue-Art und Kongruenz in der Follow-up ANOVA der hochpassgefilterten Prime Bedingung, keine Belege für einen Kongruenzeffekt mit den hochpassgefilterten Primes bei der vorherigen Lenkung der räumlichen Aufmerksamkeit auf die Primeposition (Prime-cued Bedingung) gefunden werden.

3.2. Fehlerraten

Die gleiche omnibus ANOVA wurde zudem auch über die Fehlerraten durchgeführt.

Dabei wurden weder signifikante Effekte noch signifikante Interaktionen gefunden (siehe Abbildung 10), alle F s < 1, und alle p s > .05.

Demnach gibt es keine Kongruenzeffekte, die von der Fehlerrate der TeilnehmerInnen abhängig sind. Die mittleren Fehlerraten können in Tabelle 2 eingesehen werden.

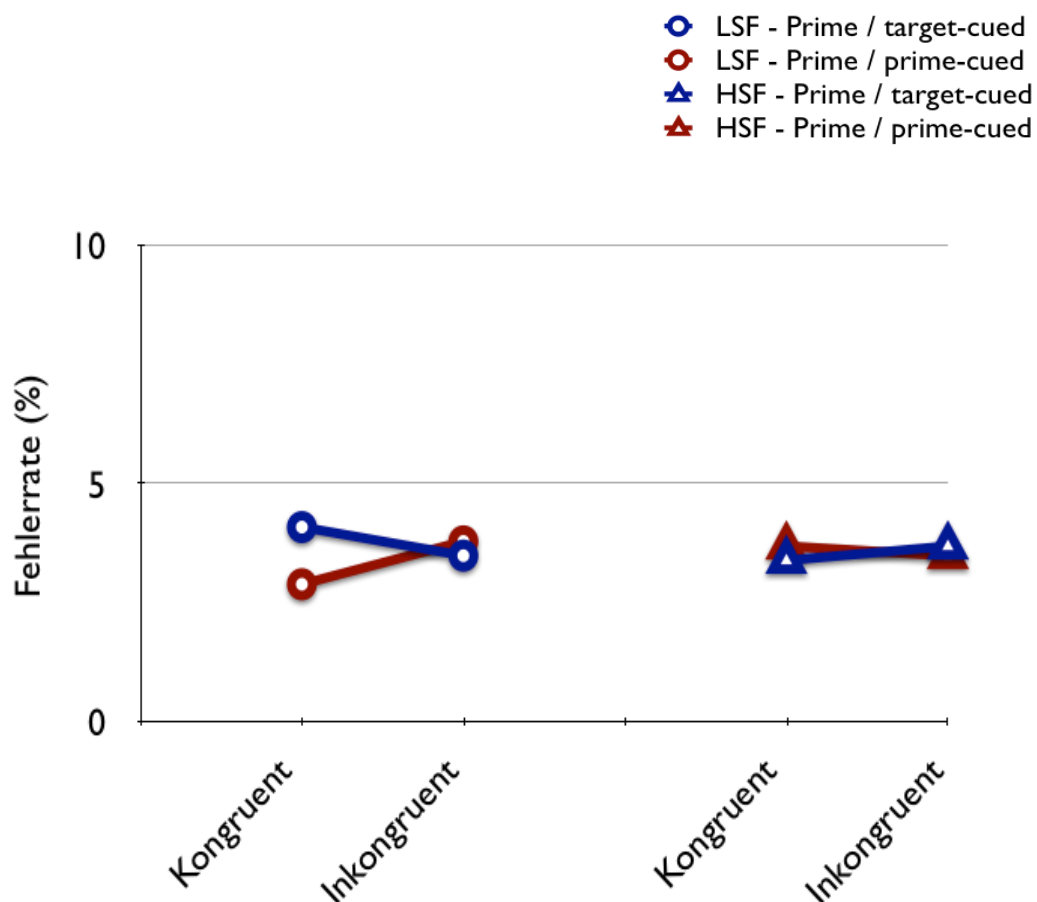


Abbildung 10. Die mittleren Fehlerraten in Prozent auf der Y-Achse als eine Funktion von Kongruenz (kongruent, inkongruent), Prime-Art (tiefpassgefiltert [LSF], hochpassgefiltert [HSF]), Cue-Art (Target-cued, Prime-cued) auf der X-Achse.

(LSF Primes = Kreissymbole; HSF Primes = Dreiecksymbole; Target-cued = blaue Linien; Prime cued = rote Linien).

Tabelle 2. mittlere Fehlerraten (FR) in Prozent für die einzelnen Bedingungen

Bedingungen			Fehlerraten (%)		
Primes	Cue Art	Kongruenz	Mittlere FR	Standardfehler	Kongruenz-Effekt
LSF	Target	Kongruent	4,1	0,6	-0,6
		Inkongruent	3,5	0,7	
	Prime	Kongruent	2,9	0,6	0,9
		Inkongruent	3,8	0,7	
HSF	Target	Kongruent	3,4	0,5	0,3
		Inkongruent	3,7	0,5	
	Prime	Kongruent	3,7	0,6	-0,2
		Inkongruent	3,5	0,6	

Anmerkungen. Der Kongruenzeffekt wurde als mittlere Fehlerrate in der inkongruenten Bedingung minus der mittleren Fehlerrate in der kongruenten Bedingung gerechnet.

Signifikante Kongruenzeffekte wurden mit dem Symbol * versehen.

3.3. Fülldurchgänge

Die als Targets verwendeten gefilterten Gesichtsprimes konnten von den TeilnehmernInnen sowohl in der hochpassgefilterten Bedingung ($M = 85.0\%$, $SE = 2.2$), $t(29) = 16.10$, $p < .001$, als auch in der tiefpassgefilterten Bedingung ($M = 78.5\%$, $SE = 2.1$), $t(29) = 13.38$, $p < .001$, erfolgreich bezüglich ihres Geschlechts bestimmt werden. Damit lag die Bestimmungsrate deutlich und signifikant höher als eine Bestimmung auf Basis des Zufallsniveaus (50%).

3.4. Analyse der Kongruenzeffekte in Abhängigkeit zur Reaktionsgeschwindigkeit

Um auszuschließen, dass abhängig von der Reaktionsgeschwindigkeit der TeilnehmerInnen zu den bisherigen Ergebnissen abweichende Kongruenzeffekte bestehen,

wurde die beschriebene omnibus ANOVA mit Reaktionsgeschwindigkeit als zusätzlichen Faktor wiederholt durchgeführt. Um diesen Faktor für die statistische Analyse zu generieren wurden die korrekten Reaktionszeiten aller Bedingungen von schnell nach langsam geordnet und in vier Quartile aufgeteilt.

Die Analyse offenbarte positive Kongruenzeffekte mit den tiefpassgefilterten Primes für alle vier Quartile, jedoch keine positiven Kongruenzeffekte mit den hochpassgefilterten Primes.

So zeigte diese Analyse abgesehen von den bereits beobachteten Ergebnissen keine weiteren signifikanten Effekte oder Interaktionen. Alle $F_s < 1.00$.

Die Kongruenzeffekte in Abhängigkeit der Quartile (Reaktionsgeschwindigkeit) können in Abbildung 11, die mittleren Reaktionszeiten in Tabelle 3 eingesehen werden.

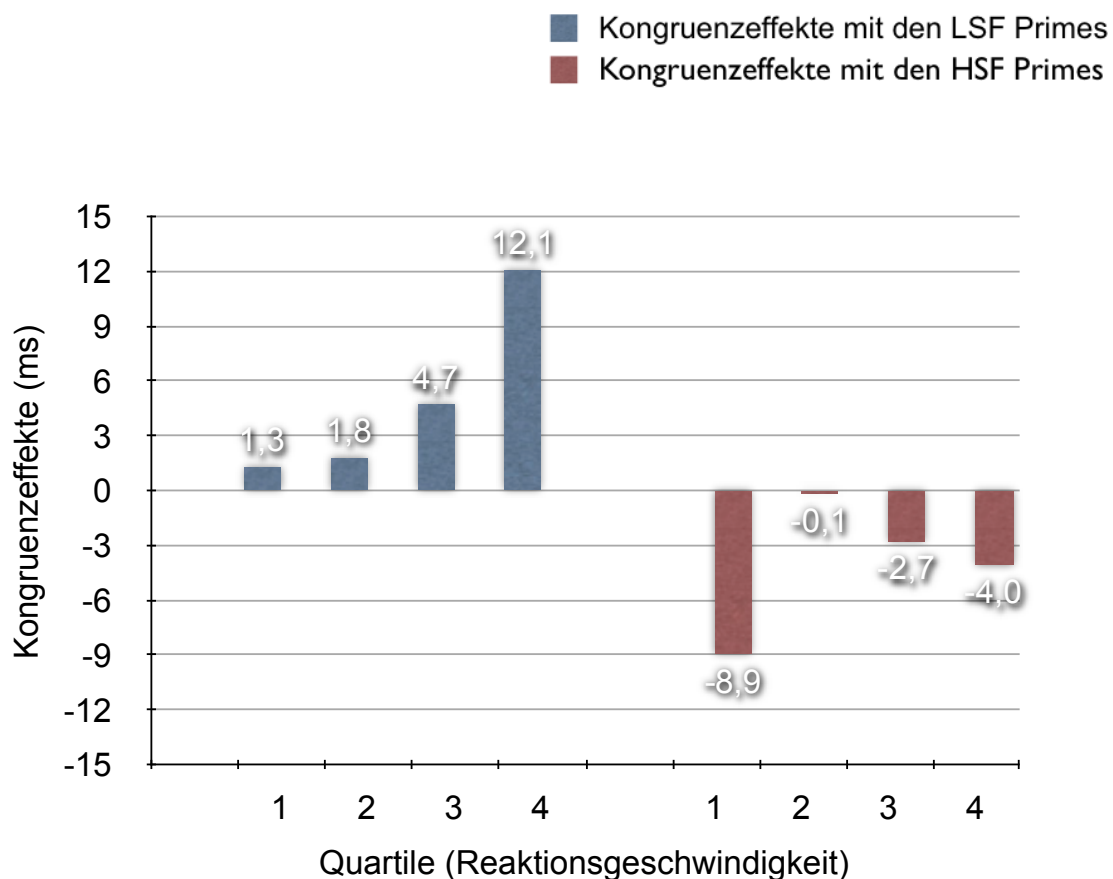


Abbildung 11. Die Kongruenzeffekte in Millisekunden auf der Y-Achse als eine Funktion der Quartile der Reaktionszeiten (1, 2, 3, 4) und der Prime Art (tiefpassgefiltert [LSF], hochpassgefiltert [HSF]). LSF Primes = blaue Balken, HSF Primes = rote Balken.

Tabelle 3. mittlere Reaktionszeiten (RZ) für die einzelnen Bedingungen

Primes	Quartil	Kongruenz	Mittlere RZ	Kongruenz-Effekt
LSF	1	Kongruent	425,4 ms	1,3 ms
		Inkongruent	426,7 ms	
	2	Kongruent	471,5 ms	1,8 ms
		Inkongruent	473,3 ms	
	3	Kongruent	511,9 ms	4,7 ms
		Inkongruent	516,6 ms	
	4	Kongruent	586,9 ms	12,1 ms
		Inkongruent	599 ms	
HSF	1	Kongruent	432,5 ms	-8,9 ms
		Inkongruent	423,6 ms	
	2	Kongruent	478,2 ms	-0,1 ms
		Inkongruent	478,1 ms	
	3	Kongruent	520 ms	-2,7 ms
		Inkongruent	517,3 ms	
	4	Kongruent	600,4 ms	-4 ms
		Inkongruent	596,4 ms	

Anmerkungen. Der Kongruenzeffekt wurde als mittlere Reaktionszeit in der inkongruenten Bedingung minus der mittleren Reaktionszeit in der kongruenten Bedingung gerechnet.

3.5. maskierte Primekategorisierung

Anhand der Leistungen der TeilnehmerInnen in der maskierten Primekategorisierungsaufgabe wurde die Sichtbarkeit der maskierten Prime unter der Zurhilfenahme der Signalentdeckungstheorie (Green & Swets, 1966) überprüft. Dazu wurde das Sensitivitätsmaß d' für eine Aussage über die Sichtbarkeit der Primes verwendet. d' wird dabei aus der Differenz von Trefferrate (hit rate) und Fehllalarmrate (false alarm rate) erstellt.

In der hier vorliegenden Untersuchung wurden die korrekten Reaktionen auf die männlichen Gesichtsprimes als Treffer und die falschen Reaktionen auf die weiblichen Gesichtsprimes als Fehlalarm gezählt. Mittels Subtraktion der z-transformierten Fehlalarmrate von der z-transformierten Trefferrate wurde d' erhalten. Dieses Sensitivitätsmaß wird im Fall einer Zufallsleistung gleich Null und erhöht sich gleichermaßen mit einer Erhöhung der TeilnehmerInnenleistung.

Anhand von Einstichproben-t-Tests konnte gezeigt werden, dass sich die mittleren d' s weder in der maskierten HSF target-cued Bedingung ($M = -0.01$), $t(29) = -0.06$, $p > .95$, noch in der maskierten HSF prime-cued Bedingung ($M = -0.10$), $t(29) = -1.12$, $p > .27$, signifikant von Null unterschieden.

Ebenso waren die mittleren d' s weder in der maskierten LSF Target-cued Bedingung ($M = -0.05$), $t(29) = -0.57$, $p > .57$, noch in der maskierten LSF Prime-cued Bedingung ($M = 0.10$), $t(29) = 1.42$, $p > .16$, signifikant von Null abweichend (siehe auch Tabelle 4).

Demnach zeigten die TeilnehmerInnen in allen der Bedingungen bei der Bestimmung der maskierten Primes eine Leistung auf dem Zufallsniveau und waren sich nicht über das Geschlecht der Primes bewusst, was die Nicht-Sichtbarkeit der maskierten Primes belegt.

Tabelle 4. Ergebnisse des Sichtbarkeitstests der maskierten Primes

Primes	Cue-Art	Mittlere d'	Standardfehler	t-Test gegen 0	Signifikanz (zweiseitig)
LSF	Target	-0,05	0,09	-0,57	0,57
	Prime	0,1	0,07	1,42	0,17
HSF	Target	-0,01	0,08	-0,06	0,96
	Prime	0,1	0,09	-1,11	0,28

Anmerkungen. Die Anzahl der Freiheitsgrade war für alle t-Tests 29.

3.6. unmaskierte Primekategorisierung

Im letzten Abschnitt der Untersuchung waren die TeilnehmerInnen sowohl in der Lage die unmaskierten hochpassgefilterten Primes ($M = 90.4\%$, $SE = 1.5$), $t(29) = 26.14$, $p < .001$, als auch die unmaskierten tiefpassgefilterten Primes ($M = 78.0\%$, $SE = 2.8$), $t(29) = 10.21$, $p < .001$, erfolgreich bezüglich ihres Geschlechts zu kategorisieren. Zudem zeigte sich, dass die Bestimmung der hochpassgefilterten Primes signifikant besser gelang als die Bestimmung der tiefpassgefilterten Primes, $t(29) = 5.43$, $p < .001$. Dies steht auch im Einklang mit der Annahme einer dominanten Rolle von Informationen mit hohen Ortsfrequenzen bei der bewussten Gesichtswahrnehmung (z. B. de Gardelle & Koudir, 2010).

4. Diskussion

Bei der hier durchgeführten Untersuchung, konnte durch die Verwendung eines Masked-Priming-Paradigma eindeutig die erwartete unbewusste Wahrnehmung der maskierten tiefpassgefilterten (LSF) Gesichtprimes bei der Geschlechtsbestimmung eines nachfolgenden, bewusst wahrnehmbaren Targets gezeigt werden.

Nachgewiesen wurde die Verarbeitung der maskierten tiefpassgefilterten Primes durch signifikant schnellere Reaktionszeiten in der kongruenten als in der inkongruenten Bedienung. Eine bewusste Wahrnehmung der maskierten Primes konnte dabei durch die belegte Nicht-Sichtbarkeit in der maskierten Primekategorisierungsaufgabe eindeutig ausgeschlossen werden.

Konform mit der von Finkbeiner und Palermo (2009) postulierten Annahme einer unbewussten Gesichtswahrnehmung unabhängig der räumlichen Aufmerksamkeit, konnten die Kongruenzeffekte mit den tiefpassgefilterten Gesichtprimes sowohl in der Target-cued als auch in der Prime-cued Bedienung bestätigt werden.

Mit den hochpassgefilterten (HSF) Gesichtprimes konnten hingegen keine Kongruenzeffekte erzielt werden. Demnach konnten die Inhalte aus hohen Ortsfrequenzen in dem hier verwendeten Untersuchungsdesign nicht für eine unbewusste Gesichtswahrnehmung genutzt werden und somit gezeigt werden, dass eine erfolgreiche Verarbeitung der maskierten Gesichtprimes eindeutig von der Art der enthaltenen Ortsfrequenzausprägung abhing.

Entgegen der von Finkbeiner und Palermo (2009) abgeleiteten Konklusion einer möglichen unbewussten Gesichtswahrnehmung über Inhalte aus hohen Ortsfrequenzen bei vorheriger Zuwendung der räumlichen Aufmerksamkeit, konnten für die hochpassgefilterten Gesichtprimes auch in der Prime-cued Bedienung keine Kongruenzeffekte nachgewiesen werden. Da die hochpassgefilterten Primes in unmaskierter Form erfolgreich bezüglich ihres Geschlechts bestimmt werden konnten, kann ein Mangel an geschlechtsrelevanter Informationen als Ursache für ein Ausbleiben des Kongruenzeffektes ausgeschlossen werden. Eine möglich Erklärung könnte hingegen sein, dass die im Untersuchungsdesign verwendete Präsentationsdauer der Gesichtprimes zu kurz war um den erwarteten Effekt von räumlicher Aufmerksamkeit auf eine unbewussten Gesichtswahrnehmung über Inhalte aus hohen Ortsfrequenzen zu verursachen. In gleicher Weise könnte auch der Intervall zwischen Cue und Prime zu kurz

gewesen sein, um den benötigten Effekt von räumlicher Aufmerksamkeit für auf hochfrequenten Inhalten basierende Kongruenzeffekte zu verursachen.

Nichtsdestoweniger stehen die ausschließlich mit den tiefpassgefilterten (LSF) Gesichtsprimes beobachteten Kongruenzeffekte sichtlich im Einklang mit der Annahme einer für niedrige Ortsfrequenzen selektiven subkortikalen Verarbeitungsrouten für die unbewusste Wahrnehmung von Gesichtern (z. B. Morris et al. 2001; Morris et al. 1999; Vuilleumier et al. 2003). So könnte die hier belegte unbewusste Wahrnehmung der tiefpassgefilterten Gesichtsprimes mittels schneller magnozeller Kanäle über subkortikale Gehirnregionen wie der Colliculi superiores oder dem Pulvinar erfolgt sein.

Entsprechend der Annahme einer Dualität in den Verarbeitungsrouten der Gesichtswahrnehmung (z. B. Garrido et al., 2012) konnten zudem die unmaskierten hochpassgefilterten (HSF) Gesichtsprimes besser als die unmaskierten tiefpassgefilterten Gesichtsprimes bestimmt werden. Dies steht im Einklang mit der Annahme einer dominanten Rolle von Informationen mit hohen Ortsfrequenzen bei der bewussten Gesichtswahrnehmung (z. B. de Gardelle & Koudir, 2010) und lässt die Vermutung zu, dass für die bewusste Wahrnehmung der Gesichtsprimes bei der unmaskierten Primekategorisierung eine kortikale Verarbeitungsrouten über, für Inhalte aus hohen Ortsfrequenzen sensible, parvozelluläre Kanäle die übergeordnete Rolle gespielt hat.

Jedoch sollten die Rückschlüsse durch die hier beobachteten Ergebnisse auf eine neurophysiologische Ebene aber auch nicht zu weit geführt werden.

So können aus den Ergebnissen, der nach dem theoretischen Wissen über die Funktionen und Eigenschaften der neurologischen Strukturen konzipierte Verhaltensstudie zwar Hinweise auf die zugrundeliegenden Gehirnstrukturen abgeleitet, aber nicht endgültig und zweifelsfrei nachgewiesen werden. Weiteren Aufschluss könnten diesbezüglich der zusätzliche Einsatz von bildgebenden Verfahren (z. B. fMRT) zudem hier verwendeten Untersuchungsdesign geben.

Des Weiteren stellt sich die Frage inwieweit die hier beobachteten Ergebnisse generell auf die unbewusste Gesichtswahrnehmung verallgemeinert werden können. So wurde Eingangs der theoretischen Herleitung dieser Studie (siehe 1.2.1.) bereits auf die Besonderheit eingegangen, dass die unterschiedlichen Arten von Informationen, die durch Gesichter vermittelt werden, scheinbar über funktional unterschiedliche neuronale Systeme verarbeitet werden (z. B. Kanwisher & Yovel, 2009). Folgt man der Quintessenz dieser Gegebenheit für die weitere Interpretation der hier erzielten Ergebnisse, dann ist es augenscheinlich, dass die hier gefundenen Belege über die Bedeutung niedriger

Ortsfrequenzen (LSF) für die unbewusste Gesichtswahrnehmung – aufgrund der gewählten Untersuchungsaufgabe (Geschlechtskategorisierung) – vorläufig nur auf die unbewusste Wahrnehmung des Geschlechts beschränkt sind.

Diese Besonderheit der Gesichtsverarbeitung kann auch erklären, dass de Gardelle und Koudir (2010) im Kontrast zu den hier erzielten Ergebnissen in einem Masked-Priming-Paradigma, das die Identifikation von Berühmtheiten als Aufgabe verwendete, auch die unbewusste Gesichtswahrnehmung auf alleiniger Basis von hohen Ortsfrequenzen (HSF) beobachten konnten. So könnte bei der Bestimmung des Geschlechts die konfigurale Verarbeitung von Gesichtern über niedrige Ortsfrequenzen eine größere Rolle spielen, wohingegen bei der Identifikation von Personen die genauere Verarbeitung lokaler Gesichtsmerkmale (z. B. Augen, Nase und Mund) über hohe Ortsfrequenzen von höherer Bedeutung sein könnte. Im Einklang mit dieser Annahme steht auch, dass die von de Gardelle und Koudir (2010) beobachteten Priming-Effekte mittels HSF-Primes mit dem Sichtbarkeitsgrad der Primes anstieg und dass die Verarbeitung der Identität vorrangig über den kortikalen fusiformen Gyrus, einschließlich der *fusiform face area* vermutet wird (Kanwisher, McDermott & Chun, 1997; Kanwisher & Yovel, 2009).

Zudem konnten Hinweise für die vorrangige Rolle von niedrigen Ortsfrequenzen bei der Geschlechtsbestimmung auch schon von Dereulle und Fagot (2005) und von Goffaux, Jemel, Jacques, Rossion und Schyns (2003) beobachtet werden.

Dementsprechend scheinen, die für die unbewusste Gesichtswahrnehmung verwendeten Ortsfrequenzen, auch erheblich von der vorliegenden Aufgabe abzuhängen. Dies entspricht auch dem von Schyns (1998) eingeführten Begriff der *diagnostic recognition*, dem nach bei einer Aufgabe die für die Wahrnehmung verwendeten Ortsfrequenzen auf die für die Lösung der Aufgabe benötigten Ortsfrequenzen beschränkt werden.

Ein weiterer Aspekt, der anhand der hier vorgenommenen Untersuchung diskutiert werden kann, ist die vorrangig beobachtete unbewusste Verarbeitung von Gesichtern, die Bedrohung oder Gefahr ausdrücken (z. B. Öhman, 2002; Vuilleumier, 2002; Vuilleumier et al. 2003) und die Autoren zu der Annahme gebracht hat, dass eine subkortikale visuelle Verarbeitungsrouten möglicherweise Bestandteil eines Gefahren-Entdeckungssystems ist, das durch die schnelle und automatische Entdeckung von potentiellen Gefährdungen in der Phylogenese des Menschen zu einem Überlebensvorteil geführt hat. Garrido et al. (2012) konnten dagegen zeigen, dass die subkortikale Gesichtsverarbeitung nicht auf

einen Gefahrenkontext beschränkt sein muss, sondern auch die schnelle Verarbeitung von Gesichtern mit neutralem und fröhlichem Ausdruck erklärt.

In der hier vorliegenden Untersuchung konnte die unbewusste Wahrnehmung des Geschlechts von Gesichtern mit neutralem emotionalen Ausdruck belegt werden, die möglicherweise über eine subkortikale Verarbeitungsrouten erfolgte.

Dies steht allerdings nicht zwingend im Widerspruch zu der Annahme, dass es sich bei dieser subkortikalen Verarbeitungsrouten um den Bestandteil eines phylogenetisch alten visuellen Verarbeitungssystems für überlebensrelevante Reize handelt. So könnte zum einen neben der Identifizierung von Gefahrenquellen auch die schnelle Kategorisierung des Geschlechts der eigenen Spezies in der stammesgeschichtliche Entwicklung von bedeutender Rolle gewesen sein. Zum anderen sei das Gesicht nach Palermo und Rhodes (2007) unabhängig von seinem spezifischen Emotionsausdruck immer ein salienter emotionaler Reiz, der die Unterscheidung von Freund und Feind, sowie die Ableitung wesentlicher Informationen für die soziale Interaktion erlaubt. Demnach seien auch Gesichter mit neutralem Ausdruck von emotionaler Bedeutung und könnten dementsprechend ebenso als saliente Reize über eine schnelle subkortikale Routen verarbeitet werden.

Schlussendlich konnte in dieser Diplomarbeit – auch unabhängig des möglichen evolutionären Ursprungs – die Bedeutung von Inhalten mit niedriger Ortsfrequenz für eine schnelle und unbewusste Gesichtswahrnehmung erbracht und so Rückschlüsse auf die zugrundeliegenden zerebralen Strukturen getätigt werden, die weitere Belege für die Beteiligung subkortikaler Regionen an der Gesichtsverarbeitung geliefert haben.

Da das Wissen über Struktur und Funktionsweise des Gehirns sowohl die Kenntnis über die menschliche Wahrnehmung, als auch über deren Störungen, sowie dem Zusammenhang zwischen Wahrnehmen und Handeln intensiviert, wird wohl auch in Zukunft die Identifizierung zugrundeliegender zerebraler Strukturen und Mechanismen für die Verarbeitung von Sinneseindrücken eine bedeutende Rolle in der psychologischen Wahrnehmungsforschung spielen.

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1.</i> Seitenansicht des menschlichen Gehirns mit vereinfachter Darstellung des „ <i>Retino-Geniculo-Striate System</i> “	11
<i>Abbildung 2.</i> Seitenansicht des menschlichen Gehirns mit vereinfachter Darstellung der Colliculi superiores im Mittelhirn	13
<i>Abbildung 3.</i> Prozentuelle Verteilung des Geschlechts der TeilnehmerInnen	22
<i>Abbildung 4.</i> Reizmaterial	26
<i>Abbildung 5.</i> Ortsfrequenzspektrum der gefilterten Gesichtsprimes in Log-log Plots	27
<i>Abbildung 6.</i> Pixelverteilung über die Graustufen für die gefilterten Gesichtsprimes	28
<i>Abbildung 7.</i> Zwei Beispieldurchgänge der Targetkategorisierungsaufgabe	31
<i>Abbildung 8.</i> Die mittleren Reaktionszeiten der Targetkategorisierungsaufgabe als eine Funktion von Kongruenz, Prime-Art und Cue-Art	34
<i>Abbildung 9.</i> Die mittleren Reaktionszeiten der Targetkategorisierungsaufgabe als eine Funktion von Cue-Art	36
<i>Abbildung 10.</i> Die mittleren Fehlerraten der Targetkategorisierungsaufgabe als eine Funktion von Kongruenz, Prime-Art und Cue-Art	38
<i>Abbildung 11.</i> Die Kongruenzeffekte in Millisekunden als eine Funktion der Reaktionszeiten und der Prime Art	40

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1.</i> Die mittleren Reaktionszeiten für die einzelnen Bedingungen der Targetkategorisierungsaufgabe	35
<i>Tabelle 2.</i> Die mittleren Fehlerraten für die einzelnen Bedingungen der Targetkategorisierungsaufgabe	39
<i>Tabelle 3.</i> Die mittleren Reaktionszeiten für die einzelnen Bedingungen der Analyse der Kongruenzeffekte in Abhängigkeit zur Reaktionsgeschwindigkeit	41
<i>Tabelle 4.</i> Ergebnisse des Sichtbarkeittests der maskierten Primes	42

Abkürzungsverzeichnis

CGL =	Corpus geniculatum laterale
DTI =	Diffusions-Tensor-Bildgebung (<i>aus dem Englischen für diffusion tensor imaging</i>)
EKP =	ereigniskorrelierte Potentiale
fMRT =	funktionelle Magnetresonanztomographie
FFA =	fusiform face area (<i>Region im fusiformen Gyrus</i>)
FR =	Fehlerrate
HSF =	hohe Ortsfrequenz (<i>aus dem Englischen für high spatial frequency</i>)
Hz =	Hertz (<i>Einheitszeichen für die Frequenz</i>)
LSF =	niedrige Ortsfrequenz (<i>aus dem Englischen für low spatial frequency</i>)
M=	Mittelwert
ms =	Millisekunden
OFA =	occipital face area (<i>Region des okzipitalen Gyrus</i>)
RAM =	Speicher mit direktem Zugriff (<i>aus dem Englischen für random access memory</i>)
RZ =	Reaktionszeiten
SE=	Standardfehler (<i>aus dem Englischen für standard error</i>)
STS =	Sulcus temporalis superior

Literaturverzeichnis

Awasthi, B., Friedman, J. & Williams, M. A. (2011a). Faster, stronger, lateralized: Low spatial frequency information supports face processing. *Neuropsychologia*, 49, 3583–3590.

Awasthi, B., Friedman, J. & Williams, M. A. (2011b). Processing of low spatial frequency faces at periphery in choice reaching tasks. *Neuropsychologia*, 49, 2136–2141.

Awasthi, B., Friedman, J. & Williams, M. A. (2012). Reach trajectories reveal delayed processing of low spatial frequency faces in developmental prosopagnosia. *Cognitive Neuroscience*, 3, 120–130.

Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A. (2007). *Neuroscience: Exploring the brain* (3rd edition). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

Bobes, M. A., Martin, M., Olivares, E. & Valdés-Sosa, M. (2000). Different scalp topography of brain potentials related to expression and identity matching of faces. *Cognitive Brain Research*, 9, 249–260.

De Gardelle, V. & Kouider, S. (2010). How spatial frequencies and visual awareness interact during face processing. *Psychological Science*, 21, 58–66.

De Gelder, B., Frissen, I., Barton, J. & Hadjikhani, N. (2003). A modulatory role for facial expressions in prosopagnosia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100, 13105–13110.

De Gelder, B., Vroomen, J., Pourtois, G. & Weiskrantz, L. (1999): Non-conscious recognition of affect in the absence of striate cortex. *NeuroReport*, 10, 3759–3763.

Dehaene, S., Naccache, L., Le Clec'H, G., Koechlin, E., Mueller, M., Dehaene-Lambertz, G et al. (1998). Imaging unconscious semantic priming. *Nature*, 395, 597–600.

Deruelle, C. & Fagot, J. (2005). Categorizing facial identities, emotions, and genders: Attention to high- and low-spatial frequencies by children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 90, 172–184.

Finkbeiner, M. & Palermo, R. (2009). The role of spatial attention in nonconscious processing: A comparison of face and nonface stimuli. *Psychological Science*, 20, 42–51.

Forster, K. I. & Davis, C. (1984). Repetition priming and frequency attenuation in lexical access. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 680–698.

Füxl, B. (2011). *Die Wirkung tiefpassgefilterter unbewusster Gesichter auf die Geschlechtsklassifikation sichtbarer Gesichter*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.

Garrido, M. I., Barnes, G. R., Sahani, M. & Dolan, R. J. (2012). Functional evidence for a dual route to amygdala. *Current Biology*, 22, 129–134.

Goffaux, V., Hault, B., Michel, C., Vuong, Q. C. & Rossion, B. (2005). The respective role of low and high spatial frequencies in supporting configural and featural processing of faces. *Perception*, 34, 77–86.

Goffaux, V., Jemel, B., Jacques, C., Rossion, B. & Schyns, P. G. (2003). ERP evidence for task modulations on face perceptual processing at different spatial scales. *Cognitive Science*, 27, 313–325.

Goldstein, B. (2002). *Wahrnehmungspsychologie*. Heidelberg: Akademischer Verlag. (Original erschienen 2002: *Sensation and Perception*, 6th edition.).

Gonzalez, R. C., Woods, R. E. & Eddins, S. L. (2004). *Digital Image Processing Using MATLAB*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Green, D. M. & Swets J. A. (1966). *Signal Detection Theory and Psychophysics*. New York: John Wiley & Sons.

Johnson, M. H. (2005). Subcortical face processing. *Nature Neuroscience Reviews*, 6, 766–774.

Kaiser, J. A. (2012). *Die Grenzen des Unbewussten*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.

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*, 17, 4302–4311.

Kanwisher, N. & Yovel, G. (2009). Face Perception. In J. T. Cacioppo & G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of neuroscience for the behavioral sciences* (pp. 841–856). New Jersey: J. Wiley and Sons.

Khalid, S., Finkbeiner, M., König, P. & Ansorge, U. (in press). Subcortical human face processing: Evidence from masked priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. (2012).

Kiefer, M., Ansorge, U., Haynes, J. D., Hamker, F., Mattler, U., Verleger, R. et al. (2011). Neuro-cognitive mechanisms of conscious and unconscious visual perception: From a plethora of phenomena to general principles. *Advances in Cognitive Psychology*, 7, 55–67.

Klotz, W. & Wolff, P. (1995). The effect of a masked stimulus on the response to the masking stimulus. *Psychological Research*, 58, 92–101.

Lamme, V. A. F. (2007). Why visual attention and awareness are different. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 12–18.

Le Gal, P. M. & Bruce, V. (2002). Evaluating the independence of sex and expression in judgements of faces. *Perception and Psychophysics*, 64, 230–243.

Livingstone, M. & Hubel, D. (1988). Segregation of form, color, movement, and depth: Anatomy, physiology, and perception. *Science*, 240, 740–749.

Lundqvist, D., Flykt, A. & Öhman, A. (1998). *The Karolinska Directed Emotional Faces—KDEF* [CD ROM]. Stockholm: Karolinska Institutet, Department of Clinical Neuroscience, Psychology Section.

Mattler, U. (2003). Priming of mental operations by masked stimuli. *Perception & Psychophysics*, 65, 167–187.

Morris, J. S., de Gelder, B., Weiskrantz, L. & Dolan, R. J. (2001). Differential extrageniculostriate and amygdala responses to presentation of emotional faces in a cortically blind field. *Brain*, 124, 1241–1252.

Morris, J. S., Öhman, A. & Dolan, R. J. (1999). A subcortical pathway to the right amygdala mediating “unseen” fear. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 96, 1680–1685.

Öhman, A. (2002). Automaticity and the amygdala: Nonconscious responses to emotional faces. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 62–66.

Palermo, R. & Rhodes, G. (2007). Are you always on my mind? A review of how face perception and attention interact. *Neuropsychologia*, 45, 75–92.

Pegna, A. J., Khateb, A., Michel, C. M. & Landis, T. (2004). Visual recognition of faces, objects, and words using degraded stimuli: Where and when it occurs. *Human Brain Mapping*, 22, 300–311.

Rousselet, G. A., Mace', M. J. M. & Fabre-Thorpe, M. (2003). Is it an animal? Is it a human face? Fast processing in upright and inverted natural scenes. *Journal of Vision*, 3, 440–455.

Schyns, P. G. (1998). Diagnostic recognition: Task constraints, object information, and their interactions. *Cognition*, 67, 147–179.

Schyns, P. G. & Oliva, A. (1994). From blobs to boundary edges: Evidence for time- and spatial-scale-dependent scene recognition. *Psychological Science*, 5, 195–200.

Tamietto, M., Cauda, F., Latini-Corazzini, L., Savazzi, S., Marzi, C. A., Goebel, R. et al. (2009). Collicular vision guides nonconscious behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22, 888–902.

Tamietto, M. & de Gelder, B. (2010). Neural bases of the non-conscious perception of emotional signals. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 697–709.

Tamietto, M., Pullens, P., de Gelder, B., Weiskrantz, L. & Goebel, R. (2012). Subcortical connections to human amygdala and changes following destruction of the visual cortex. *Current Biology*, 22, 1449–1455.

Vuilleumier, P. (2000). Faces call for attention: Evidence from patients with visual extinction. *Neuropsychologia*, 38, 693–700.

Vuilleumier, P. (2002). Facial expression and selective attention. *Current Opinion in Psychiatry*, 15, 291–300.

Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J. & Dolan, R. J. (2003). Distinct spatial frequency sensitivities for processing faces and emotional expressions. *Nature Neuroscience*, 6, 624–631.

Vuilleumier, P. & Sagiv, N. (2001). Two eyes make a pair: Facial organization and perceptual learning reduce visual extinction. *Neuropsychologia*, 39, 1144–1149.

Wisseler, M. (2011). *The mystery of unconscious vision*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.

Wojciulik, E., Kanwisher, N. & Driver, J. (1998). Covert visual attention modulates face-specific activity in the human fusiform gyrus: fMRI study. *Journal of Neurophysiology*, 79, 1574–1578.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Ich versichere, dass ich die Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe und dass ich diese Diplomarbeit bisher weder im In- oder Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, 2013

Julian Brähler

Lebenslauf

Name: Julian Brähler
Geburtsdatum: 22/07/1984
Nationalität: Deutsch

Studium und schulische Ausbildung

Seit 10/2008	Universität Wien Diplomstudium: Psychologie Absolvierung des 2.Abschnitts
10/2005 – 07/2008	Leopold-Franzens Universität Innsbruck Diplomstudium: Psychologie Absolvierung des 1.Abschnitts
08/1998 – 04/2004	Bettina Gymnasium in Frankfurt, Deutschland Schulabschluss: Allgemeine Hochschulreife
08/1995 – 07/1998	Kurt-Schumacher Gymnasium in Karben, Deutschland
08/1991 – 07/1995	Fritz-Erler Grundschule in Wöllstadt, Deutschland

Berufserfahrung

02/2012 – 04/2012 **Context Impulse am Arbeitsmarkt GmbH**, Wien

10/2009 – 12/2010 **A&O Hostel**, Wien

09/2004 – 05/2005 **Forschungsinstitut Senckenberg**, Frankfurt

Sprachkenntnisse

Deutsch (Muttersprache)

Englisch (fließend in Wort und Schrift)

Latein (Latinum)