

Charakteristika und zeitliche Merkmale des Blickrichtungsnacheffekts

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Akademischen Grades
eines Dr. phil.

vorgelegt dem Fachbereich 02
Sozialwissenschaften, Medien und Sport
der Johannes Gutenberg-Universität
Mainz

von
Dipl.-Psych. Yvonne Wiepen
aus Dortmund

Mainz 2012

Tag des Prüfungskolloquiums: 9. Juni 2011

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	9
1 Einführung	11
1.1 Blickrichtung und Blickwahrnehmung	11
1.2 Neuronale Grundlagen der Blickwahrnehmung	18
1.2.1 Blickwahrnehmung bei Primaten	18
1.2.2 Menschliche Blickwahrnehmung	24
1.3 Visuelle Adaptation	31
1.3.1 Grundlagen der Adaptation	31
1.3.2 Adaptation an Basismerkmale	33
1.3.3 Adaptation an komplexe Stimuli	37
1.3.4 Funktionalität von Adaptation	42
1.4 Der Blickrichtungsnacheffekt	43
1.4.1 Beschreibung des Blickrichtungsnacheffekts	43
1.4.2 Neuronale Grundlagen des Blickrichtungsnacheffekts	46
1.4.3 Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts	49
1.4.4 Mehr-Kanal-Modell der Blickwahrnehmung	50
1.5 Experimentelle Fragestellungen und Struktur des empirischen Teils	53
2 Methode	55
2.1 Stimuli	55
2.1.1 Reizmaterial	55
2.1.2 Erstellung des Reizmaterials	55
2.2 Prozedur	58
2.3 Apparatur	60

2.4	Aufgabenstellung	60
2.5	Abhängige Variable und Datenpräsentation	61
3	Experiment 1: Notwendigkeit der Adaptationsphase	65
3.1	Experimentelles Rational	65
3.2	Methode	66
3.2.1	Versuchspersonen	66
3.2.2	Prozedur	67
3.3	Ergebnisse	68
3.3.1	Deskriptive Darstellungen und Statistiken	69
3.3.2	Varianzanalyse	72
3.3.3	Veränderung der Tuning-Kurve nach der Induktion des Blickrichtungsnacheffekts	76
3.4	Diskussion	80
4	Screening-Experiment: Äquivalenz der beiden Adaptationsrichtungen	83
4.1	Experimentelles Rational	83
4.2	Methode	84
4.2.1	Versuchspersonen	84
4.2.2	Prozedur	84
4.3	Ergebnisse	85
4.3.1	Deskriptive Darstellung	85
4.3.2	Varianzanalyse	86
4.4	Diskussion	88
5	Experiment 2: Variation der Darbietungszeit des Adaptationsreizes	91
5.1	Experimentelles Rational	91
5.2	Methode	91
5.2.1	Versuchspersonen	91
5.2.2	Prozedur	92
5.3	Ergebnisse	92
5.3.1	Deskriptive Darstellung	93
5.3.2	Varianzanalyse	95
5.3.3	Zeitliche Entwicklung des Blickrichtungsnacheffekts	97

5.4	Diskussion	100
6	Experiment 3: Wechsel der Adaptationsrichtung von Trial zu Trial	103
6.1	Experimentelles Rational	103
6.2	Methode	104
6.2.1	Versuchspersonen	104
6.2.2	Prozedur	104
6.3	Ergebnisse	105
6.3.1	Vorangestellte Analyse	105
6.3.2	Deskriptive Darstellung	108
6.3.3	Varianzanalyse	109
6.3.4	Deskriptiver Vergleich der Induktionsarten des Blickrichtungsnach- effekts	112
6.4	Diskussion	116
7	Experiment 4: Zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts	119
7.1	Experimentelles Rational	119
7.2	Methode	120
7.2.1	Versuchspersonen	120
7.2.2	Prozedur	120
7.3	Ergebnisse	122
7.3.1	Vorangestellte Analyse	122
7.3.2	Deskriptive Darstellung der Ergebnisse	124
7.3.3	Deskriptive Darstellung der zeitlichen Rückbildung des Blickrich- tungsnacheffekts	125
7.4	Diskussion	128
8	Allgemeine Diskussion	131
8.1	Induktion und Charakteristika des Blickrichtungsnacheffekts	131
8.2	Zeitliche Eigenschaften des Blickrichtungsnacheffekts	134
8.3	Visuelle Repräsentation von Blicken: Zwei-Kanal-Modell versus Mehr- Kanal-Modell	136
8.4	Zusammenfassung (gemäß § 22 (5) der Promotionsordnung)	141
	Literaturverzeichnis	143

Abbildungsverzeichnis

1.1	Morphologie des Auges bei menschlichen und nicht-menschlichen Primaten	13
1.2	Ergebnisse der Studie von Langton et al. (1999)	14
1.3	Ergebnisse der Studie von Itier et al. (2007)	17
1.4	Reizmaterial in der Studie von van Grünau et al. (1995)	18
1.5	Nachbildung der Ergebnisse von Perrett et al. (1985)	21
1.6	Zeitliche Dynamik der Neurone im STS	23
1.7	Modell der Gesichterwahrnehmung nach Haxby et al. (2002)	26
1.8	Lage des Sulcus temporalis superior im Kortex	27
1.9	Typische Potentialsequenz im ERP bei der Gesichterdarbietung	30
1.10	Der Orientierungsnacheffekt	34
1.11	Stärke des Nacheffekts in Abhängigkeit vom Adaptationsreiz	36
1.12	Der Einfluss von Adaptation auf das Tuning kortikaler Neurone	37
1.13	Gesichternacheffekt bezogen auf das Merkmal Geschlecht	40
1.14	Darstellung der Ergebnisse von Jenkins et al. (2006)	45
1.15	Darstellung der Ergebnisse von Seyama (2006)	47
2.1	Darstellung des Reizmaterials	56
2.2	Erstellung des Reizmaterials	57
2.3	Darstellung der Trialabläufe in den verschiedenen Experimentalphasen	59
3.1	Darstellung der Trialabläufe im ersten Experiment	68
3.2	Deskriptive Darstellung der Ergebnisse im ersten Experiment	70
3.3	Darstellung der relativen Verteilung der Antworten im ersten Experiment	71
3.4	Darstellung der Normalverteilungsplots im ersten Experiment	73
3.5	Darstellung der Differenzwerte im ersten Experiment	74
3.6	Darstellung der Tuning-Kurven im ersten Experiment	78
4.1	Darstellung der Trialabläufe im Screeningexperiment	85

4.2	Deskriptive Darstellung der Ergebnisse im Screeningexperiment	87
4.3	Darstellung der Differenzwerte im Screeningexperiment	88
5.1	Darstellung der Trialabläufe im zweiten Experiment	93
5.2	Deskriptive Darstellung der Ergebnisse im zweiten Experiment	94
5.3	Darstellung der Differenzwerte im zweiten Experiment	96
5.4	Zeitliche Entwicklung des Blickrichtungsnacheffekts	99
6.1	Darstellung des Designs und des Trialablaufs im dritten Experiment	106
6.2	Deskriptive Darstellung der Ergebnisse im dritten Experiment	110
6.3	Darstellung der Differenzwerte im dritten Experiment	111
6.4	Vergleich der Stärke des Blickrichtungsnacheffekts im zweiten und dritten Experiment - Anteil der „geradeaus“-Antworten	113
6.5	Vergleich der Stärke des Blickrichtungsnacheffekts im zweiten und dritten Experiment - Differenzwerte	114
7.1	Darstellung des Experimentaldesigns im vierten Experiment	121
7.2	Deskriptive Darstellung der Ergebnisse von Pretest und TopUp-Phase im vierten Experiment	125
7.3	Zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts	127

Tabellenverzeichnis

2.1	Darstellung der Rechts-/Links- Verwechslungen in den einzelnen Experimenten	62
3.1	Ergebnisse der Varianzanalyse im ersten Experiment	74
3.2	Darstellung der A-priori-Kontraste in Experiment 1	79
4.1	Ergebnisse der Varianzanalyse des Screeningexperiments	88
5.1	Ergebnisse der Varianzanalyse des zweiten Experiments	96
6.1	Ergebnisse der vorgeschalteten Varianzanalyse im dritten Experiment	108
6.2	Ergebnisse der Varianzanalyse im dritten Experiment	111
6.3	Ergebnisse des Scheffe-Tests im dritten Experiment	112
6.4	Deskriptive Darstellung der Anteile am Gesamteffekt bei kurzfristiger und langfristiger Einwirkung	115
7.1	Ergebnisse der vorgeschalteten Varianzanalyse im vierten Experiment	123

1 Einführung

1.1 Blickrichtung und Blickwahrnehmung

Der Blickkontakt ist ein wichtiger Hinweisreiz in der menschlichen Kommunikation. Seine Funktion wird in vielen alltäglichen Situationen deutlich. Ist man beispielsweise in der Stadt Münster mit dem Fahrrad unterwegs, kann man sich beim Überqueren einer Kreuzung meist darauf verlassen, dass Münsteraner Autofahrer auf kommende Radfahrer achten. Sitzt in dem Auto aber eine ortsfremde Person, für die Radfahrer im Stadtverkehr nicht alltäglich sind, ist es ratsam, Blickkontakt zum Autofahrer aufzubauen. Kommt dieser zustande, weiß der Radfahrer, dass der Autofahrer ihn gesehen hat und er weiterfahren kann. Kommt kein Blickkontakt zustande, muss man als Radfahrer vorsichtig sein und auf weitere Reaktionen des Autofahrers achten. Die Fähigkeit, die Richtung des Blickes einer anderen Person einzuschätzen, ist nicht nur im Straßenverkehr von Relevanz. Ganz allgemein betrachtet ist die Blickrichtung ein wichtiges soziales Signal und kann verschiedene Bedeutungen haben (Emery, 2000). Dabei wird zwischen einem geradeaus gerichteten und einem abgewandten Blick unterschieden. Ein direkter Blickkontakt bedeutet, im Aufmerksamkeitsfokus des Gegenübers zu stehen und kann eine Bedrohung (Feind) oder eine wohlwollende Annäherung (Freund) signalisieren. Im Tierreich ist eine frühe Funktion der Blickwahrnehmung die Entdeckung von Fressfeinden (Macrae, Hood, Milne, Rowe & Mason, 2002). Dabei gilt das Anstarren bei den meisten Arten als Zeichen der Bedrohung. Nach der Wahrnehmung eines Blickes kommt die Identifikation der Bedeutung des Blickes zum Tragen. Wichtig ist dafür die Enkodierung zusätzlicher Informationen, wie z.B. des emotionalen Gehalts des Gesichtsausdrucks (vgl. Adams & Kleck, 2003). Ein direkter Blick in Kombination mit einem freundlichen Gesichtsausdruck wird typischerweise als positive Kontaktaufnahme verstanden. Ein abgewandter Blick hingegen kann Abwendung oder Vermeidung signalisieren. Zudem liefert ein abgewandter Blick Informationen darüber, wohin die Aufmerksamkeit des Gegenübers gerichtet ist. Nach Kleinke (1986) hat Blickverhalten verschiedene weitere Funktionen. Über Blicke werden Interaktionen regu-

1 Einführung

liert und Intimität ausgedrückt. Befunde zeigen, dass Menschen sich signifikant häufiger anschauen, wenn sie Zuneigung füreinander empfinden (Patterson, 1982). Des Weiteren kann über den Blick soziale Kontrolle ausgeübt werden. Über einen länger andauernden direkten Blick mit der entsprechenden Mimik kann in einer Interaktion beispielsweise Dominanz ausgedrückt werden. Ausgehend von der hohen Relevanz des Blickverhaltens in der menschlichen Kommunikation werden im Folgenden weitere Forschungsergebnisse zum Bereich der Blickwahrnehmung berichtet.

Nach Emery hat sich evolutionär mit der Zunahme von sozialer Interaktion bei Primaten auch die Relevanz visueller Signale erhöht. Nur Primaten haben die Fähigkeit, komplexe visuelle Signale zu nutzen und deren verschiedene Bedeutungen zu enkodieren. Kobayashi und Kohshima (1997) beschäftigten sich in ihrer Untersuchung mit der Frage, ob die Wahrnehmung von Blicken eine typische menschliche Eigenschaft ist. Dafür verglichen sie den Aufbau des Auges beim Menschen mit dem bei anderen Primaten. Obwohl bei Primaten die Größe der Augen variieren kann, wies die tatsächliche Morphologie des Auges keine Unterschiede auf. Bei allen Primaten besteht das Auge aus der dunklen Iris und einer weißen oder hellbraunen, die Iris umgebende, Sklera. Die Auswertung zeigte jedoch, dass das menschliche Auge den größten Anteil an sichtbarer weißer Sklera aufweist (siehe Abbildung 1.1). Im Gegensatz dazu nimmt bei anderen Primaten die Iris den größten sichtbaren Anteil des Auges ein. Die Autoren gehen davon aus, dass dadurch die Morphologie des menschlichen Auges Blickbewegungen schneller erkannt werden können. Zudem ist es durch eine bessere Wahrnehmbarkeit der Augenstellung einfacher möglich, komplexe soziale Signale zu kommunizieren. Durch das Verhältnis von Sklera und Iris ist es Menschen möglich zu erkennen, wohin die Aufmerksamkeit des Gegenübers gerichtet ist. Zudem können sie Hypothesen über den mentalen Zustand des Gegenübers aufstellen. Diese Fähigkeit besitzen andere Primaten nicht (Heyes, 1998).

Verschiedene Forschergruppen untersuchten die Diskrimination von Blicken bei Neugeborenen und Kleinkindern, um Aufschlüsse über die Entwicklung der Blickwahrnehmung beim Menschen zu erhalten (D'Entremont, Hains & Muir, 1997; Vecera & Johnson, 1995). Batki, Baron-Cohen, Wheelwright, Connellan und Ahluwalia (2000) konnten zeigen, dass Neugeborene Bilder eines Gesichtes mit einem geradeaus gerichteten Blick signifikant länger betrachten als mit geschlossenen Augen. Schon Kleinkinder im Alter von vier Monaten können zwischen geradeaus gerichtetem und abgewandtem Blick unterscheiden und folgen mit ihrem Blick der Blickrichtung einer anderen Person (D'Entremont et al., 1997). Farroni, Csibra, Simion und Johnson (2002) boten 2-5 Tage alten Säuglingen

1.1 Blickrichtung und Blickwahrnehmung

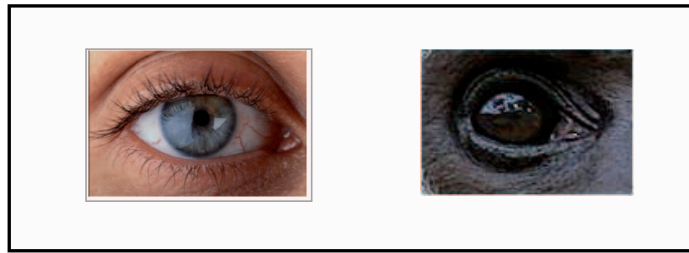


Abbildung 1.1: Unterschiede in der Morphologie des Auges beim Menschen und anderen Primaten. Links ist ein menschliches Auge abgebildet, rechts das eines Affen. Beim menschlichen Auge ist der sichtbare Anteil der hellen Lederhaut (Sklera) besonders hoch.

gleichzeitig zwei Bilder des selben Gesichtes dar. Auf einem der Bilder war der Blick abgewandt, auf dem anderen geradeaus gerichtet. Gemessen wurde die Zeit, die Säuglinge das jeweilige Bild fixierten. Die Auswertung ergab, dass Säuglinge länger Bilder mit direktem Blick als mit abgewandtem Blick anschauten. Auch richteten sie ihre Aufmerksamkeit signifikant schneller zu dem Bild mit dem direkten Blick. Die Befunde sprechen dafür, dass die Diskrimination von Blicken beim Menschen von Geburt an entwickelt ist und die Unterscheidung zwischen direktem und abgewandtem Blick früh möglich ist.

Ein wichtiger Aspekt der Blickwahrnehmung ist die Aufmerksamkeitslenkung durch abgewandte Blicke. Unterhalten sich beispielsweise in einer kleinen Gruppe mehrere Personen miteinander, kann man durch die Beobachtung der Blickbewegung herausfinden, mit wem eine bestimmte Person spricht. Da die Diskrimination der Blickrichtung in der menschlichen Kommunikation von großer Bedeutung ist, finden sich in der Forschung viele Untersuchungen zum diesem Thema (Bayliss & Tipper, 2006; Driver, Davis & Ricciardelli, 1999; Friesen & Kingstone, 1998; M. W. Hoffman, Grimes, Shon & Rao, 2006; Kato et al., 2001; Ricciardelli, Bricolo, Aglioti & Chelazzi, 2002; Schuller & Rossion, 2001). Bei der Veränderung von Aufmerksamkeit durch Blicke unterscheidet man zwischen geteilter Aufmerksamkeit und „joint attention“ (Emery, 2000). Von joint attention spricht man, wenn zwei Personen ihre Aufmerksamkeit auf dasselbe Objekt, z.B. eine dritte Person oder einen Gegenstand, richten. Dabei muss einer der Beiden auf den Gegenstand aufmerksam geworden sein, indem er beobachtet hat, wohin die andere Person ihre Aufmerksamkeit richtet. Bei der geteilten Aufmerksamkeit ist die Aufmerksamkeit zweier Personen auf ein Objekt gerichtet und beide Personen sind sich dessen bewusst. Es zeigte sich, dass Blickrichtungscues eine schnelle und reflexhafte Verschiebung der Aufmerksamkeit auslösen. In ihrer

1 Einführung

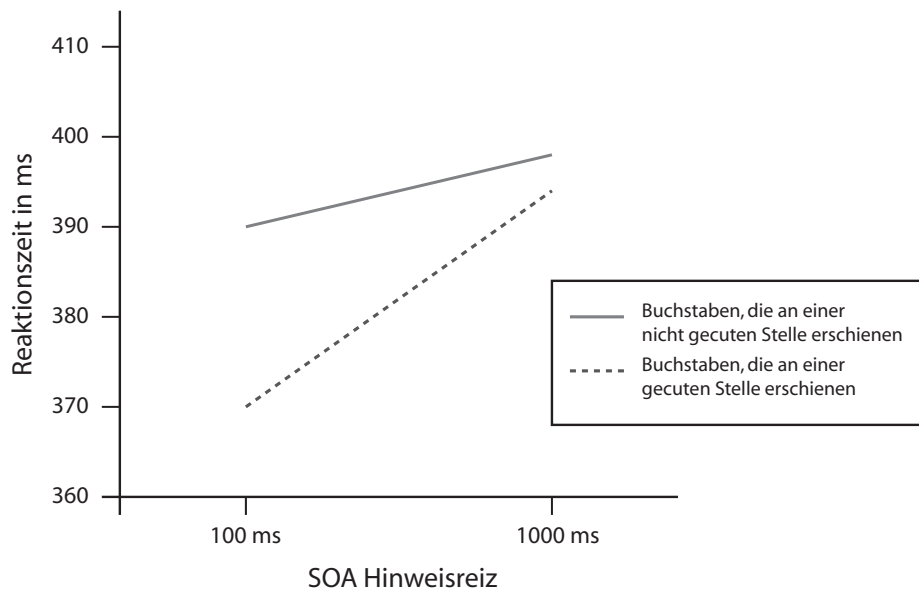


Abbildung 1.2: Nachbildung der Ergebnisse von Langton et al. (1999). Auf der y-Achse ist die Reaktionszeit abgetragen. Auf der x-Achse ist die kurze und die lange Bedingung kodiert. Die durchgezogene Linie gibt die Ergebnisse für Trials wieder, in denen der Buchstabe (Target) an einer nicht gecuten Stelle erschien. Die gestrichelte Linie zeigt die Reaktionszeiten für Trials in denen der Buchstabe an einer gecuten Stelle sichtbar wurde.

Studie ließen Langton und Bruce (1999) Probanden immer dann eine Taste drücken, wenn auf dem Bildschirm an einer von vier vorgegebenen Positionen ein Buchstabe erschien. Vor der Darbietung des Buchstabens (100 ms vs. 1000 ms) wurde in der Mitte des Bildschirms der Kopf einer Person dargeboten, der in eine der vier möglichen Zielpositionen schaute. Der Buchstabe erschien randomisiert mal an einer, durch die Kopf- und Blickrichtung, „gecuten“ Stelle und mal an einer „nicht gecuten“ Position. Somit war dieser Hinweisreize für die Lösung der Aufgabe uninformativ. Gemessen wurde die Reaktionszeit der Antwort (siehe Abbildung 1.2). Die Auswertung ergab, dass für die kürzere Bedingung der Buchstabe signifikant schneller entdeckt wurde, wenn seine Position dem Hinweisreiz entsprach. Für die lange Bedingung zeigte sich dieser Effekt nicht. Es fand sich also eine Verschiebung der Aufmerksamkeit in der kurzen Bedingung, wenn der Richtungsreize mit der Position des Buchstaben übereinstimmte. Die Autoren gehen davon aus, dass in der langen Bedingung genug Zeit vorhanden ist, die Aufmerksamkeit nach der initialen Verschiebung wieder zum Fixationspunkt in der Mitte des Bildschirms zurückzuführen. Deshalb zeigte sich hier kein

1.1 Blickrichtung und Blickwahrnehmung

Unterschied zwischen den Bedingungen. Zu den selben Befunden kamen auch Driver et al. (1999), Friesen und Kingstone (1998) und Sato, Okada und Toichi (2007). In weiteren Experimenten zeigte sich, dass selbst wenn die Probanden darüber informiert waren, dass die Blickrichtung irrelevant war, sie ihre Aufmerksamkeit in die durch den Blick angezeigte Richtung lenkten (Langton & Bruce, 1999). Nutzen die Autoren invertierte Köpfe als Hinweisreiz ergab sich dieser Effekt nicht. Zudem konnte gezeigt werden, dass als Richtungscue nicht nur Köpfe mit der entsprechenden Blickrichtung, sondern auch der Blick unabhängig von der Kopfposition eine Aufmerksamkeitslenkung hervorruft (Langton, Watt & Bruce, 2000; Langton, 2000). Eine Studie von Hietanen (1999) fand allerdings abweichende Ergebnisse. Die Autoren boten Versuchspersonen unter anderem Köpfe im Profil als Richtungscue dar. Für diese Bedingung zeigte sich kein Effekt durch Aufmerksamkeitslenkung. Hietanen (1999) begründet diesen Befund damit, dass die Aufmerksamkeitslenkung bisher überwiegend bei der frontalen Ansicht von Gesichtern untersucht worden war. Ein abgewandter Kopf mit einem angewandten Blick löse entsprechend ihrer Befunde keinen Aufmerksamkeitsshift aus. Dieser Annahme steht jedoch die beschriebene Studie von Langton und Bruce (1999) entgegen. Die als Hinweisreize genutzten Köpfe wurden für die Richtungen links und rechts im Profil dargeboten. Ausgehend von dieser Debatte verwendeten Itier, Villate und Ryan (2007) in einer aktuellen Studie zwei verschiedene Richtungscues (Front- und 3/4 Profilansicht von Köpfen) um den Einfluss der Kopfposition zu untersuchen. Zudem wollten die Autoren überprüfen, ob die Blickverarbeitung ein rein reflexhafter, automatischer oder ein erlernter Mechanismus ist. In ihrem Experiment arbeiteten sie mit zwei verschiedenen Typen von Aufgaben. Sie verwendeten dabei dieselben Front- oder 3/4 Profilansichten des Kopfes mit jeweils abgewandten und geradeaus gerichteten Blicken. In der einen Aufgabe wurde explizit eine Einschätzung der Blickrichtung verlangt (Blickaufgabe). In der anderen sollte die Orientierung des Kopfes benannt werden (Kopfaufgabe). Es wurden die Reaktionszeit und die Fehlerhäufigkeit gemessen. Zudem wurden die Augenbewegungen, Dauer und Anzahl der Fixationen erfasst. Unter der Annahme, dass die Blickverarbeitung ein rein automatischer Vorgang ist, sollte sich kein Unterschied zwischen den Aufgabentypen finden. Außerdem sollte sich innerhalb der ersten Sakkade der Blick zur Augenregion verlagern. Insgesamt ergab die Auswertung, dass die Probanden in der Kopfaufgabe signifikant schneller und akkurater antworteten. Für die Bedingung Kopf in der Frontalansicht plus geradeaus gerichteter Blick zeigte sich die beste Genauigkeit und schnellste Reaktionszeit. Bei inkongruenten Bedingungen, in denen sich die Richtung von Blick und Kopf unterschied, kam es zu einer Abnahme der Genauigkeit

1 Einführung

und einer Zunahme der Reaktionszeit. Die Auswertung der Augenbewegungen ergab einen signifikant größeren Anteil bezüglich der Betrachtungsdauer und Anzahl der Fixationen für die Augenregion im Vergleich zur unteren Gesichtsregion in beiden Aufgaben (siehe Abbildung 1.3 b). Die Autoren sehen darin eine Bestätigung der Bedeutsamkeit der Augenregion für die menschliche Wahrnehmung. Des Weiteren wurden die ersten Sakkaden ab Beginn der Reizdarbietung analysiert (siehe Abbildung 1.3a). Es zeigte sich hier eine Abhängigkeit der Anzahl der initialen Sakkaden von der experimentellen Aufgabe. Für die Blickaufgabe waren fast alle Sakkaden auf die Augenregion gerichtet. Für die Kopfaufgabe zeigte sich ein anderer Befund. In dieser war die Anzahl initialer Sakkaden für die Augenregion und den unteren Gesichtsbereich annähernd identisch. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Lenkung des Blicks kein rein reflexhafter und ausschließlich automatischer Mechanismus ist. Er wird vielmehr von den situationalen Bedingungen beeinflusst. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit Befunden von Langton et al. (2000), wonach die Lenkung der Aufmerksamkeit nicht nur von der Blickrichtung abhängig ist. Es werden Informationen über die Position von Kopf und Augen kombiniert (vgl. auch Bayliss, Pellegrino & Tipper, 2004). Neben der Position des Kopfes haben auch weitere Gesichtsmerkmale (Schwaninger, Lobmaier & Fischer, 2005) und die Änderung der Luminanzkonfiguration zwischen Iris und Sklera (Ando, 2002) einen Einfluss auf die Blickwahrnehmung.

Obwohl abgewandte Blicke, wie gerade beschrieben, eine große Rolle bei der Aufmerksamkeitslenkung spielen und für joint attention unerlässlich sind, ist der direkte Blickkontakt der wichtigere Stimulus (z.B. Itier, Villate & Ryan, 2007). Studien zeigen, dass geradeaus gerichtete Blicke schneller verarbeitet und kodiert werden als abgewandte Blicke (Anstis, Mayhew & Morley, 1969; Cline, 1967; Gibson & Pick, 1963). In Ihrer Studie untersuchten Grunau und Anston (1995) die Wahrnehmung geradeaus gerichteter Blicke. Dabei bedienten sich die Autoren des Paradigmas der visuellen Suche. Die Versuchspersonen sollten mittels eines 2 Alternative Forced Choice-Vorgehens angeben, ob in einem Set von Stimuli ein bestimmter Targetreiz vorhanden war oder nicht (siehe Abbildung 1.4). Das Target konnte entweder ein geradeaus gerichteter Blick unter abgewandten Blicken oder ein abgewandter Blick unter geradeaus gerichteten sein. Es zeigte sich, dass ein geradeaus gerichteter Blick signifikant schneller erkannt wird als ein abgewandter Blick. Dies gilt nicht für geometrische Kontrollreize. Auch Macrae et al. (2002) belegten mit ihrer Untersuchung die Relevanz geradeaus gerichteter Blicke. Sie konnten zeigen, dass die Reaktionszeiten bei der Kategorisierung eines Gesichtes, in männlich oder weiblich, abhängig von der Blickrichtung ist. Bei einem geradeaus gerichteten Blick ergab sich eine signifikant kürzere Re-

1.1 Blickrichtung und Blickwahrnehmung

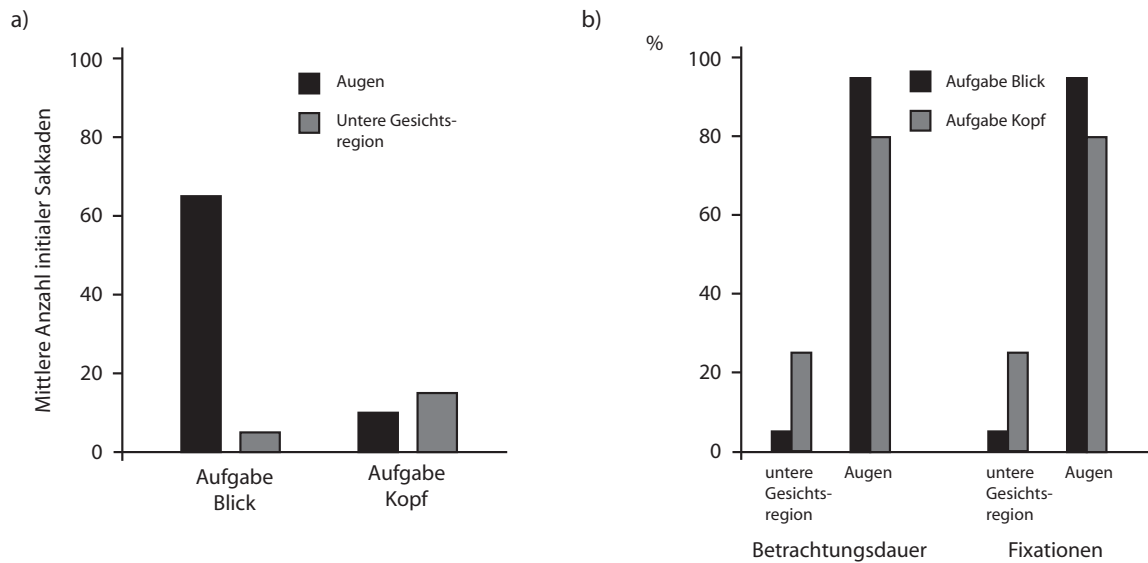


Abbildung 1.3: Nachbildung der Ergebnisse von Itier et al. (2007). In Abbildung a) ist die mittlere Anzahl von initialen Sakkaden für die Augenregion und den unteren Gesichtsbereich in Abhängigkeit von der Aufgabe dargestellt. Abbildung b) zeigt die Betrachtungsdauer und die Fixationen für die verschiedenen Regionen in beiden Aufgaben.

aktionszeit für die Benennung des Geschlechtes. Zudem gelingt die Einschätzung, ob man von einer Person angeschaut wird oder nicht sehr akkurat (Pelphrey, Viola & McCarthy, 2004). Wiederum ergeben sich für den direkten Blickkontakt signifikant höhere Reaktionszeiten. Symons, Lee, Cedrone und Nishimura (2004) konnten zeigen, dass Menschen Veränderungen der Blickrichtung anderer Personen sehr genau wahrnehmen. Selbst kleine Abweichungen von weniger als einem Grad Schwinkel werden bemerkt. Zudem ist die menschliche Blickwahrnehmung überraschend robust gegenüber Manipulationen (Bock, Dicke & Thier, 2008). Gamer und Hecht (2007) untersuchten den „Blickkegel“, d.h. die Spannweite in der eine Person sich angeschaut fühlt. Sie führten Experimente mit virtuellen und echten Köpfen durch. Abhängig von dem Reizmaterial und der Distanz zwischen Person und Stimuli fand sich eine Spannweite des Blickkegels zwischen 4° und 9° .

Wie in diesem Abschnitt beschrieben, wurden verschiedene Aspekte der Blickwahrnehmung ausführlich untersucht. Relevant sind aber auch Informationen über die neuronalen Grundlagen und kortikalen Verarbeitungsprozesse bei der Blickwahrnehmung. Zur Untersuchung der neuronalen Grundlagen der Blickwahrnehmung kann man verschiedene me-

1 Einführung

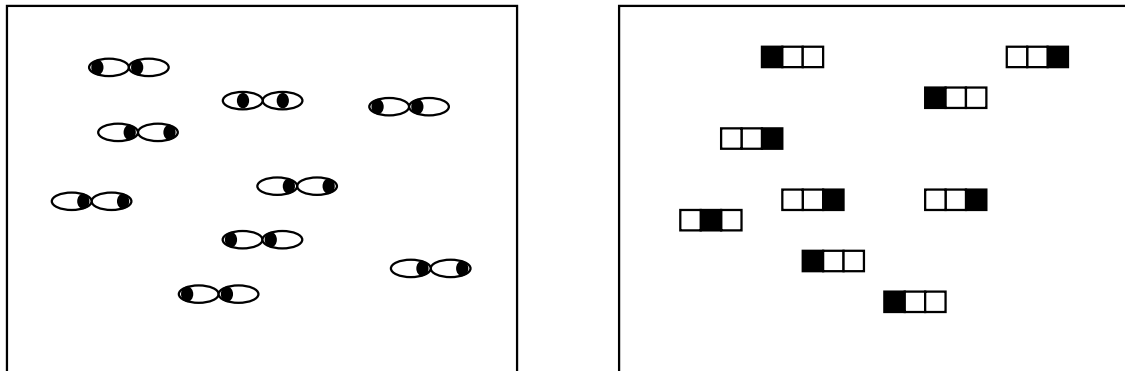


Abbildung 1.4: Beispiel für das Reizmaterial in der Untersuchung von van Grünau et al. (2005). Linker Kasten: Es soll ein geradeaus gerichteter Blick unter abgewandten Blicken entdeckt werden. Rechter Kasten: Kontrollbedingung mit geometrischen Mustern.

thodische Ansätze wählen. In den folgenden Abschnitten wird auf die neuronalen Grundlagen der Blickwahrnehmung (1.2) und die Methode der Adaptation zur Untersuchung der visuellen Wahrnehmung (1.3) näher eingegangen.

1.2 Neuronale Grundlagen der Blickwahrnehmung

1.2.1 Blickwahrnehmung bei Primaten

Die neuronalen Grundlagen der Gesichter- und Blickwahrnehmung werden bei nicht menschlichen Primaten typischerweise mittels Einzelzellableitungen untersucht. Forschungsbefunde zeigen, dass beim Rhesusaffen (*Macaca mulatta*) Neuronen in zwei verschiedenen anterioren Arealen im Temporallappen eine große Rolle bei der Erkennung von Gesichtern und Blicken spielen. Das ist zum einen der Sulcus temporalis superior (STS) und zum anderen der Gyrus temporalis interior (ITG) (Eifuku, De Souza, Tamura, Nishijo & Ono, 2004; Hasselmo, Rolls, Baylis & Nalwa, 1989). Hasselmo et al. (1989) führten bei Rhesusaffen eine Gesichtererkennungsaufgabe durch. Es zeigte sich, dass die Neuronenpopulationen im anterioren STS primär bei der Darbietung von Gesichtern feuern und selektiv für verschiedene Blickrichtungen reagieren. Sie werden mit der Analyse von Informationen assoziiert, die bei der Wahrnehmung von Gesichtern relevant sind. Die Neuronenpopulationen im anterioren ITG zeigen unterschiedliche Aktivierung bei verschiedenen Identitäten. Die Autoren schlussfolgern, dass dieses Areal bei der Identifikation einer Identität des dargebotenen

1.2 Neuronale Grundlagen der Blickwahrnehmung

Gesichtes eine wichtige Rolle spielt. Zu den selben Resultaten kommen auch Eifuku et al. (2004). Beide Hirnareale haben also unterschiedliche Funktionen bei der Wahrnehmung von Gesichtern (zur Lage der Areale im Kortex siehe Abbildung 1.8).

Weitere Hinweise auf die unterschiedliche Funktionalität von STS und ITG ergeben sich aus den Befunden von Läsionsstudien. Heywood und Cowey (1992) trainierten Rhesusaffen auf Gesichtserkennungsaufgaben. Danach wurde der Hälfte der Affen operativ ein Teil des STS entfernt. Abgeleitet vom Krankheitsbild der Prosopagnosie beim Menschen (das ist die Unfähigkeit, Gesichter zu erkennen), sollten die Affen in der Gesichtererkennungsaufgabe nach der Operation deutlich schlechter abschneiden. Die Auswertung bestätigte die Annahme nicht. Nach der Entfernung des STS zeigten sich bei den Affen keine signifikanten Veränderungen in der Durchführung der Aufgabe. Eine Läsion des STS führt also zu keiner Beeinträchtigung bei der Identifikation von Gesichtern. In einer Untersuchung von Campbell, Heywood, Cowey, Regard und Landis (1990) wurde der Einfluss einer STS-Läsion auf die Einschätzung der Blickrichtung, mittels Testblickwinkeln von 0° bis 20° , überprüft. Nachdem die Tiere in ihrer Blickrichtungseinschätzung trainiert wurden, entfernte man operativ den STS. Es ergab sich bei der Einschätzung von Blickrichtungen ein signifikanter Unterschied zwischen der Diskrimination vor und nach der Operation. Die Rhesusaffen waren im Posttest deutlich schlechter bei der Blickrichtungseinschätzung. Zusammenfassend führt eine beidseitige Entfernung des Sulcus temporalis superior zu einer Reduktion der Blickwahrnehmung, nicht aber zu Beeinträchtigungen anderer Aspekte der Gesichterwahrnehmung, wie der Identifikation eines Gesichtes.

Ungefähr 20 % der Zellen im anterioren STS im Kortex des Affen reagieren auf Ansichten von Gesichtern, nicht aber auf andere visuelle Reize (C. Bruce, Desimone & Gross, 1981; Perrett, Rolls & Caan, 1982). Ausgehend von den Befunden, dass der STS eine große Rolle bei der Kodierung von Gesichtern spielt, untersuchte die Forschergruppe um Perrett et al. gezielt die Aktivierung verschiedener Neuronpopulationen im STS bei der Darbietung von Gesichtern. Sie implantierten Rhesusaffen Elektroden im STS und boten den Affen verschiedene visuelle Stimuli dar, wie z.B. Bilder von Gesichtern mit verschiedenen Kopfpositionen oder Blickwinkeln und andere Objekte. In die Auswertung der Untersuchung wurden nur Zellen einbezogen, die selektiv auf Gesichter reagierten. Es zeigte sich, dass 63 % dieser gesichtssensitiven Zellen ein unimodales Antwortverhalten aufwiesen, d.h. sie reagierten bei einer bestimmten Position (Kopf im Profil, Frontansicht, Rückseite des Kopfes, usw.) am stärksten. Nur ein geringer Anteil der von Perrett et al. gefundenen Zellen reagierte gleich stark auf alle möglichen Ansichten eines Kopfes. Die Auswertung ergab,

1 Einführung

dass 64 % der Neurone, die die Kopforientierung kodierten, auch eine selektive Aktivierung für die Blickrichtung aufwiesen. Ein Teil der blickrichtungssensitiven Zellen zeigte eine Präferenz für die Frontansicht eines Gesichtes und feuerten maximal bei Blickkontakt. Ein weiterer Teil der Neurone bevorzugten das Gesicht im Profil und reagierten am stärksten bei abgewandtem Blick. Die Abbildung 1.5 zeigt zwei typische Reaktionsmuster dieser Zelltypen. Dargestellt ist (a) eine Zelle, die eine Präferenz für die Frontalansicht eines Gesichtes zeigt und (b) ein Neuron mit einer Bevorzugung für das Profil, d.h. einer Drehung von 45° . Insgesamt reagierte ein großer Anteil der Zellen auf dieselbe Richtung, unabhängig davon, ob die Information über die Orientierung des Blicks, des Kopfes oder des Körpers erfolgte. Wurden durch Kopf und Blick unterschiedliche Richtungen angezeigt, wurde die Blickrichtung bevorzugt (siehe auch Perrett, Hietanen, Oram & Benson, 1992). Die Autoren gehen davon aus, dass den Zellen im STS eine wichtige Rolle bei der sozialen Aufmerksamkeitslenkung zukommt. Die Blickrichtung und der Winkel des Profils liefern sozial relevante Informationen über die Richtung, in die eine Person ihre Aufmerksamkeit richtet. Die Aktivität einer Zelle, die eine Präferenz für das linke Profil eines Gesichtes und einen abgewandten Blick zeigt, gibt demnach einen Hinweis darauf, dass die Aufmerksamkeit des Gegenübers nach links gerichtet ist. Nach Perrett et al. (1992) finden sich Verknüpfungen zwischen dem STS und dem parietalen Kortex, der mit der Lenkung von Aufmerksamkeit in Verbindung gebracht wird. Bei den Neuronen, die auf verschiedene Ansichten reagieren (nach Perrett et al., 1991 so genannte ansichtsbasierte Zellen), zeigt sich eine Bevorzugung für die frontale Ansicht eines Gesichtes. Die Befunde von Perrett et al. (1985, 1992) wurden in weiteren Studien repliziert und erweitert (Jellema, Baker, Wicker & Perrett, 2000).

Die bisherigen Befunde bezüglich der Neurone im STS zeigen, dass sie auf Gesichter reagieren und zwar unabhängig von Merkmalen wie der Position auf der Retina (C. Bruce et al., 1981). Sie reagieren auch unverändert bei der Varianz von Größe, Distanz oder Orientierung eines Gesichtes (Perrett et al., 1982, 1984). Die Invarianz gilt auch für verschiedene Lichtintensitäten (Hietanen, Perrett, Oram, Benson & Dittrich, 1992). Das bedeutet, dass nicht einfache Merkmale, wie Ecken, Kanten oder Textur die Zellantwort auslösen, sondern dass eine höherwertige Beschreibung von Eigenschaften bei den Neuronen im STS relevant ist.

In ihrer Studie fanden Perrett et al., dass die Neurone im STS bei der Darbietung von Gesichtern mit einer Latenz zwischen 100 und 250 ms feuern. Generell zeigen Studien mit Rhesusaffen, dass komplexe Muster innerhalb kürzester Zeit (150 - 200 ms) wiedererkannt

1.2 Neuronale Grundlagen der Blickwahrnehmung

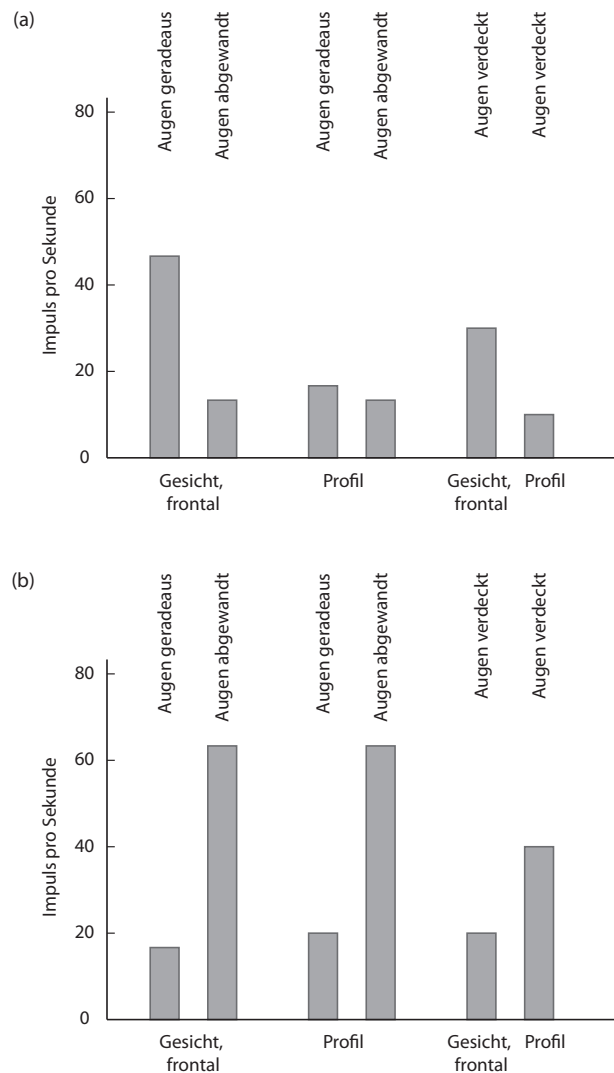


Abbildung 1.5: Nachbildung der Befunde von Perrett et al. (1985). Es sind die Zellantworten zweier blickrichtungsspezifischer Neurone abgebildet. Als Reizmaterial sind die Frontalansicht eines Kopfes und ein Kopf im Profil genutzt worden und zwar mit den drei Bedingungen Blickkontakt, Augen abgewandt und Augen verdeckt. In Abbildung (a) ist eine Zelle dargestellt, die am stärksten reagiert, wenn das Gesicht und der Blick auf den Affen gerichtet sind. Für das in Abbildung (b) gezeigte Neuron gilt ein anderes Antwortmuster. Die Zelle reagiert stärker auf abgewandte Augen und zwar sowohl bei der Darstellung des ganzen Gesichtes als auch beim Gesicht im Profil.

1 Einführung

werden können (Rolls, Perrett, Caan & Wilson, 1982). Ausgehend von diesen Ergebnissen untersuchten Oram und Perrett (1992) die Zeitverläufe des Antwortverhaltens von 44 gesichtssensitiven Zellen im STS. Rhesusaffen wurden Bilder von Gesichtern und Kontrollobjekte dargeboten und die Zellantworten abgeleitet. Im Mittel ergab sich für die Neurone eine schnelle Diskriminationen zwischen Ansichten. Ein typisches Neuron zeigte bei der Darbietung der von ihm präferierten Ansicht eine sehr schnelle Zunahme der Feuerrate, gefolgt von einem langsamen Abfall derselben. In den ersten 100 ms der Reizdarbietung war die Feuerrate hoch, ebenso wie die Diskrimination. Zum Ende der Zellantwort wurde die Feuerrate geringer und die Diskrimination schlechter. Zudem fanden sich Unterschiede in den Rückgangsraten der Neuronenantworten. Der Rückgang der Feuerrate zeigte sich schneller für nicht präferierte Stimuli einer Zelle. Es ergab sich eine Latenz zwischen dem Beginn der Reizdarbietung und der Zellantwort von ca 90 ms. Diese Zeitdauer ist das Resultat der Reizweiterleitung von Retina zum STS über den ventralen Pfad (siehe Abbildung 1.6). Von der Retina würde dementsprechend der Impuls über die occipitalen Regionen V1, V2 und V4 und dann über temporale Areale TEO, TE und TEa zum STS geleitet. Ein typisches Neuron im STS zeigte eine 44 prozentige Zunahme der Feuerrate 5 ms nach Beginn des Antwortonsets. Die sich ergebende Diskrimination eines Reizes fand ca 20 ms nach Antwortonset der Neurone statt. Die Autoren erklären sich diesen Zeitrahmen mit den verschiedenen Antwortlatenzen der Zellen in der Population, da sich die Diskrimination aus der Verrechnung aller Zellantworten in der Population ergibt. Die vorliegenden Ergebnisse, die besagen, dass die Diskrimination von Blicken auf einer kurzen Zeitskala stattfindet, stehen im Einklang mit Verhaltensdaten der Blickeinschätzung beim Menschen (siehe auch Abschnitt 1.1). In verschiedenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Einschätzung der Blickrichtung sehr schnell und präzise funktioniert (z.B. Cline, 1967; Macrae et al., 2002; Pelphrey et al., 2004).

Eine relativ neue Studie von De Souza, Eifuku, Tamura, Nishijo und Ono (2005) untersucht die anterioren Regionen des STS hinsichtlich einer funktionellen Heterogenität der Zellen im kaudalen und rostralen Bereich. Sie boten Rhesusaffen Gesichter mit verschiedenen Kopfstellungen und Blickwinkeln dar. Im Rahmen einer Match-to-Sample Aufgabe sollten die Affen dann eine Reaktion zeigen, wenn das dargebotene Bild exakt mit einem vorher gezeigten Bild übereinstimmte. Es wurden Zellantworten aus kaudalen und rostralen Bereichen des STS abgeleitet. Die Auswertung ergab, dass die Zellpopulationen in den beiden Regionen unterschiedliche Antwortmuster aufwiesen. Die meisten der untersuchten Zellen in der kaudalen Region reagierten symmetrisch auf links und rechts gerichtete An-

1.2 Neuronale Grundlagen der Blickwahrnehmung

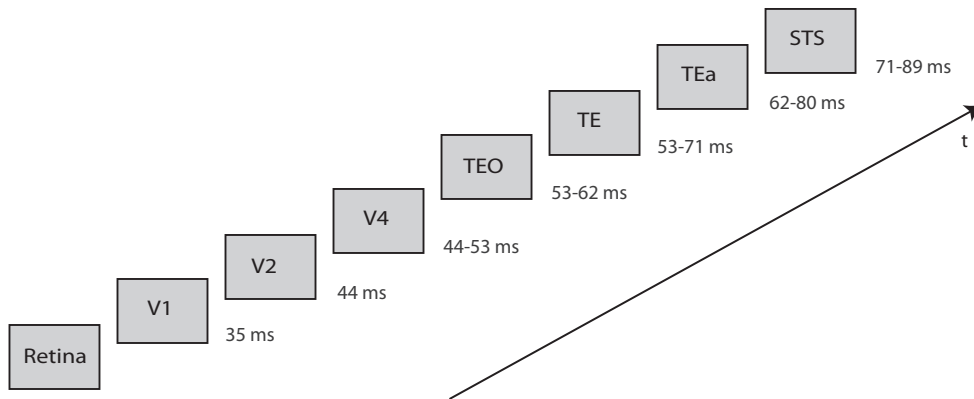


Abbildung 1.6: Verarbeitungsstufen eines neuronalen Impulses vor der Aktivierung des Sulcus temporalis superior. Dargestellt sind die einzelnen Ebenen der Verarbeitung von der Retina, über den Occipitallappen (V1, V2 und V4), den Temporallappen (TEO und TE/TEa) bis hin zum STS mit dem geschätzten Zeitpunkt der Aktivierung nach Beginn der Reizdarbietung.

sichten von Gesichtern und Blicken. Zudem fand sich keine Bevorzugung einer bestimmten Kopfposition. Im Gegensatz dazu zeigten die Neuronen im rostralen Bereich des STS eine Präferenz für die Kopfposition 45° nach links und rechts. Es fanden sich auch Zellen, die auf bestimmte Kopfhaltungen und bestimmte Blickrichtungen reagierten. Dabei wurde, wie schon Perrett et al. (1992) zeigen konnten, die Blickrichtung bevorzugt verarbeitet, wenn Blick- und Kopfposition unterschiedliche Richtungen angaben. Auch konnte das Ergebnis repliziert werden, dass keine der Neuronenpopulationen im STS unterschiedlich auf verschiedene Identitäten reagiert. Die Autoren schlussfolgern aus diesen Befunden, dass eine funktionelle Heterogenität der Zellen im anterioren STS besteht. Es könnten Parallelen zum ITG bestehen, der auch entlang der rostro-kaudalen Achse organisiert ist. Einen weiteren Beleg für die Unterscheidung kaudaler und rostraler Regionen im STS sehen die Autoren in der Tatsache, dass die Areale Verknüpfungen zu unterschiedlichen Hirnstrukturen haben. Insgesamt ist zu einer genauen Differenzierung der Regionen weitere Forschung nötig.

Für die Blickwahrnehmung beim Rhesusaffen sind also Zellpopulationen im anterioren STS verantwortlich (Perrett et al., 1982, 1992). Diese Neurone kodieren verschiedene Ansichten des Kopfes und verschiedene Blickwinkel. Die Diskrimination zwischen verschiedenen Blickwinkeln im STS erfolgt ungefähr 70 ms nach Beginn der Reizdarbietung

1 Einführung

(Oram & Perrett, 1992). Verschiedene Studien konnten zudem eine relative Invarianz der Blickwahrnehmung bei Veränderungen der Retinaposition, Stimulusgröße und Lichtintensität zeigen, was auf eine Verarbeitung komplexer Merkmale hinweist (C. Bruce et al., 1981; Hietanen et al., 1992; Perrett et al., 1984).

1.2.2 Menschliche Blickwahrnehmung

Die neuronalen Grundlagen der Blickwahrnehmung beim Menschen werden mit Hilfe verschiedener nicht-invasiver Methoden untersucht. Beispielsweise mittels funktionaler Magnetresonanztomografie (fMRT, fMRI), der Ableitung ereigniskorrelierter Potentiale (event-related potentials, ERP), der Magnetenzephalografie (MEG) und der Positronen-Emissionstomographie (PET). Die Wahrnehmung von Augen bzw. Blicken stellt einen speziellen Aspekt der Wahrnehmung von Gesichtern dar. Aus diesem Grund wird eingangs ein Modell der Gesichterwahrnehmung nach Haxby, Hoffman und Gobbini (2000, 2002) vorgestellt, das sich auf das Zusammenspiel beteiligter neuronaler Systeme bezieht.

Nach Haxby et al. begründet sich die menschliche Wahrnehmung von Gesichtern auf einem neuronalen System, in dem verschiedene Hirnregionen eine Rolle spielen. Die Autoren unterscheiden dabei, ausgehend von dem Modell der Gesichterwahrnehmung nach V. Bruce und Young (1986), zwischen unveränderlichen und veränderlichen Aspekten eines Gesichtes. Die unveränderlichen Aspekte stellen die Basis für die Identifikation einer Person dar. Die veränderlichen Aspekte, wie z.B. der Blick, der Gesichtsausdruck oder die Lippenbewegung, bilden die Grundlage für die Fähigkeit Informationen zu extrahieren, die für die soziale Kommunikation notwendig sind. Die Prozesse der Wiedererkennung (unveränderliche Merkmale) und der Verarbeitung von Gesichtsausdrücken (veränderliche Merkmale) sind kognitiv voneinander unabhängig und auch anatomisch auf unterschiedliche Strukturen zurückzuführen. Zudem ist das Modell der Gesichterwahrnehmung hierarchisch aufgebaut. Es wird ein Kernsystem und ein erweitertes System unterschieden (siehe Abbildung 1.7). Das Kernsystem umfasst drei bilaterale Areale. Zum einen inferooccipitale Regionen im extrastriaten visuellen System, diesen wird die frühe Wahrnehmung von Gesichtsmerkmalen zugeschrieben. Diese Strukturen erhalten Input vom STS und dem fusiformen Gesichtsareal (E. A. Hoffman & Haxby, 2000). Des Weiteren wird das fusiforme Areal (fusiform face area, FAA) dem Kernsystem zugeordnet. Dem FFA wird die Verarbeitung invarianter Aspekte, d.h. das Erkennen der Identität eines Gesichtes zugeschrieben. Studien zeigen, dass Aktivität im FAA bei der Wahrnehmung von Gesichtern

1.2 Neuronale Grundlagen der Blickwahrnehmung

größer ist als die Aktivierung, die durch Kontrollstimuli ausgelöst wird (z.B. E. A. Hoffman & Haxby, 2000; Kanwisher, McDermott & Chun, 1997; Kanwisher & Yovel, 2006; Kanwisher, 2006). Die Repräsentation veränderbarer Gesichtsmerkmale wird der Region des Sulcus temporalis superior, dem dritten Areal des Kernsystems, zugeschrieben. Mittels fMRI-Studien konnte beobachtet werden, dass im STS Regionen vorhanden sind, die generell auf biologische Bewegungen reagieren. Das gilt sowohl für Körperbewegungen als auch für Bewegungen der Augen, der Hand oder des Mundes (Puce, Allison, Bentin, Gore & McCarthy, 1998; Calder et al., 2002). Das erweiterte System bedient sich neuronaler Verknüpfungen, die für andere kognitive Funktionen zuständig sind. Die Autoren führen diesbezüglich vier Untersysteme an. Zum einen ein System für die räumliche Aufmerksamkeit, das in der Region des Sulcus intraparietalis angesiedelt ist. Es dient der Verarbeitung von Informationen wie Blickrichtung und Position des Kopfes, um die Aufmerksamkeit entsprechend zu lenken. Ein weiteres System im auditorischen Kortex ist verantwortlich für die Verarbeitung gesprächsrelevanter Lippenbewegungen (Puce et al., 1998). Das dritte System umfasst die neuronalen Strukturen der Amygdala und der Insula, wo die Verarbeitung von Emotionen stattfindet (Kawashima et al., 1999). Das letzte neuronale Areal des erweiterten Systems ist der anteriortemporale Kortex. Hier werden personenbezogene Informationen, die das wahrgenommene Gesicht betreffen, gespeichert.

Die Wahrnehmung von Gesichtern resultiert also aus einem Zusammenspiel verschiedener Hirnregionen, die unterschiedliche Funktionen erfüllen. Die Blickwahrnehmung mittels des STS ist ein wichtiger Bestandteil dieses neuronalen Systems. Aktuelle Forschungsbefunde zeigen, dass der STS selektiv für bestimmte Reize eine Aktivierung zeigt (Allison, Puce & McCarthy, 2000). Dazu gehört die Wahrnehmung der Bewegung der Augen, des Mundes, der Hände und des Körpers, was auf die Verarbeitung biologischer Bewegung hinweist (Puce et al., 1998). Zudem führt die Perzeption eines statischen Bildes von einem Gesicht oder Körper zu einer Aktivierung des STS (E. A. Hoffman & Haxby, 2000). Allison et al. gehen davon aus, dass der STS dementsprechend auch die Wahrnehmung einer potentiellen Bewegung oder die Evaluation veränderbarer Aspekte des Gesichtes verarbeitet. Das Wahrnehmungssystem des STS ist also vermutlich spezialisiert auf soziale Stimuli, die für die Wahrnehmung einer sozialen Handlung von Bedeutung sind. Im Folgenden werden speziell zum Aspekt der Blickwahrnehmung weitere Forschungsergebnisse dargestellt (für einen Überblick siehe auch Abbildung 1.8).

Eine der ersten Studien zur Blickwahrnehmung beim Menschen wurde von Wicker, Michel, Henaff und Decety (1998) veröffentlicht. Die Autoren untersuchten mittels PET Ak-

1 Einführung

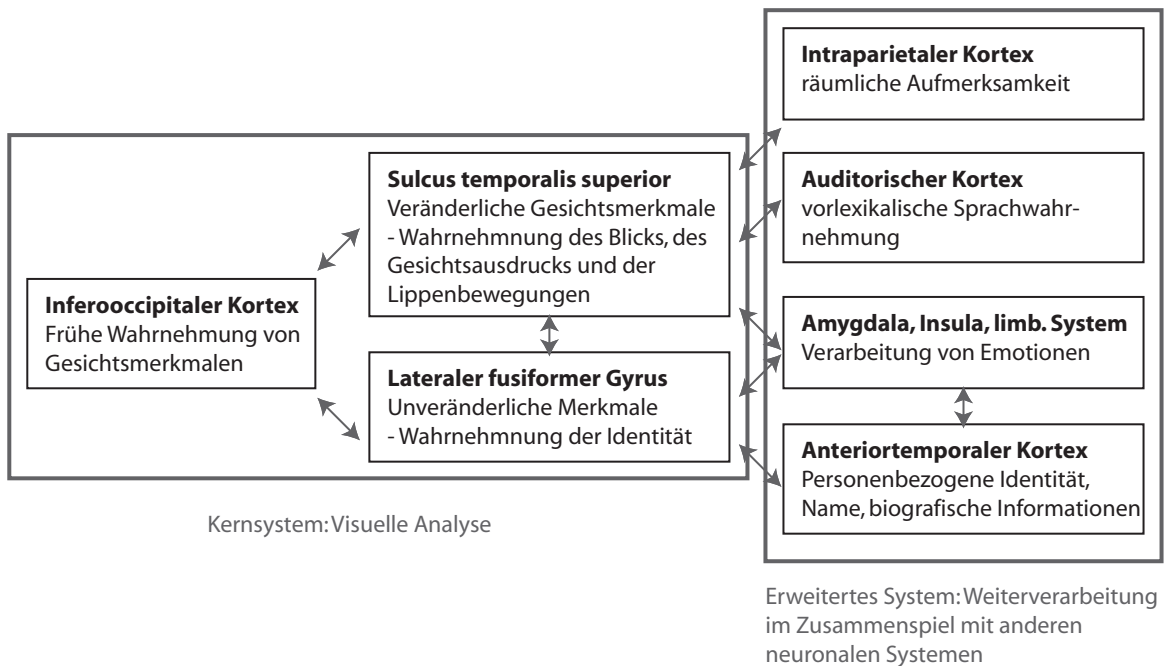


Abbildung 1.7: Modell eines mehrteiligen neuronalen Systems der menschlichen Gesichtserkennung nach Haxby et al. (2002). Das Modell unterscheidet ein Kernsystem und ein erweitertes System, die miteinander in Verbindung stehen. Das Kernsystem umfasst die initiale visuelle Analyse mittels dreier Hirnregionen. Im erweiterten System findet die zusätzliche Verarbeitung im Zusammenhang mit anderen kognitiven Funktionen statt.

tivierungen im Kortex bei der Darbietung von Gesichtern mit direktem Blickkontakt, abgewandtem Blick, Gesichtern mit verdeckten Augen plus einer Kontrollbedingung. Als Reizmaterial dienten Videofilme von Personen mit den entsprechenden Blickbedingungen. Es fanden sich Aktivierungen vorgelagert der Area MT, der die Verarbeitung von Bewegung zugeschrieben wird. Diese grenzt an den STS an. Auch Calder et al. (2002) untersuchten mit derselben Methodik die Blickwahrnehmung. Es zeigte sich, dass bei einem direkten oder abgewandten Blick mehr Aktivität im STS zu beobachten war, als bei herab gesenktem Blick oder geschlossenen Augen. Zwischen der Darbietung geradeaus gerichteter und abgewandter Augen ergab sich kein Unterschied. Zudem fanden die Autoren eine deutliche Aktivierung im medialen prefrontalen Kortex. Nach Allison et al. erklären sich die zum Teil ungenauen Befunde der PET-Studien durch die geringe Auflösung, die mittels PET erreicht wird.

1.2 Neuronale Grundlagen der Blickwahrnehmung

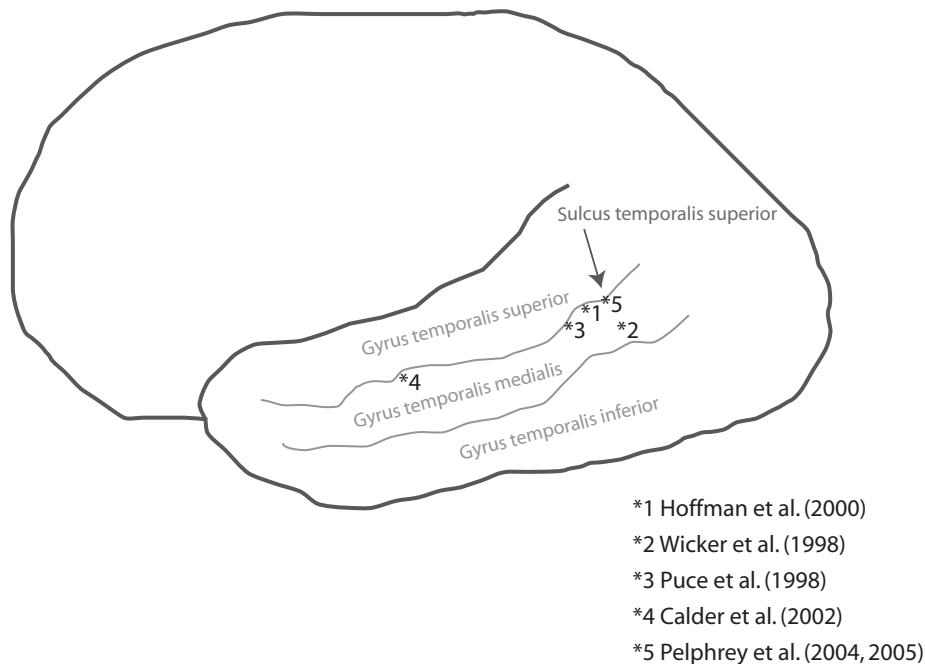


Abbildung 1.8: Lage des Sulcus temporalis superior im Kortex. Abgebildet sind die durch verschiedene Studien gefundenen Aktivierungsareale im STS, die bei der Verarbeitung der Blickrichtung eine Rolle spielen.

In einer Anzahl von fMRI-Studien wurde die Rolle des STS für die menschliche Blickwahrnehmung weitergehend untersucht (Fang, Murray & He, 2007; George, Driver & Dolan, 2001; E. A. Hoffman & Haxby, 2000; Hooker et al., 2003; Puce, Allison, Asgari, Gore & McCarthy, 1996; Puce et al., 1998). Entsprechend der Befunde beim Rhesusaffen (z.B. Eifuku et al., 2004) untersuchten E. A. Hoffman und Haxby (2000) mittels zweier Experimente die Unterschiede in der fMRI-Aktivierung zwischen Blickrichtungswahrnehmung und der Diskrimination der Identität eines Gesichtes. Das erste Experiment bestand in einer Aufgabe zur selektiven Aufmerksamkeit. Die Autoren boten Probanden Bilder von Gesichtern dar. Die Versuchspersonen sollten über die Einblendung vor jedem Trial entweder auf die Blickrichtung oder die Identität der Person auf dem Bild achten. In einem zweiten Experiment wurden dieselben Bilder ohne besondere Instruktion dargeboten. Es zeigte sich, dass die Betrachtung von Blicken bei der Darbietung von Gesichtern im ersten Experiment mehr Reaktion im linken posterioren Teil des STS auslöst, als wenn sich die Probanden auf die Erkennung der Identität eines Gesichtes konzentrieren sollten. Achteten die Probanden auf das Erkennen der Identität eines Gesichtes, fand sich eine erhöhte bilaterale Aktivität im

1 Einführung

FFA. Zudem ergaben die Befunde, dass die selektive Aufmerksamkeit für die Blickrichtung zu einer stärkeren Aktivierung des Sulcus intraparietalis (IPS) führte, der mit der Steuerung von Aufmerksamkeit assoziiert ist. Die Aktivierung im IPS war für abgewandte Blicke signifikant stärker als für geradeaus gerichtete. Dies galt nicht für Aufgaben, in denen es um die Identifikation eines Gesichtes geht. Im zweiten Experiment fand sich eine signifikant stärkere Aktivierung bei abgewandtem Blick im Vergleich zu geradeaus gerichtetem Blick für den IPS und den linken STS. Diese Ergebnisse stützen zum einen die Annahme, dass der STS spezifisch für die Blickwahrnehmung bedeutsam ist (siehe auch Pelphrey, Morris, Michelich, Allison & McCarthy, 2005). Des Weiteren stehen die Befunde der Aktivierung des Sulcus intraparietalis in Zusammenhang mit der von Perrett et al. (1992) in Studien mit Rhesusaffen gefundenen Verbindung zwischen Blickwahrnehmung und Aufmerksamkeitslenkung. Ergänzend zu anderen fMRI-Untersuchungen verwendeten Pelphrey et al. (2004) keine statischen Gesichter, sondern sich bewegende Stimuli. Die Autoren nutzten Personen im virtuellen Raum als Reizmaterial. Die Probanden sollten angeben, ob die Person die in der virtuellen Realität auf sie zugeht, sie an- oder vorbei schaut. Die Autoren fanden in beiden Bedingungen eine Aktivierung im rechten anterioren Teil des STS. Diese war bei direktem Blickkontakt signifikant höher. Für das fusiforme Gesichtsareal zeigte sich in beiden Bedingungen eine gleichstarke Aktivierung. Im Gegensatz zu der Untersuchung von E. A. Hoffman und Haxby zeigte sich in dieser Studie also eine stärkere Durchblutung des STS bei geradeaus gerichtetem Blick. Nach Pelphrey et al. dürfte, wenn es sich bei der STS-Aktivierung um eine einfache Detektion der Augen handelt, sich kein Unterschied zwischen abgewandtem und direktem Blick ergeben. Sie gehen davon aus, dass die Rolle des STS über die Verarbeitung biologischer Bewegung hinausgeht. Vielmehr gehe es um die Analyse sozialer Informationen wie z.B. um die Intentionalität von Handlungen (vgl. Pelphrey, Singerman, Allison & McCarthy, 2003) und um das Ausmaß, indem eine Handlung Annäherung oder Bedrohung signalisiert.

Eine weitere Methode zur Untersuchung der Verarbeitung von Gesichtern ist das Ableiten evozierter Potentiale (ERP) von der Schädeloberfläche. Der Schwerpunkt dieser Vorgehensweise liegt mehr auf den zeitlichen Charakteristika der Wahrnehmung als auf der Lokalisation im Kortex (Puce, Allison & McCarthy, 1999; Schuller & Rossion, 2001). Verschiedene Studien haben sich auf die N170-Komponente im Zusammenhang mit der Gesichter- und Blickwahrnehmung konzentriert (z.B. Itier, Latinus & Taylor, 2006; Taylor, Itier, Allison & Edmonds, 2001). Die N170-Komponente ist eine Negativierung des evozierten Potentials, deren maximale Amplitude mit einer Latenz von 170 ms nach Be-

1.2 Neuronale Grundlagen der Blickwahrnehmung

ginn der Darbietung des Reizes auftritt. Sie zeigt eine Präferenz für die Darbietung von Gesichtern und Blicken. In einer Untersuchung boten Puce, Smith und Allison (2000) den Versuchspersonen Augenbewegungen dar. Dabei wurde entweder das ganze Gesicht oder nur die Augenregion gezeigt. Innerhalb eines Trials wurde zuerst ein Blickkontakt simuliert, dann eine Abwendung des Blickes weg vom Probanden und zuletzt wieder eine Hinwendung zur Versuchsperson. Die Auswertung ergab eine signifikant stärkere N170-Komponente bei der Abwendung des Blicks von der Person im Vergleich zur Hinwendung. Zudem zeigte eine Elektrode am inferioren Teil des Temporallappens eine signifikant frühere N170-Welle bei abgewandtem Blick, die unabhängig von der Darbietungsart (ganzes Gesicht vs. nur Augenregion) auftrat (siehe Abbildung 1.9). Mittels einer Kontrollbedingung konnte ausgeschlossen werden, dass die Ergebnisse das Resultat der Bewegung per se darstellten. Die Befunde deuten darauf hin, dass die N170-Komponente sensitiv auf die Augenbewegung reagiert. Im Gegensatz zu Studien, die die Augenbewegung untersuchen, finden Experimente, die statische Bilder von Blicken einsetzen, keine Veränderungen der N170 (Schweinberger, Kloth & Jenkins, 2007; Taylor et al., 2001). Nur eine Studie von Watanabe, Miki und Kakigi (2002) beobachtete bei der Darbietung statischer Reize eine signifikant ausgeprägtere N170-Komponente. Dieser Befund beschränkte sich auf die rechte Hemisphäre und es zeigte sich keine Veränderung der Latenz. Aufgrund der widersprüchlichen Befunde untersuchten Itier, Alain, Kovacevic und McIntosh (2007) evozierte Potentiale bei der Darbietung von Bildern von Gesichtern. Sie nutzten eine explizite (Einschätzung der Blickrichtung) und eine implizite Aufgabe (Einschätzung der Kopfstellung), um die Potentialsequenz bei der Blickwahrnehmung zu untersuchen. Die Reaktionszeiten und die Genauigkeit der Probanden war in beiden Aufgaben dann am besten, wenn die Blick- und die Kopfrichtung übereinstimmten (siehe auch Itier, Villate & Ryan, 2007; Langton et al., 2000). Die Auswertung der Potentialsequenzen ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Aufgaben. Es fand sich eine signifikant stärkere N170-Komponente bei abgewandtem Blick, jedoch nur für Bilder mit einer frontalen Kopfposition. Zudem zeigte sich in beiden Aufgaben eine signifikant stärkere P100 und N170 für Köpfe im 3/4 Profil. Die Autoren nehmen an, dass die P100 eine frühe globale Gesichter-Detektion repräsentiert. Die N170 könne dementsprechend einer weiteren genaueren Verarbeitungsstufe entsprechen. Die Relevanz der N170-Komponente für die Blickverarbeitung weist auf eine schnelle Verarbeitung dieser Reize hin. Aufgrund der ungenauen räumlichen Auflösung des ERP ist jedoch unklar, in welcher Hirnregion die N170 gebildet wird. Ausgehend von den ERP-Befunden und dem genannten Kritikpunkt

1 Einführung

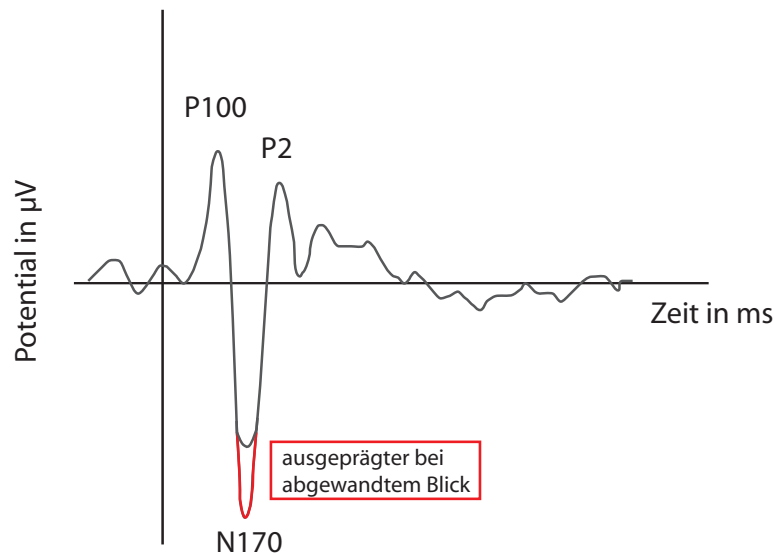


Abbildung 1.9: Typische Potentialsequenz im ERP bei der Darbietung eines Gesichtes oder der Augenregion.

untersuchten Sato, Kochiyama, Uono und Yoshikawa (2008) in einer aktuellen Studie den zeitlichen Verlauf der Blickwahrnehmung mittels einer Kombination von fMRI- und MEG-Methodik. Versuchspersonen wurden jeweils Bilder von Gesichtern mit geradeaus gerichteten oder abgewandten Blicken, 30° links und rechts, dargeboten. Die Aufgabe bestand in beiden Untersuchungen darin, lediglich die Bilder genau zu betrachten. Die Auswertung bestätigte die bisherigen Befunde (E. A. Hoffman & Haxby, 2000; Puce et al., 2000). Im STS zeigte sich eine signifikant höhere Aktivität für abgewandte im Gegensatz zu geradeaus gerichteten Blicken (fMRI-Ergebnisse). Die Auswertung der MEG-Daten ergab, dass die erhöhte Aktivierung im STS während einer Zeitspanne von 150 - 200 ms nach Beginn der Reizdarbietung, mit einem Peak bei 170 ms, einsetzt.

Insgesamt weisen sowohl die Studien an Rhesusaffen (Perrett et al., 1985, 1992) als auch die Untersuchungen beim Menschen (Grosbras, Laird & Paus, 2005; Puce & Perrett, 2003) darauf hin, dass Regionen im Sulcus temporalis superior sensitiv für die bei anderen Personen beobachteten Augenbewegungen sind. Dabei zeigte sich in einigen Studien eine stärkere Aktivierung des STS für abgewandte im Vergleich zu geradeaus gerichteten Blicken (E. A. Hoffman & Haxby, 2000; Puce et al., 2000; Sato et al., 2008). Die Wahrnehmung von Blicken wird sehr schnell über die neuronalen Mechanismen im STS in einem Zeitrahmen von 150 - 200 ms verarbeitet (Sato et al., 2008). Zusätzlich zu den blicksen-

sitiven Zellen werden in diesem Areal auch visuelle Informationen über die Form und Haltung der Finger, Arme, Beine, des Torsos und über die Form des Mundes kodiert. Nach Allison et al. (2000) ist der STS somit generell für die Verarbeitung sozialer Signale verantwortlich, die über biologische Bewegung vermittelt werden. Neben dem STS spielt bei der menschlichen Blickwahrnehmung zudem der Sulcus intraparietalis eine wichtige Rolle (E. A. Hoffman & Haxby, 2000). Dem IPS wird die durch abgewandte Blicke vermittelte Lenkung der Aufmerksamkeit zugeschrieben.

1.3 Visuelle Adaptation

1.3.1 Grundlagen der Adaptation

Adaptive Prozesse sind grundlegende Mechanismen der visuellen Wahrnehmung (Bestelmeyer et al., 2008; Clifford et al., 2007; Kohn, 2007). Ein bekanntes Beispiel ist die Wasserfalltäuschung, die schon von Aristoteles beschrieben wurde. Schaut man für mehrere Sekunden auf eine sich gleichförmige bewegende Struktur, wie das Wasser eines Wasserfalls, und richtet dann den Blick auf eine statische Fläche, nimmt man eine Bewegung in die Gegenrichtung wahr. Verantwortlich für dieses Phänomen sind bewegungssensitive Zellen im Kortex. Die andauernde Konfrontation mit dem Anblick des fließenden Wassers führt zu einer anhaltenden Aktivierung der Zellen, die für die Verarbeitung von Bewegung nach unten verantwortlich sind. In Folge dessen kommt es zu Zellermüdung, d.h. einem Absinken der Feuerrate dieser Neurone (Carandini, 2000). Blickt man dann auf eine unbewegte Szene resultiert aus der Verrechnung aller Zellantworten die Wahrnehmung einer Bewegung in die Gegenrichtung. Die Adaptation stellt also eine Anpassungsleistung des visuellen Systems auf wahrgenommene Stimuli dar. Es resultieren zwei grundlegende Veränderungen der Wahrnehmung durch die Adaptation (Clifford, 2002). Zum einen kommt es zu einer Verzerrung, einem so genannten Nacheffekt. Typischerweise wird dabei die Wahrnehmung in die entgegengesetzte Richtung zum Adaptationsreiz verzerrt, wie bei der Wasserfalltäuschung die Bewegung nach oben. Des Weiteren führt die Adaptation zu einer Schwellenerhöhung für den adaptierten Reiz. Das bedeutet, dass sich die Fähigkeit des Beobachters zur Diskrimination dem Adaptor ähnlicher Stimuli verschlechtert. Der Effekt der Adaptation ist stärker, je mehr sich der Adaptationsreiz und der Testreiz gleichen. Nach dem aktuellen Stand der Forschung kann Adaptation auf verschiedenen Ebenen der visuellen Verarbeitung beobachtet werden. Ursprünglich wurden visuelle Nacheffekte lediglich

1 Einführung

auf frühen Stufen der visuellen Wahrnehmung beobachtet. Dabei bestand der Gegenstand der Untersuchung in grundlegenden Merkmalen wie z.B. Luminanz, Kontraste, Farbe oder Bewegung (Kloth & Schweinberger, 2008). In den letzten Jahren nahm aber auch die Forschung zu adaptiven Prozessen bei komplexen Reizen, wie dem Gesicht oder den Augen, zu (z.B. Jenkins, Beaver & Calder, 2006; Webster & MacLin, 1999).

Die Adaptation wird in der Forschung als Methode verwendet, um mehr über die Verarbeitung von visuellen Reizen im menschlichen Gehirn zu erfahren. In psychophysischen Experimenten ist Adaptation durch die Entstehung von Verzerrungen bzw. Verschätzungen untersuchbar, aber auch durch abbildende Verfahren wie funktionelle Magnetresonanztomographie. Im fMRI zeigt sich beispielsweise eine Reduktion des Blut-Sauerstoffgehalts nach Adaptation (bspw. Krekelberg, Boynton & Wezel, 2006). Bei der Arbeit mit dem Paradigma der Adaptation gibt es drei Stellschrauben bezüglich des zeitlichen Verlaufs, die variiert werden können. Zum einen die Darbietungszeit des adaptierenden Reizes, zweitens die Darbietungszeit des Testbildes und Des Weiteren die Länge des Interstimulus-Intervalls, d.h. die Zeit zwischen diesen beiden Reizen (z.B. Variation der Timing-Parameter beim Bewegungsnacheffekt nach Hershenson, 1993). Nach Kohn (2007) führt beispielsweise eine länger andauernde Adaptation zu stärkeren Nacheffekten als eine kürzere Adaptationsdauer. Dabei bezieht sich dieser Zusammenhang auf die Stärke der Adaptation, nicht auf ihre Erscheinungsform (siehe Abschnitt 1.3.2).

Wichtig ist die Abgrenzung von Adaptation gegenüber Primingprozessen, die auch mittels psychophysischer Experimente oder fMRI-Untersuchungen erforscht werden. In Primingexperimenten wird, wie bei der Adaptation, Probanden ein Reiz dargeboten und dessen Einfluss auf die Darbietung nachfolgender Reize beobachtet. Dabei kann es ebenfalls zu Verzerrungen oder einer Veränderung von Reaktionszeit oder Genauigkeit kommen (Schacter & Buckner, 1998; Tulving & Schacter, 1990; Wiggs & Martin, 1998). Auch im fMRI können Veränderungen durch Priming abgebildet werden (Buckner et al., 1998; Buckner & Koutstaal, 1998). Von Priming spricht man, wenn eine wiederholte Erregung bestimmter Nervenbahnen den Wirkungsgrad von Reizen gleicher Stärke erhöht oder eine Erregung dieser Nervenbahnen schon auf Grund schwächerer Reize ermöglicht wird. Auf einen Gedächtnisinhalt bezogen wird dieser beispielsweise schneller abgerufen, wenn der Inhalt selbst oder damit assoziierte kognitive Inhalte zuvor aktualisiert worden sind. Biederman und Cooper (1991) boten Versuchspersonen in ihren Experimenten Bilder von Objekten, z.B. Auto, Taschenlampe etc., dar. In der ersten experimentellen Phase wurden die Probanden auf die Bilder „geprimt“. Die Aufgabe bestand darin, die dargebote-

nen Objekte zu benennen. Gemessen wurde die Reaktionszeit der Beantwortung. In einem zweiten Durchgang wurden Bilder der Objekte gezeigt, auf denen nur die Hälfte der Konturen sichtbar war. Die Probanden sollten erneut die dargebotenen Objekte benennen. Die Auswertung ergab, dass die Schnelligkeit und die Genauigkeit der Erkennung der Objekte von der vorherigen Darbietung im ersten Durchgang abhing. Neben Experimenten zum perzeptuellen Priming, wie in der Untersuchung von Biederman und Cooper, wird auch semantisches Priming untersucht. Semantisches Priming bedeutet, dass die Verarbeitung eines Wortes die Verarbeitung eines zweiten nachfolgenden Wortes beeinflusst, falls zwischen beiden Wörtern eine semantische oder kategorielle Beziehung besteht. Wichtig für die vorliegende Thematik ist der Umstand, dass Primingprozesse auch in der Gesichtserkennung eine Rolle spielen (Henson, 2003; Henson et al., 2003). Goshen-Gottstein und Ganel (2000) beispielsweise untersuchten Priming bei bekannten und unbekanntem Gesichtern. Sie boten Versuchspersonen in einem ersten Durchgang unter Einbeziehung einer Distraktoraufgabe Fotos von Gesichtern dar. In einem zweiten Durchgang sahen die Probanden erneut Bilder von Gesichtern, die zum Teil aus neuen Gesichtern und zum Teil aus den vorher Präsentierten bestanden. Die Aufgabe in dieser Experimentalphase bestand darin, das Geschlecht der Person auf dem Bild zu bestimmen. Die Auswertung ergab, dass für die im ersten Durchgang geprimten Bilder sowohl die Reaktionszeiten schneller als auch die Fehlerhäufigkeit geringer waren. Die Reaktionszeit um ein Gesicht einzuordnen ist also schneller, wenn man das Gesicht vorher schon gesehen hat. Ursprünglich wurden Primingprozesse nur bei bekannten Gesichtern beobachtet, mittlerweile zeigen Studien aber auch Primingprozesse bezüglich unbekannter Gesichter (Henson et al., 2003).

Zusammenfassend besteht also trotz einiger Parallelen ein phänomenologischer Unterschied zwischen Priming und Adaptation. Bei Nacheffekten, die der Adaptation unterliegen, ist die Wahrnehmung in die Gegenrichtung des adaptierenden Reizes verzerrt. Bei der Wasserfalltäuschung beispielsweise wird eine Bewegung nach oben wahrgenommen. Beim Priming ergibt sich eine andere Art der Verzerrung. Hier wird schneller auf die vorher „geprimten“ Reize und damit assoziierte Stimuli reagiert. Es besteht also eine Bahnung in Richtung der „geprimten“ Information.

1.3.2 Adaptation an Basismerkmale

Zwei prominente Nacheffekte für einfache visuelle Reize sind der Bewegungsnacheffekt (Levinson & Sekuler, 1976) und der Orientierungsnacheffekt (Gibson & Radner, 1937). Bei

1 Einführung



Abbildung 1.10: Der Orientierungsnacheffekt (tilt after-effect). Man schaut für eine halbe Minute auf das linke Muster mit den nach rechts geneigten Streifen (dabei das rechte Muster abdecken). Im Anschluss daran blickt man auf das rechte Muster mit den vertikalen Streifen. Durch die Adaptation werden die vertikalen Streifen nach links gerichtet wahrgenommen. Es entsteht ein negativer Nacheffekt.

dem Orientierungsnacheffekt (tilt after-effect) geht es darum, dass eine anhaltende Darbietung eines Streifens oder -musters mit einer bestimmten Orientierung die wahrgenommene Orientierung eines nachfolgend betrachteten Musters beeinflusst (siehe Abbildung 1.10). Gibson und Radner (1937) boten Probanden verschiedene Liniensegmente dar. Sie berichteten, dass das mehrminütige Betrachten eines Liniensegments mit schrägen Konturen (z.B. 10° von der vertikalen Achse abweichend) dazu führt, dass eine danach angeschaute vertikale Linie als in die Gegenrichtung gekippt wahrgenommen wird. Die Autoren zeigten, dass der Nacheffekt über mehrere Minuten anhält. Dabei machte es keinen Unterschied, ob die Linie in den Uhrzeigersinn oder dagegen geneigt ist, der resultierende Nacheffekt wird immer in die jeweilige Gegenrichtung wahrgenommen. Dieser Effekt gilt sowohl für vertikale als auch für horizontale Linien oder Streifenmuster. Nach Kohn und Movshon (2004) ist er auf die Aktivität von Neuronen im primären visuellen Kortex (V1) zurückzuführen.

Neben Orientierungsnacheffekten wurden auch Bewegungsnacheffekte bis heute vielfach beschrieben und untersucht. Eine Studie zu einem Bewegungsnacheffekt wurde von der Arbeitsgruppe um Levinson und Sekuler (1976) veröffentlicht. Den Probanden wurden Muster zufällig angeordneter Punkte auf dem Bildschirm dargeboten, die sich parallel zueinander horizontal in eine Richtung bewegten. In dem Experiment wurde eine 3-minütige Adaptation an eine Bewegung 30° gegen den Uhrzeigersinn abweichend von der Horizon-

talen durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Probanden nach der Adaptation die Bewegung der Punkte um 10° mit dem Uhrzeigersinn abweichend von der Horizontalen wahrnahmen. Es resultiert also auch hier ein Nacheffekt in die entgegengesetzte Richtung relativ zur adaptierten Richtung. Nach Levinson und Sekuler (1976) kommt es durch die Adaptation zu einer Ermüdung richtungssensitiver Zellen im Kortex. Mittels Einzelzelleableitungen (z.B. Kohn & Movshon, 2003, 2004) konnte gezeigt werden, dass Bewegungsnacheffekte auf Adaptation von richtungsselektiven Zellen im mediotemporalen Kortex (motorischer Kortex, MT) zurückzuführen sind.

In der Literatur werden viele weitere Nacheffekte bei Basismerkmalen berichtet. Es zeigten sich beispielsweise Effekte durch Adaptation bei Kontrasten (Chen, Zhou, Gong & Liang, 2005), Raumfrequenz (Blakemore & Campbell, 1969) und Farbe (Webster & Mollon, 1994). In einer neuen Studie konnten Schweinberger et al. (2008) auch auditive Nacheffekte nachweisen. Ihre Untersuchung ergab, dass Probanden eine androgyne Stimme als männlich identifizierten, wenn sie zuvor eine deutlich feminine Stimme gehört hatten. Umgekehrt wurde eine androgyne Stimme als weiblich eingeschätzt, wenn zuvor eine markant maskuline Stimme dargeboten wurde.

Clifford (2002) verglich in seinem Review Befunde zum dem Orientierungs- und dem Bewegungsnacheffekt. Er untersuchte beide Nacheffekte hinsichtlich gemeinsamer Merkmale, um Rückschlüsse auf allgemeine Prinzipien der Adaptation ziehen zu können. Ein erster Aspekt, den der Autor untersuchte, bestand in dem Zusammenhang zwischen der Stärke des Nacheffekts in Abhängigkeit von der Orientierung des Adaptations- und Teststimulus. Für den Orientierungsnacheffekt zeigte sich, dass bei geringen Orientierungen zwischen Adaptor und Testreiz (bis zu 50°) ein Nacheffekt wahrgenommen wird (Gibson & Radner, 1937). Dieser ist bei einer Abweichung von $10 - 20^\circ$ am stärksten ausgeprägt. Für Orientierungen, die um mehr als 60° divergieren, wird der Testreiz in die Richtung des Adaptors orientiert wahrgenommen (siehe Abbildung 1.11, untere Skala). Für den Bewegungsnacheffekt recherchierte Clifford einen ähnlichen Zusammenhang (Levinson & Sekuler, 1976), wobei die kritischen Punkte ungefähr doppelt so groß wie bei dem Orientierungsnacheffekt waren. Für den Bewegungsnacheffekt ist bis zu einem Unterschied von 100° zwischen adaptierendem und Testreiz ein Nacheffekt zu beobachten (siehe Abbildung 1.11, obere Skala). Des Weiteren verglich Clifford Veränderungen des Tunings der Neurone, denen die Entstehung des Bewegungs- und Orientierungsnacheffekts zugeschrieben wird. Im V1 (Orientierung) und im MT (Bewegung) zeigte sich eine Reduktion der Antwort der Zellen nach der Adaptation auf den von der Zelle präferierten Stimulus

1 Einführung

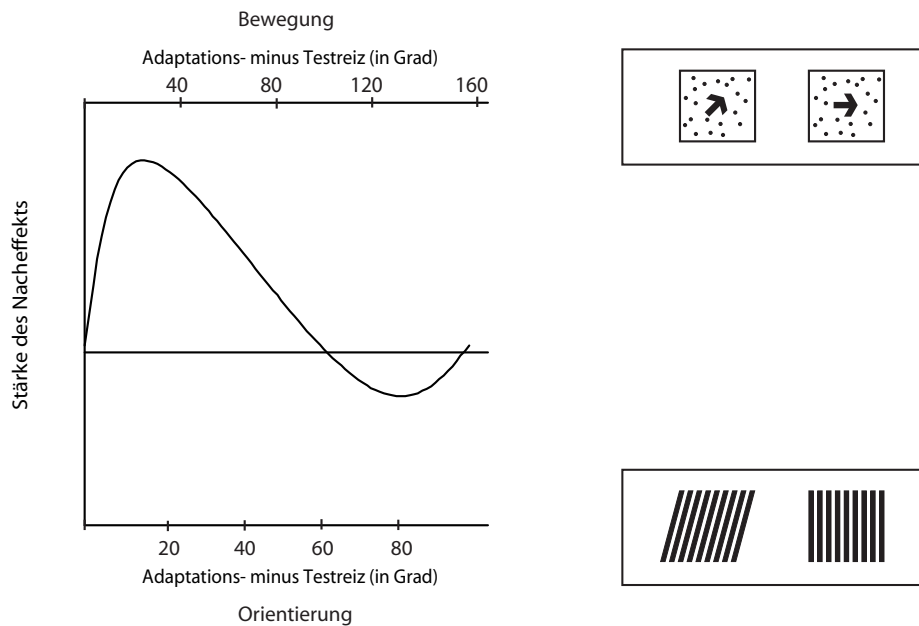


Abbildung 1.11: Stärke des Nacheffekts in Abhängigkeit von dem Unterschied zwischen Adaptationsreiz und Testreiz. Es ist jeweils die Skala für den Orientierungs- und für den Bewegungsnacheffekt abgetragen.

(siehe Abbildung 1.12). Zudem ergab sich eine Verschiebung der Zellpräferenz („repulsive shift“) weg vom Adaptationsreiz. Die resultierende Veränderung der Tuning-Kurve war jedoch bei den Nacheffekten unterschiedlich ausgeprägt (Kohn, 2007). Für die Zellen im MT ergab sich eine deutlich geringere Reduktion des Antwortverhaltens und es zeigte sich eine Schärfung des Tunings (siehe Abbildung 1.12). Clifford leitet aus seiner Recherche ab, dass Nacheffekten bei einfachen Merkmalen womöglich dieselben Mechanismen zugrunde liegen, auch wenn sie in verschiedenen kortikalen Arealen lokalisiert sind und in unterschiedlichen Ausprägungen vorliegen. Zudem zeigen die meisten Nacheffekte einen interokularen Transfer, wenn das adaptierte Auge und das Testauge unterschiedlich sind. Auch die zeitliche Dynamik bei der Adaptation an einfache Merkmale unterliegt einem klassischen Verlauf (Leopold, Rhodes, Muller & Jeffery, 2005). Sie nehmen typischerweise mit der Darbietungslänge des Adaptationsreizes in ihrer Ausprägung zu. Ihre Rückbildung ist eine Funktion der Darbietungslänge des Testbildes und kann als exponentieller Prozess beschrieben werden (Priebe, Churchland & Lisberger, 2002).

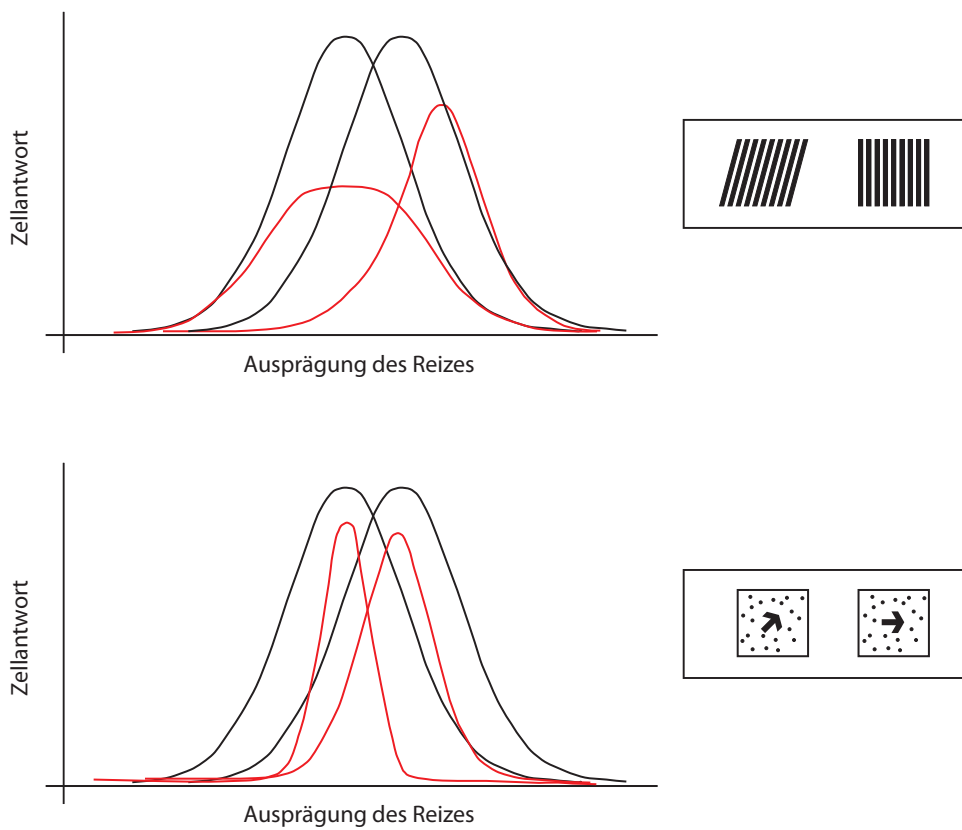


Abbildung 1.12: Der Einfluss von Adaptation auf das Tuning kortikaler Neurone.

Grafik oben: Darstellung einer typischen Tuning-Kurve für Neurone im V1, die beispielsweise für den Orientierungsnacheffekt verantwortlich sind. Grafik unten: Abbildung einer Tuning-Kurve charakteristisch für bewegungssensitive MT-Zellen.

Die roten Kurven stellen die Veränderung des Tunings nach der Adaptation dar. Es kommt zu einer deutlichen Reduktion der Zellantwort und einer Verschiebung der Tuning-Kurve.

1.3.3 Adaptation an komplexe Stimuli

Die Methode der Adaptation bei der Untersuchung einfacher Merkmale ist in der Forschung schon lange geläufig. Ein im Vergleich junger Forschungszweig befasst sich mit der Adaptation von Gesichtern. Generell müssen bei der Erkennung von Gesichtern aktuelle Informationen eines wahrgenommenen Gesichtes mit im Gedächtnis gespeicherten Repräsentationen von Gesichtern verglichen werden (vgl. V. Bruce & Young, 1986). Dies

1 Einführung

stellt eine besondere Anforderung an das visuelle System dar, da die strukturellen Informationen eines Gesichtes nicht nur Veränderungen des Blickwinkels, des Lichtes, der Distanz und der Größe unterliegen. Zusätzlich können sich beispielsweise auch der Gesichtsausdruck, die Frisur und das Alter verändern. Im Gegensatz zur Adaptation an einfache Reize, bei denen an ein einzelnes Merkmal adaptiert wird, müssen bei der Adaptation an Gesichter eine Menge verschiedener Merkmale verarbeitet werden. Insbesondere das Abstraktionsniveau der Informationsverarbeitung ist dabei ein relevanter Aspekt (vgl. Carbon et al., 2007). Zum einen ist es wichtig, Informationen über aktuelle Veränderungen in die mentalen Repräsentationen zu integrieren. Andererseits müssen aber zeitlich stabile Repräsentationen aufgebaut werden, um ein Wiedererkennen des Gesichtes unter verschiedenen Umständen zu gewährleisten. Es muss also eine passende Balance zwischen den Polen Stabilität und Flexibilität bei dem Aufbau von mentalen Repräsentationen von Gesichtern geben. Mittels Adaptationsexperimenten kann untersucht werden, wie stabil beziehungsweise flexibel sich die Wahrnehmung von Gesichtern gestaltet.

Im Bereich der Wahrnehmung von Gesichtern konnten verschiedene Nacheffekte beobachtet werden. Eine der ersten Studien zu diesem Thema wurde von Webster und MacLin (1999) veröffentlicht. Die Autoren berichten über den Gesichter-Verzerrungs-Nacheffekt (face distortion after effect, FDAE). Dieser Nacheffekt betrifft die Wahrnehmung von Gesichtskonfigurationen und ist bei normalen und invertierten Gesichtern zu beobachten. Die verwendeten Gesichter sind sowohl in die horizontale und vertikale Richtung unterschiedlich verzerrt. In ihrer Untersuchung verwendeten Webster und MacLin zwei verschiedene Experimente. Zum einen wurden Probanden an normale, unverzerrte Gesichter gewöhnt. Sie lernten verzerrte Gesichter (gestreckt oder gestaucht) so einzustellen, dass sie wieder normal entsprechend dem Ausgangsniveau waren. Nach einer 5-minütigen Adaptation an gestreckte bzw. gestauchte Gesichter wurde diese Aufgabe wiederholt. In einem zweiten Experiment wurden den Versuchspersonen Bilder von Gesichtern für eine Sekunde präsentiert und es sollte eingeschätzt werden, ob das Gesicht normal oder verzerrt aussieht. Diese Aufgabe wurde vor und nach der Adaptation an abnormal gestauchte oder gestreckte Gesichter durchgeführt. Im Gegensatz zum ersten Experiment wurde den Probanden im Vorfeld nicht das unverzerrte, normale Gesicht dargeboten. Die Auswertung beider Experimente ergab, dass nach der Adaptation an ein abnormal gestrecktes (oder gestauchtes) Gesicht ein normales Gesicht gestaucht (oder gestreckt) erscheint. Es handelt sich hier um einen negativen Nacheffekt, da sich die Wahrnehmung eines neutralen Gesichtes (Prototyp) in die Gegenrichtung zum adaptierten Merkmal verändert. Der Nacheffekt zeigte

sich sowohl für minimale als auch für starke Verzerrungen und bestand über verschiedene Gesichter hinweg (siehe auch MacLin & Webster, 2001; Rhodes et al., 2004; Yamashita, Hardy, De Valois & Webster, 2005).

In der Literatur werden weitere Gesichternacheffekte bezüglich bestimmter Merkmale berichtet. Für die Ermittlung der verschiedenen Nacheffekte werden für jede untersuchte Dimension die Gegensatzpaare an den Enden des Kontinuums, ein mittleres, neutrales Bild und dazwischenliegende Bilder des Gesichtes generiert. Webster, Kaping, Mizokami und Duhamel (2004) untersuchten den Gesichternacheffekt unter anderem hinsichtlich der Dimension „Geschlecht“. Dabei bilden ein deutlich weibliches und ein deutlich männliches Gesicht die beiden Enden des Kontinuums. Die Autoren generierten Bilder von Gesichtern mit eindeutig weiblichen und eindeutig männlichen Merkmalen. Mittels einer Morph-Software wurden weitere Bilder zwischen diesen Polen erstellt. Ein androgynes Gesicht bildete den neutralen Punkt in der Mitte des Kontinuums (beispielhaft siehe Abbildung 1.13). Die Auswertung ergab, dass bei der Adaptation auf ein eindeutig männliches (weibliches) Bild das neutrale Indifferenzbild hinterher als eher weiblich (männlich) eingeschätzt wird (siehe auch Kovacs, Zimmer, Harza & Vidnyanszky, 2007). Allen Nacheffekten bei der Wahrnehmung von Gesichtern liegt derselbe Mechanismus zugrunde. Die Adaptation an ein Merkmal an einem Ende eines Kontinuums führt bei der Darbietung eines durchschnittlichen Gesichtes zu einer Verzerrung in die entgegengesetzte Richtung des Kontinuums. Weitere Gesichternacheffekte finden sich bezüglich der Wahrnehmung der Identität eines Gesichtes (face identity after effect, FIAE) (Leopold, O’Toole, Vetter & Blanz, 2001; Rhodes & Jeffery, 2006), der Kopfposition eines Gesichtes (Fang et al., 2007) und bei Merkmalen wie Ethnie oder dem emotionalen Ausdruck eines Gesichtes (Webster et al., 2004). Auch hinsichtlich der Einschätzung der Attraktivität von Gesichtern kommt es zu Nacheffekten. Rhodes, Jeffery, Watson, Clifford und Nakayama (2003) untersuchten, ausgehend von der Tatsache, dass Gesichter mit durchschnittlichen Merkmalen am attraktivsten wirken, den Einfluss von Adaptation auf die Attraktivitätseinschätzung von Gesichtern. Als Reizmaterial nutzen sie wie beispielsweise Webster und MacLin Bilder von gestauchten und gestreckten Gesichtern. Vor der Adaptation wurden die durchschnittlichen Gesichter als am attraktivsten beurteilt. Die Autoren konnten zeigen, dass nach der Adaptation Gesichter mit Merkmalen in die adaptierte Richtung als attraktiver eingeschätzt werden. Dafür werden Gesichter mit durchschnittlichen Attributen als weniger attraktiv gewertet.

In der Forschung zeigen sich grundlegende Unterschiede zwischen der Adaptation an einfache Reize und der Adaptation an komplexe Stimuli wie Gesichter. Diese deuten darauf

1 Einführung

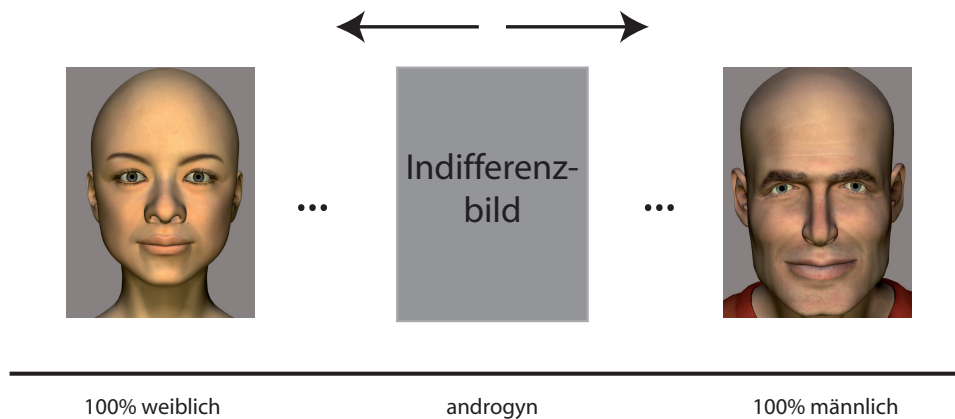


Abbildung 1.13: Beispiel für das Reizmaterial bei der Untersuchung des Gesichternacheffekts bezogen auf das Merkmal Geschlecht. An den Enden des Kontinuums stehen ein eindeutig weibliches und ein eindeutig männliches Gesicht. Mittels einer Morph-Software werden die dazwischenliegenden Bilder generiert. Durch die Adaptation an ein weibliches (bzw. männliches) Gesicht wird das neutrale Gesicht nachfolgend als männlich (weiblich) eingeschätzt. Die Pfeile markieren diese Verschiebung des Indifferenzbilds in die Gegenrichtung zur Adaptation.

hin, dass die Gesichteradaptation und damit einhergehende Gesichternacheffekte höhere Ebenen der visuellen Verarbeitung betreffen. Ein wichtiger Unterschied stellt die Asymmetrie der Gesichternacheffekte dar. Webster und MacLin (1999) untersuchten sowohl die Adaptation an verzerrte Bilder, als auch in einer Kontrollbedingung den Einfluss von Adaptation an ein nicht verzerrtes Bild. Dabei ergab sich, dass bei der Adaptation an normale Gesichter nur minimale Veränderungen zu beobachten sind. Der Nacheffekt ist also asymmetrisch. Das heißt, er gilt für die Adaptation an verzerrte Gesichter, nicht aber bei der Adaptation an unverzerrte. Diese Asymmetrie würde man nicht erwarten, wenn durch die Adaptation nur Merkmale auf niedriger Ebene verändert würden. Ein weiterer Hinweis auf die Verarbeitung auf höheren Ebenen der visuellen Wahrnehmung geben Befunde von Leopold et al. (2001); Yamashita et al. (2005); Zhao und Chubb (2001). In ihren Untersuchungen konnten die Autoren zeigen, dass die Gesichternacheffekte unabhängig von Veränderungen der Stimulusgröße und -Position auftreten. Zhao und Chubb (2001) initiierten Nacheffekte (FDAE) unter Verwendung dreier verschiedener Größen des Testbildes. Bei der Untersuchung von Leopold et al. (2001) wurde mittels einer Distraktoraufgabe

sichergestellt, dass sich die Position des Abbildes auf der Retina verschiebt. Auch hier zeigt sich eine Invarianz bezüglich der Verschiebung des Stimulus. Ein dritter Punkt, der auf die Verarbeitung auf höheren Ebenen der visuellen Wahrnehmung hinweist, betrifft die Orientierungsinvarianz. Watson und Clifford (2003) untersuchen den FDAE und verwendeten dabei gekippte Gesichter. Dabei waren die Testbilder in eine Richtung um 45° ausgehend von der vertikalen Achse gedreht und die adaptierenden Bilder um 45° in die entgegengesetzte Richtung. Es zeigte sich nach wie vor ein Nacheffekt, der aber geringer ausgeprägt war als bei normalen Bildern. Die Autoren interpretieren ihre Befunde dahingehend, dass Gesichternacheffekte zu einem großen Anteil auf die Verarbeitung auf höheren Ebenen zurückzuführen sind. Orientierungsinvarianz der Gesichternacheffekte zeigen auch die Untersuchungen von Webster und MacLin (1999) und Rhodes et al. (2003). Des Weiteren sind Gesichternacheffekte auch zu beobachten, wenn das adaptierende Gesicht oder das Testbild invertiert ist (vgl. Webster & MacLin, 1999). Dies ist ein wichtiger Befund, da die Forschung zeigt, dass die Inversion eines Gesichtes generell zu einer Verschlechterung der Gesichterwahrnehmung führt (Yin, 1969). Insgesamt untermauern diese Ergebnisse die Annahme, dass die Gesichternacheffekte auf einer höheren Verarbeitungsebene stattfinden, die relativ unabhängig von der absoluten Größe oder Position der Reize ist.

Visuelle Nacheffekte für einfache Attribute unterliegen typischerweise, wie in Abschnitt 1.3.2 beschrieben, einem logarithmischen Aufbau abhängig von der Adaptationsdauer und einer exponentiellen Rückbildung in Abhängigkeit von der Darbietungsdauer des Testbilds. Um zu überprüfen, ob diese zeitliche Dynamik auch bei der Adaptation an komplexe Stimuli gültig ist, untersuchen verschiedene Arbeitsgruppen den zeitlichen Verlauf der Gesichteradaptation (Carbon et al., 2007; Leopold et al., 2005; Rhodes, Jeffery, Clifford & Leopold, 2007). Leopold et al. (2005) arbeiteten in ihren Studien mit dem Gesichts-Identitäts-Nacheffekt (FIAE) und untersuchten die Auswirkungen verschiedener Darbietungszeiten auf die Länge der Adaptation. Die Autoren variierten sowohl die Darbietungszeit des adaptierenden Reizes (von 1000 ms bis 16000 ms), als auch die des Testreizes (von 200 ms bis 1600 ms). Leopold et al. boten den Probanden zwei verschiedene Arten von Gesichter-Sets dar, die sich hinsichtlich ihrer grundlegenden Merkmale unterschieden. Damit sollte gewährleistet werden, dass die Ergebnisse nicht nur auf begrenztes Reizmaterial zurückzuführen sind. Die Auswertung der Daten ergab, dass sich wie bei Adaptationsprozessen an einfache Stimuli ein logarithmischer Aufbau der Adaptation und eine exponentielle Rückbildung findet. Es ergab sich durchgängig kein Unterschied zwischen den Stimuli-Sets. Das bedeutet, dass der Gesichternacheffekt unabhängig von einfachen Merk-

1 Einführung

malen, wie Farbe oder Textur, abläuft. Auch die Untersuchung von Rhodes et al. (2007) kommt bezüglich des zeitlichen Verlaufes sowohl für den FIAE als auch den FDAE zu den selben Ergebnissen. Zugunsten einer weiteren Generalisierbarkeit der Befunde verwendeten sie für Adaptationsreiz und Testbild unterschiedliche Bildergrößen, um so durch eine Adaptation auf der retinotopen Ebene ausschließen zu können.

Ausgehend von diesen Befunden scheint die Adaptation auf höheren Ebenen der Wahrnehmung einerseits Gemeinsamkeiten mit der Adaptation auf niedrigeren Ebenen zu haben. Andererseits zeigen sich auch wichtige Unterschiede. Für die Entstehung und die Rückbildung der Gesichternacheffekte ergeben sich dieselben zeitlichen Verläufe wie sie bei der Adaptation an einfache Merkmale zu beobachten sind. Der Adaptation an komplexe Merkmale scheint also derselbe Mechanismus wie bei einfachen Merkmalen, die ihren Ursprung in der frühen retinotopen Verarbeitung haben, zugrunde zu liegen. Trotz der zeitlichen Parallelen finden sich grundlegende Unterschiede zum Beispiel bezüglich der Positionsinvarianz. Deshalb ist unwahrscheinlich, dass die Gesichternacheffekte auf Adaptation von Verschaltungen im primären visuellen Kortex zurückzuführen sind.

1.3.4 Funktionalität von Adaptation

Der Adaptation an einfache und an komplexe Merkmale liegen ähnliche Mechanismen zugrunde. Es zeigen sich jedoch, wie im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, auch fundamentale Unterschiede. Bei der Untersuchung adaptiver Prozesse stellt sich die Frage der Funktionalität von Adaptation für die visuelle Wahrnehmung. Diesbezüglich werden in der Forschung verschiedene Aspekte diskutiert.

Ein wichtiger Nutzen von Adaptation besteht in der Verbesserung der Diskriminationsfähigkeit eines Reizes. Ein Beispiel hierfür ist die Hell-Dunkel-Adaptation (Shapley & Enroth-Cugell, 1984). Bei der Dunkeladaptation kommt es zu einer Anpassung der retinalen Zellen an Dunkelheit, so dass nach einer Dauer von 20 Minuten auch in der Dunkelheit Kontraste gesehen werden können. Da die Lichtintensität großen Variationen unterliegt, können durch die Anpassung an die aktuelle Helligkeit auch kleine Veränderungen der Luminanz unterschieden werden. Auf Zellebene ist eine horizontale Verschiebung in der Kontrast-Response Funktion zu beobachten. Dadurch wird den kortikalen Zellen erlaubt, sich durch eine Veränderung der Sensitivität auf das passende Kontrastniveau einzustellen. Die Verbesserung der Diskrimination durch Adaptation wird jedoch kontrovers diskutiert. Krekelberg et al. (2006) berichten über verschiedene Befunde, in denen sich die Diskri-

minationsschwelle für Reize, die dem Adaptor ähneln, teilweise gar nicht oder nur leicht erhöht. Selbiges gilt auch für die von Clifford (2002) vorgestellten Ergebnisse zur Adaptation an Basismerkmale, wie z.B. Orientierung. In diesem Bereich zeigen sich Verschlechterungen der Diskriminierbarkeit vor allem für Stimuli, die dem adaptierenden Reiz ähnlich sind.

Eine zweite mögliche Funktion von Adaptation liegt (nach Kohn, 2007) in der Verbesserung der Diskriminierbarkeit neuer oder seltener Reize. Bei der Gesichterwahrnehmung geht man beispielsweise davon aus, dass eine implizit gespeicherte Norm bzw. ein Prototyp als Referenz gespeichert wird (Leopold et al., 2005). Abweichungen davon werden einfach wahrgenommen. Durch die Adaptation wird der adaptierte Reiz als neue Norm gesetzt. Das heißt, das visuelle System nimmt eine Aktualisierung der Referenzkategorie vor, wenn bestimmte Reize, wie z.B. verzerrte Gesichter, mit einer hohen Frequenz dargeboten werden (Rhodes et al., 2003). Dieser Nutzen steht im Gegensatz zum ersten Aspekt von Funktionalität. Anstatt einer verbesserten Diskriminierbarkeit von Nuancen um den aktuellen Mittelwert wird die Diskrimination seltener Stimuli verbessert.

Ein weiterer möglicher Nutzen von adaptiven Prozessen betrifft die Effizienz der visuellen Wahrnehmung. Es gibt nur eine begrenzte Kapazität im visuellen System, so dass es sinnvoll ist, redundante Informationen zu filtern. Durch eine Verringerung von überflüssiger Informationen kann eine Optimierung der zur Verfügung stehenden Ressourcen erfolgen. Bei der Adaptation geschieht dies entweder durch eine Veränderung der Präferenz des aktivierten Neurons oder durch eine Verschmälerung des Tunings der involvierten Zellen. Diese Reduktion von Redundanzen führt zu Einsparungen beim Metabolismus. Da das Feuern der Zellen metabolische Kosten bedeuten, kommt es durch die Adaptation, bei der sich die Feuerrate senkt, zu deutlichen Einsparungen (Lennie, 2003).

1.4 Der Blickrichtungsnacheffekt

1.4.1 Beschreibung des Blickrichtungsnacheffekts

Ebenso wie die Wahrnehmung von Gesichtern kann auch die Wahrnehmung der Blickrichtung menschlicher Gesichter mittels Adaptation untersucht werden. Eine der ersten Studien zu diesem Thema wurde von Jenkins et al. (2006) veröffentlicht. Die Autoren boten den Probanden in einem Pretest für 1,5 Sekunden Bilder von Gesichtern, mit Blickwinkel von 0°, 5° und 10° links und rechts, dar. Die Versuchspersonen sollten im Rahmen eines 3

1 Einführung

Alternativ Forced Choice-Vorgehens einschätzen, ob die Person auf dem Bild nach links, recht oder geradeaus schaut. Im Anschluss an diese Baseline-Erhebung erfolgte eine fünfminütige Adaptationsphase, in der stark abgewandte Blicke von 25° in eine bestimmte Richtung, links oder rechts, präsentiert wurden. Danach wurde ein Posttest durchgeführt. Im Posttest wurden dieselben Bilder wie im Pretest gezeigt und es sollte wieder dieselbe Einschätzung der Blickrichtung abgegeben werden. Zur Aufrechterhaltung der Adaptation wurde jedoch vor jedem Testbild für 8 Sekunden ein so genanntes TopUp-Display dargeboten. Das TopUp-Display bestand aus einem der adaptiven Reize der Adaptationsphase. Die Ergebnisse des Experimentes sind in Abbildung 1.14 dargestellt. Abgetragen ist die Häufigkeit der „geradeaus“-Antworten der Probanden. Die Autoren konnten zeigen, dass Versuchspersonen Blickwinkel im Pretest zuverlässig einschätzen können. Für den 0° -Blickwinkel antworten die Probanden mit einer Häufigkeit über 87% mit „geradeaus“. Für die deutlich abgewandten 10° -Winkel war der Anteil der „geradeaus“-Antworten sehr gering. Lediglich für die 5° -Winkel ergab sich ein leicht erhöhter Anteil von „geradeaus“-Antworten von ungefähr 29%. Für den Posttest hingegen ergeben sich andere Resultate. Die Blickwinkel 5° und 10° in die adaptierte Richtung werden nach der Adaptationsphase als geradeaus gerichtet beurteilt. Dieser Effekt zeigt sich sowohl für die linke, als auch für die rechte Seite. Für die Winkel in die Gegenrichtung zeigt sich im Vergleich mit dem Pretest kein Unterschied in der Häufigkeit der „geradeaus“-Antworten. Die Autoren gehen davon aus, dass es sich bei dem Blickrichtungsnacheffekt, wie auch bei der Adaptation von Gesichtern, um Langzeitadaptation auf höheren Ebenen der visuellen Wahrnehmung handelt. Um auszuschließen, dass sich der Verschätzungseffekt mit low-level Adaptation begründen lässt, wurden zwei Kontrollexperimente durchgeführt. Dabei sollte retinotopes Mapping unterbunden werden, um Adaptation auf dieser Ebene ausschließen zu können. Im ersten Experiment wurden adaptierende Stimuli verwendet, die doppelt so groß wie die Testbilder waren. Im zweiten Versuch blieb die Stimulusgröße unverändert. Statt dessen wurden für die Adaptation Bilder mit gedrehtem Kopf verwendet, so dass die Position der Augen auf dem Bildschirm zwischen Adaptationsreiz und Testbild unterschiedlich war. Der Blickwinkel in der Adaptationsphase bzw. auf den TopUp-Displays von 25° nach links bzw. rechts blieb unverändert. Es zeigte sich, dass trotz der retinalen Unterschiede das typische Muster des Blickrichtungsnacheffekts zu beobachten ist. Abschließend wird in der Untersuchung von Jenkins et al. (2006) ein letztes Experiment realisiert. Diesem liegt die Frage zugrunde, ob es sich bei dem beobachteten Effekt um eine Adaptation eines generellen räumlichen Urteils handelt. Das Vorgehen im Versuch war dasselbe wie im ersten Expe-

1.4 Der Blickrichtungsnacheffekt

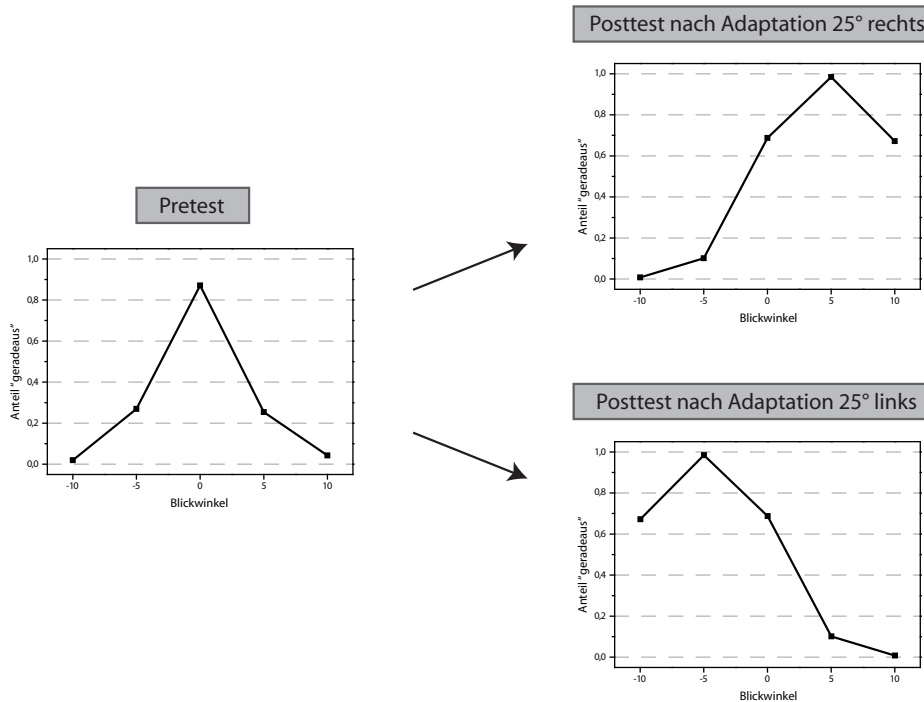


Abbildung 1.14: Ergebnisse der Pre- und Posttests in der Studie von Jenkins et al. (2006). Auf der x-Achse sind jeweils die fünf verwendeten Testwinkel abgetragen und auf der y-Achse der Anteil der „geradeaus“-Antworten pro Blickwinkel. Der linke Graph stellt die Ergebnisse des Pretests dar. Es ergibt sich die für den Nacheffekt typische Form eines umgekehrtes V. Die Ergebnisse des Posttests für die Adaptation nach links bzw. rechts sind in den beiden rechten Graphen abgebildet. Es zeigt sich ein richtungsspezifischer Nacheffekt.

riment, nur dass anderes Reizmaterial dargeboten wurde. Den Probanden wurden anstatt Bilder von Gesichtern eine horizontale Linie gezeigt, auf der eine vertikale Markierung zu sehen war. Die Stellen der Markierung entsprachen den verwendeten Blickwinkeln. Die Aufgabe bestand darin einzuschätzen, ob sich die Markierung in der Mitte, oder rechts oder links von der Mitte befand. In der Adaptationsphase wurden die Bilder mit abgewandten Gesichtern genutzt. Im Posttest zeigte sich, dass sich die Genauigkeit der Einschätzung der Markierung nicht verändert. Die Autoren schlussfolgern aus diesen Befunden, dass es sich bei dem Nacheffekt um Adaptationsprozesse auf der Ebene der Gesichterwahrnehmung handelt.

1 Einführung

Der Blickrichtungsnacheffekt wurde zeitgleich von einer weiteren Forschergruppe, Seyama und Nagayama (2006), beschrieben. Die Autoren arbeiteten im Unterschied zu Jenkins et al. mit einem 2 Alternativ Forced Choice-Paradigma mit den Antwortalternativen links und rechts. Es wurden anstatt von Fotografien computergenerierte Bilder mit fünf Blickrichtungen, von 0° und 2° und 4° , links und rechts, verwendet. Die Autoren nutzten drei verschiedene Adaptationsreize, 0° und 35° , links und rechts. Auch in dieser Studie zeigte sich der Blickrichtungsnacheffekt abhängig von der Adaptationsrichtung. Entsprechend der Studie von Jenkins et al. wurde mittels eines Kontrollexperimentes ausgeschlossen, dass es sich um Adaptation auf frühen Verarbeitungsstufen handelt. Die Autoren zeigten statt der Gesichter in der Adaptationsphase als Richtungscue Pfeile. Es zeigte sich, dass durch die Adaptation an die Pfeile kein Blickrichtungsnacheffekt induziert werden konnte. Der Nacheffekt lässt sich also durch abgewandte Blicke, nicht aber durch einen Richtungshinweis wie einen Pfeil hervorrufen. Die Blickrichtung der Gesichter und die Richtung, die durch den Pfeil angegeben wird, werden also auf dem Level, auf dem der Blickrichtungsnacheffekt erzeugt wird, separat voneinander kodiert. Diese Annahme wird durch weitere Studien gestützt, die zeigen konnten, dass Richtungsinformationen über Blickwahrnehmung bzw. andere Hinweisreize in unterschiedlichen Arealen kodiert werden (Hooker et al., 2003; Ristic, Friesen & Kingstone, 2002).

Es findet sich ein wichtiger Unterschied in den Befunden der beiden Forschergruppen und zwar bezüglich des Einflusses der Adaptation auf die Blickwinkel, die nicht in die Richtung der Adaptation ausgerichtet sind. Jenkins et al. (2006) berichtet keine Veränderungen zwischen Pretest und Posttest bezüglich des geradeaus gerichteten Winkels und der Winkel der Gegenseite, d.h. in die nicht adaptierte Richtung. Seyama und Nagayama (2006) hingegen stellten dar, dass nach der Adaptation nach links (rechts) bezüglich der geradeaus gerichteten Blicke mehr „rechts“ („links“) Klassifikationen erfolgten. Es zeigt sich also in diesem Experiment ein deutlicher Effekt auf die geradeaus gerichteten Blicke. Für die Blickwinkel in die Gegenrichtung zur Adaptationsrichtung findet sich kein Unterschied.

1.4.2 Neuronale Grundlagen des Blickrichtungsnacheffekts

Es existieren bislang zwei Studien, die die neuronalen Korrelate des Blickrichtungsnacheffekts mittels ereigniskorrelierter Potentiale (event-related potentials, ERP) und funktionaler Magnetresonanztomographie (functional magnetic resonance imaging, fMRI) untersuchen. In beiden Untersuchungen geht es zum einen darum, Unterschiede auf neuronaler Ebene

1.4 Der Blickrichtungsnacheffekt

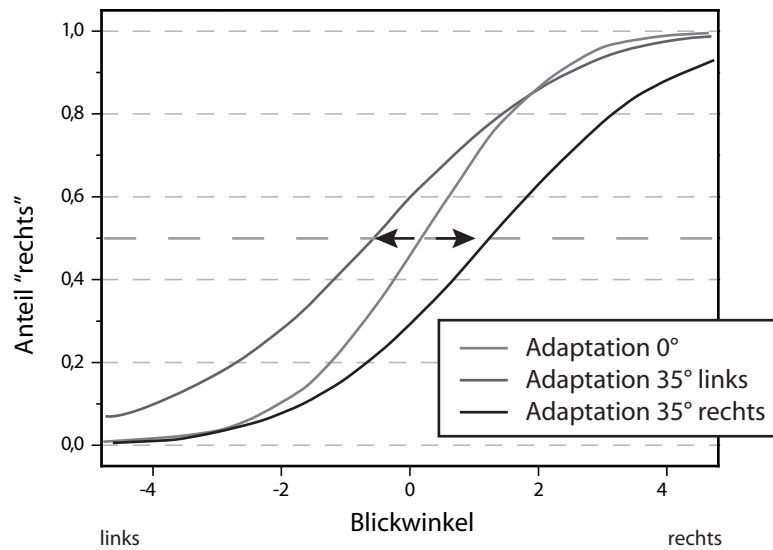


Abbildung 1.15: Nachbildung der Ergebnisse von Seyama (2006). Auf der x-Achse sind die verwendeten Testblickwinkel von 4° links bis 4° rechts abgetragen, auf der y-Achse der Anteil der „Blick nach rechts“-Antworten. Die Kurve in der Mitte stellt die Ergebnisse für die 0°-Adaptation dar. Die beiden äußeren Kurven zeigen die Werte nach der Adaptation nach links und rechts. Die eingezeichneten Pfeile verdeutlichen die Verschiebung der Kurven, die sich durch die Adaptation an die abgewandten Blicke ergibt.

zwischen Pretest und Posttest zu entdecken, aber zudem auch Belege für richtungsselektive Areale im menschlichen Kortex zu finden.

Schweinberger et al. (2007) arbeiteten mit demselben experimentellen Paradigma wie Jenkins et al.. Sie boten den Versuchspersonen abweichend nur drei verschiedene Testblickwinkel (0° und 5°, jeweils rechts und links) dar und verwendeten etwas andere Darbietungszeiten für den Testreiz (350 ms) und das TopUp-Display (2 mal 3500 ms). Um zu überprüfen, ob die Adaptation über ein kurzes Zeitintervall bestehen bleibt, wurde zwischen TopUp-Display und Testbild ein Inter-Stimulus-Intervall von 1000 ms in Form eines schwarzen Bildschirms eingeblendet. Ausgehend von ERP-Befunden bei der Adaptation von Gesichtern (Kovacs et al., 2006, 2007) wurde während des Versuchs ein Elektroenzephalogramm (EEG) abgeleitet und die ERPs vor und nach der Adaptation verglichen. Die

1 Einführung

Autoren nehmen an, dass die posterioren Regionen des Sulcus temporalis superior bei der Blickwahrnehmung eine Rolle spielen. Deshalb fokussierten sie vor allem auf die Komponente N170, die in dieser Region gebildet wird. Die Auswertung zeigt zum einen, dass sich trotz des Intervalls von einer Sekunde zwischen TopUp-Display und Testbild der Blickrichtungsnacheffekt wie bei Jenkins et al. herstellen lässt. Die Auswertung der ERPs ergibt weiterhin signifikante Unterschiede zwischen Pretest und Posttest für die Komponenten P100 und N170. Für beide Komponenten wird eine kürzere Latenz für den Pretest im Vergleich zum Posttest beobachtet. Es finden sich aber keine signifikanten Befunde bezüglich einer Richtungsspezifität für die P100 oder die N170. Es zeigt sich aber ein späterer Effekt für das 250-350 ms-Segment nach der N170, was auf die Beteiligung eher anteriorer temporaler Regionen anstatt wie bisher angenommen der posterioren Regionen des STS hinweist.

Zusätzlich zu den Befunden bezüglich der neuronalen Korrelate des Blickrichtungsnacheffekts berichten Schweinberger et al. in einem späteren Artikel über Artefakte, die sich bei der Auswertung dieses Experimentes ergeben haben. Die Versuchspersonen durchliefen nacheinander randomisiert sowohl die Adaptation nach links als auch die Adaptation nach rechts in verschiedenen Experimentalblöcken. Trotz einer Pause von einigen Minuten zwischen den Blöcken zeigten sich Übertragungseffekte vom ersten auf den zweiten Teil. Dieser Befund ist als ein erster Hinweis auf einen längeren Fortbestand des Blickrichtungsnacheffekts zu bewerten.

Die Forschergruppe um Calder et al. (2007) untersucht die neuronalen Grundlagen des Blickrichtungsnacheffekts mittels fMRI. Im Vergleich zum ursprünglichen Paradigma wurde in der fMRI-Untersuchung wie bei Schweinberger et al. auch nur mit 3 Testblickwinkeln (0° und 10° rechts und links) gearbeitet. Außerdem wurde die Darbietungszeit des TopUp-Displays im Posttest um die Hälfte reduziert (auf 4000 ms). Auch mit diesem experimentellen Design ließ sich der Blickrichtungsnacheffekt wie gewohnt herstellen. Die fMRI-Auswertung ergab signifikante Effekte für anteriore Regionen des Sulcus temporalis superior und für den inferiorparietalen Kortex (inferior parietal lobule, IPL), für eine Lokalisation der Regionen siehe Abbildung 1.8. Adaptation an 25° nach links gerichtete Blickwinkel führte zu einer Reduktion des Blut-Sauerstoffs-Gehalts in diesen Regionen für linksgerichtete Testwinkel in Relation zu geradeaus oder nach rechts blickenden. Für die Adaptation an rechtsgerichtete Blicke ergab sich ein korrespondierender Befund. Für beide Hirnregionen ergab sich ein signifikanter Effekt für die Lateralisation für die rechte Hemisphäre. Für den linken Sulcus temporalis superior fanden sich gleiche Aktivierungs-

1.4 Der Blickrichtungsnacheffekt

muster, die aber signifikant weniger ausgeprägt waren. Für den linken IPL zeigte sich keine besondere Aktivierung.

Die Befunde beider Studien weisen darauf hin, dass bei dem Blickrichtungsnacheffekt anteriore Regionen des STS eine Rolle spielen. Die Autoren schlussfolgern, dass nach links und nach rechts gerichtete Blicke von separaten Neuronenpopulationen in der rechten Hemisphäre im anterioren Sulcus temporalis superior kodiert werden. Diese Ergebnisse korrespondieren mit anderen Studien (vgl. De Souza et al., 2005; Perrett et al., 1985, 1992), nach denen im anterioren STS verschiedene Blickrichtungen kodiert werden (siehe auch Abschnitt 1.2). Der IPL hat Verknüpfungen mit dem STS und ist assoziiert mit der Blickverarbeitung (vgl. Pelphrey et al., 2004; Wicker et al., 1998). Dieses Areal spielt eine wichtige Rolle bei der Aufmerksamkeitslenkung, die z.B. durch die Wahrnehmung von Blicken zustande kommt. Im IPL wird also nicht direkt die Blickrichtung kodiert, sondern die Allokation der Aufmerksamkeit gesteuert. Beide Befunde beziehen sich nur auf die rechte Hemisphäre. Die predominante Rolle der rechten Hemisphäre bei der Gesichterverarbeitung ist auch in anderen Untersuchungen beobachtet worden (vgl. z.B. Haxby et al., 2000).

1.4.3 Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts

Ausgehend von dem Befund, dass bei den Experimenten von Schweinberger et al. trotz Pausen Übertragungseffekte zwischen den Adaptationsblöcken zu beobachten sind, untersuchten Kloth und Schweinberger (2008) die zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts. In ihren Experimenten nutzen die Autoren vier verschiedene Experimentalphasen. Wie bei Jenkins et al. wurde ein Pretest, eine Adaptationsphase und ein Posttest mit vorgeschalteten TopUp-Displays vor dem Testbild durchgeführt. Daran wurden vier weitere Posttests angeschlossen, in denen wie im Pretest nur die Testreize ohne erneute adaptierende Stimuli dargeboten wurden. Die Prozedur des Experimentes war mit der der Experimente von Schweinberger et al. identisch. Die Trials der letzten vier Posttests hatten denselben zeitlichen Verlauf wie die des Pretests. Es wurden Testblickwinkel von 10° und 5° links und rechts und 0° verwendet. Die Auswertung ergab, dass der Blickrichtungsnacheffekt bis zu 7 Minuten nach Ende der Adaptation nachweisbar ist. Das Fitten der Daten ergibt eine exponentielle Zerfallskurve, wie auch im Bereich der Adaptation an Gesichter (vgl. Leopold et al., 2005), die erst nach einer Zeitdauer von ungefähr 10 Minuten auf das Ausgangsniveau des Pretests zurückkehrt.

Die Studie von Kloth und Schweinberger ist zusammen mit der Untersuchung von

1 Einführung

Leopold et al. (2005) eine der ersten, die den zeitlichen Verlauf adaptiver Prozesse auf höheren Ebenen der Wahrnehmung, wie z.B. Verarbeitung der Wahrnehmung von Gesichtern oder Blicken, beschreibt. Die Befunde geben Hinweise darauf, dass die Entstehung und die Rückbildung der Verzerrung denselben Prinzipien unterliegen, die auch für Adaptation auf früheren Stufen gelten.

1.4.4 Mehr-Kanal-Modell der Blickwahrnehmung

Bisherige Forschungsbefunde zeigten, dass nach links und nach rechts gerichtete Blicke durch separate Zellpopulationen im Sulcus temporalis superior kodiert werden. Offen bleibt dabei, ob der Verarbeitung ein Mehr-Kanal-Modell oder ein Opponent-Modell zugrunde liegt. Calder, Jenkins, Cassel und Clifford beschäftigten sich in ihrer Untersuchung (2008) mit dieser Fragestellung. Unter der Annahme eines Mehr-Kanal-Modells würden die verschiedenen Blickrichtungen über separate Kanäle verarbeitet, z.B. drei breite Kanäle, die links, rechts und geradeaus gerichtete Blicke kodieren. Eine Alternative wäre das Opponent-Modell. Dieses geht von zwei entgegengesetzten Neuronenpopulationen für links und rechts gerichtete Blicke aus. Der geradeaus gerichtete Blick repräsentiert in diesem Modell den neutralen Punkt, an dem beide Kanäle gleichmäßig involviert sind. In beiden Modellen wird die Blickrichtung über den Output aller Kanäle berechnet. Zudem reduziert die Adaptation auf eine bestimmte Blickrichtung die Feuerungsrate des jeweiligen Kanals. Die beiden Modelle unterscheiden sich im Verhalten bezüglich des 0° -Winkels. Bei der Adaptation an einen geradeaus gerichteten Blick sollte es bei einem Mehr-Kanal-Modell zu einer Abnahme der Antwort auf diesen Blick kommen, da sich das Antwortverhalten des Kanals für den geradeaus gerichteten Blick abschwächt. Die Verarbeitung abgewandter nach links oder rechts gerichteter Blicke dürfte sich nicht verändern. Für das Opponent-Modell ergibt sich eine andere Vorhersage. Da es keinen separaten Kanal für diese Blickrichtung gibt, bleibt das Antwortmuster für geradeaus gerichtete Blicke auch nach der Adaptation gleich. Zur Überprüfung, welche der Vorhersagen auf den Blickrichtungsnacheffekt zutrifft, führten die Autoren ein Experiment mit einer Adaptation u.a. auf den 0° -Blickwinkel durch. Calder et al. nutzten dasselbe Paradigma wie in ihrer Untersuchung (2007) mit der Veränderung, dass die Darbietungszeit des Testreizes auf 500 ms reduziert wurde. Nach dem Pretest erfolgten drei Adaptationsphasen mit jeweiligem Posttest in randomisierter Reihenfolge (Adaptation an 25° und 10° und an 0°) und abschließend ein erneuter Pretest. Dabei war jede Adaptationsphase in zwei Einheiten unterteilt. Für die abgewandten Winkel

1.4 Der Blickrichtungsnacheffekt

erfolgte die Adaptation nach links und nach rechts. Für die Adaptation an geradeaus gerichtete Winkel gab es zwei Versionen, originale und gespiegelte Bilder. Die Auswertung ergab, dass die Adaptation an einen um 25° abgewandten Blick einen stärkeren Blickrichtungsnacheffekt hervorruft als an 10° abgewandte Blicke. Bei der Adaptation an 10° abgewandte Blicke zeigte sich nur ein Nacheffekt für den 5° -Winkel zur adaptierten Seite, aber nicht für den 10° -Winkel. Auch die Adaptation von 0° ergibt signifikante Abweichungen vom Pretest. Es zeigte sich eine Abnahme der „geradeaus“-Antworten für die um 5° nach links und rechts gerichteten Testbilder. Die Befunde dieses Experiments weisen auf ein Mehr-Kanal-Modell der Blickwahrnehmung hin. In einem weiteren Experiment (auch Calder et al., 2008) untersuchten die Autoren die Annahme des Mehr-Kanal-Modells mittels simultaner Adaptation an beide abgewandte Blickrichtungen. Laut einem Opponent-Modell sollte sich bei simultaner Adaptation keine Veränderung zwischen Pre- und Posttest für die Testblickwinkel ergeben. Im Mehr-Kanal-Modell sollte sich eine Zunahme der „geradeaus“-Antworten für die abgewandten Blickwinkel zeigen. Die Autoren boten den Probanden in der Adaptationsphase und im Rahmen der TopUp-Displays Adaptationsreize in wechselnder Blickrichtung innerhalb eines Trials dar (25° links und rechts). Diese Auswertung ergab die Entstehung eines symmetrischen Blickrichtungsnacheffekts für die nach links und rechts gerichteten Testblickwinkel, der aber im Vergleich zur ursprünglichen Ausprägung schwächer war. Die Ausprägung für die 5° -Blickwinkel war stärker als für die um 10° abgewandten Blicke. Je stärker der Adaptationsreiz abgewandt ist, desto stärker ist also der Blickrichtungsnacheffekt. Auch für den 0° -Winkel ergab die Auswertung einen signifikanten Effekt. Es zeigte sich im Posttest eine Zunahme der „geradeaus“-Antworten. Insgesamt stützen die Befunde beider Experimente die Annahme eines Mehr-Kanal-Modell der Blickwahrnehmung. Die Autoren gehen davon aus, dass es sich um ein System mit mindestens drei Kanälen für nach links, rechts und geradeaus gerichtete Blicke handelt. Aufgrund der aktuellen Befundlage lassen sich keine Aussagen über eine genaue Anzahl von Kanälen treffen. Die Annahme eines Mehr-Kanal-Modells in der Blickwahrnehmung stellt einen wichtigen Unterschied zur Wahrnehmung von Gesichtern dar. Adaptationsstudien mit Gesichtern zeigen, dass bei der Gesichtserwahrnehmung ein Opponent-Modell zugrunde liegt (Jeffery, Rhodes & Busey, 2007; Rhodes et al., 2004; Robbins, McKone & Edwards, 2007). Es werden verschiedene Merkmale von Gesichtern mittels opponenter Kodierung auf jeder Dimension verarbeitet.

Eine weitere Analyse der Daten des zweiten Experimentes von Calder et al. ergab, ähnlich wie bei Schweinberger et al. (2007), einen Hinweis auf Übertragungseffekte zwi-

1 Einführung

schen dem letzten TopUp-Display eines Trials und dem Antwortverhalten der Probanden auf den Testreiz. War beispielsweise das letzte TopUp-Display in einem Trial 25° nach rechts gerichtet, antworteten die Probanden bei Testreizen von 5° in die adaptierte Richtung (rechts) häufiger mit „geradeaus“. Es ergab sich ein signifikanter Effekt für die rechte Seite, für links zeigte sich eine nicht-signifikante Tendenz.

Im ersten Experiment (Calder et al., 2008) findet sich ein Einfluss der Adaptation auf die Winkel der entgegengesetzten Seite. Es zeigt sich eine signifikante Abnahme der „geradeaus“-Antworten für den 5° -Winkel der Gegenseite zwischen Pre- und Posttest. Diese Befunde sprechen dafür, dass sich durch die Adaptation nicht nur Veränderungen für die Blickwinkel der adaptierten Seite und den geradeaus gerichteten Blick, sondern auch für die Winkel der entgegengesetzten Seite ergeben.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Blickrichtungsnacheffekt in verschiedenen Studien beobachtet werden konnte (Calder et al., 2008; Jenkins et al., 2006; Seyama & Nagayama, 2006; Seyama, 2006). Es zeigt sich dabei ein Bias für die Winkel in die adaptierte Richtung. Bezüglich der Winkel in die Gegenrichtung und den 0° -Winkel existiert eine uneinheitliche Befundlage. Der Blickrichtungsnacheffekt ist invariant gegenüber Veränderungen der Größe und Position von Adaptationsreiz bzw. Testbild, was auf eine Adaptation auf höheren Verarbeitungsebenen im visuellen System hinweist (Jenkins et al., 2006). Der Blickrichtungsnacheffekt lässt sich nicht durch geometrische Formen oder Richtungscues induzieren (Jenkins et al., 2006; Seyama & Nagayama, 2006). Somit handelt es sich nicht um ein generelles räumliches Urteil. In Einklang damit konnten Studien zeigen, dass Richtungsinformationen, die aus der Wahrnehmung von Blicken resultieren, in anderen Hirnarealen kodiert werden als Richtungsinformationen, die z.B. durch Pfeile angezeigt werden (Hooker et al., 2003; Ristic et al., 2002). Die Befunde der Arbeitsgruppen um Calder et al. (2007) und Schweinberger et al. (2007) deuten darauf hin, dass die involvierten Neuronenpopulationen in anterioren Regionen des Sulcus temporalis superior angesiedelt sind. Im Gegensatz zur Verarbeitung von Gesichtern scheint der Blickwahrnehmung ein Mehr-Kanal-Modell zugrunde zu liegen, das aus mindestens drei separaten Kanälen besteht (Calder et al., 2008). In einer ersten Studie zum Verlauf der Adaptation konnte der Blickrichtungsnacheffekt auch nach 7 Minuten noch nachgewiesen werden (Kloth & Schweinberger, 2008), was auf eine langsame Rückbildung des Effektes, ähnlich der Adaptation an Gesichter, hindeutet.

1.5 Experimentelle Fragestellungen und Struktur des empirischen Teils

Allen durchgeführten Experimenten liegt ein gemeinsames methodisches Vorgehen zugrunde. Deshalb wird der Darstellung der einzelnen Experimente ein Kapitel zur Erläuterung der allgemeinen methodischen Grundlagen vorangestellt (Kapitel 2). Darin wird die Erstellung des Reizmaterials und das experimentelle Design beschrieben. Zudem wird das Vorgehen bei der Wahl der abhängigen Variablen und der Berechnung des genutzten statistischen Maßes erläutert.

Ausgehend von den beschriebenen Befunden sind bezogen auf den Blickrichtungsnacheffekt noch verschiedene Aspekte ungeklärt. Mittels der in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Versuche wird zum einen die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts genauer untersucht. In dem von Jenkins et al. (2006) verwendeten Paradigma wird für die Induktion der Adaptation sowohl eine Adaptationsphase als auch das TopUp-Display genutzt. Nach Kohn (2007) können aber auch durch kurze Reizdarbietungen Nacheffekte entstehen. Es stellt sich also die Frage, ob der Blickrichtungsnacheffekt auch ohne separate Adaptationsphase zu beobachten ist. Dieser Fragestellung wird im ersten Experiment nachgegangen (Kapitel 3). Darauf folgend wird das Screeningexperiment (Kapitel 4) beschrieben. Dieses dient zum einen dazu, die Äquivalenz der Adaptation nach links bzw. rechts zu untersuchen. In Bezug auf diesen Aspekt kommen die vorhandenen Studien (Calder et al., 2007, 2008; Jenkins et al., 2006) zu unterschiedlichen Ergebnissen. Zudem dient die Klärung der Äquivalenz der Adaptationsrichtung als Grundlage für Berechnungsaspekte des statistischen Vorgehens.

Ausgehend von den Befunden des ersten Versuchs werden im nächsten Schritt die Auswirkungen unterschiedlicher Darbietungszeiten des TopUp-Displays auf die Entstehung des Blickrichtungsnacheffekts untersucht (Kapitel 5). Dabei wird der Frage nachgegangen, wie sich kürzere Darbietungszeiten des Adaptationsreizes auf die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts auswirken, da Blickkontakte im Alltag auf einer schnellen Zeitskala ablaufen. Zur weiteren Überprüfung der Annahme einer Langzeit-Adaptation wird der Einfluss des Wechsels der Adaptationsrichtung von Trial zu Trial evaluiert (Kapitel 6).

Des Weiteren werden in dieser Arbeit Merkmale des zeitlichen Verlaufs des Blickrichtungsnacheffekts untersucht. Zur zeitlichen Entwicklung des Effekts liegen noch keine Studien vor. Zur Beantwortung dieses Aspekts werden die Daten der ersten drei Experimente analysiert (Abschnitt 5.3.3). Einen ersten Ansatz zur Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts stellt die Studie von Kloth und Schweinberger (2008) dar, die genaue zeitliche Dy-

1 Einführung

namik ist jedoch noch unklar. Die Autoren untersuchen in ihren Versuchen nur die beiden Blickwinkel in die adaptierte Richtung. Zudem wird auch hier eine separate Adaptationsphase verwendet. Es wird anhand des letzten Experiments (Kapitel 7) die Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts bei der Induktion ausschließlich durch die Darbietung der TopUp-Displays untersucht.

2 Methode

2.1 Stimuli

2.1.1 Reizmaterial

Als Reizmaterial dienten Farbfotos von 16 weiblichen und 16 männlichen Personen. Für die hier beschriebenen Experimente wurden pro Person 7 verschiedene Blickwinkel verwendet: 25° , 10° und 5° , jeweils in beide Richtungen nach links und rechts, und ein geradeaus gerichteter Blick von 0° (siehe Abbildung 2.1). Pro Blickwinkel ergab sich so ein Pool von 32 verschiedenen Gesichtern. Als Teststimuli wurden die Bilder mit den Winkeln von 10° links bis 10° rechts verwendet. Die Bilder mit den Blickwinkeln 25° links und 25° rechts dienten als adaptierende Stimuli. Um zu gewährleisten, dass die Versuchspersonen bei diesen Bildern ausschließlich die Augen betrachteten, wurde bei diesen Fotos, anders als bei den Testbildern, nur die Augenpartie dargeboten. Im Folgenden Abschnitt wird das Vorgehen bei der Erstellung des Reizmaterials erläutert.

2.1.2 Erstellung des Reizmaterials

Es wurden 35 Personen ausgewählt, davon 18 Frauen und 17 Männer, und mit einer Digitalkamera der Firma Canon fotografiert. Zur Erstellung der verschiedenen Blickwinkel wurden die Personen im ersten Schritt gebeten, einen zentralen Punkt auf Höhe der Kamera zu fixieren. Sie wurden instruiert, im Folgenden nur die Augen zu bewegen und die Kopfstellung nicht zu verändern. Zur Stabilisierung des Kopfes wurde eine Kinnstütze verwendet. Im zweiten Schritt sollten die Personen mit den Augen eine Markierung fixieren, die bei einem Sehabstand von 120 cm zur Kamera dem gewünschten Blickwinkel entsprach (für eine grafische Darstellung dieses Setups siehe Abbildung 2.2 c). Um den Anteil fehlerhafter Fixationen und unabsichtlicher Kopfbewegungen zu minimieren, wurden mehrere Bilder pro Person und Blickwinkel aufgenommen, bis sich eine Menge von drei per Augenschein verwertbaren Bildern ergab.

2 Methode

Nach dem Fotografieren der Personen erfolgte eine digitale Nachbearbeitung der Bilder mit Hilfe eines Bildbearbeitungsprogramms. Es wurden vorab die Fotos von 2 weiblichen und 1 männlichen Person aufgrund von mangelnder Qualität ausgeschlossen. Die Bilder der verbleibenden 32 Personen wurden auf eine Pixelgröße von 1280×1024 Pixeln skaliert. Um den größten Anteil an externen Gesichtsmerkmalen auszuschließen (Veres-Injac, Schwaninger & Hofer, 2007) wurde eine schwarze elliptische Maske von einer Größe von 550×800 Pixeln über das Gesicht gelegt (siehe Abbildung 2.2 a).

Horley, Williams, Gonsalvez und Gordon (2003, 2004) führten Visual-Scanpath Experimente mit Hilfe von Eyetrackern durch in denen sie untersuchten, in welcher Reihenfolge Personen Gesichter bzw. verschiedene Gesichtsrregionen im Verlauf des Betrachtungsprozesses fixierten. Die Autoren konnten zeigen, dass Menschen besonders die Augen-, aber auch die Mundpartie eines Gesichtes betrachten. Um zu gewährleisten, dass die Probanden bei den adaptierenden Stimuli nur auf die Augenregion fixierten und ihre Aufmerksamkeit nicht auf die Mundpartie oder andere Gesichtsm Merkmale lenkten, wurden die adaptierenden Bilder gesondert einem weiteren Bearbeitungsschritt unterzogen (siehe Abbildung 2.2 a). Bei diesen Fotos wurden die übrigen Gesichtsrregionen rechteckig maskiert. Als Letztes wurden bei allen Bildern die Augenreflexionen eliminiert (siehe Abbildung 2.2 b), da Reflexionen des Blitzlichtes oder anderer Umgebungslichter in den Augen als salienter Hinweisreiz für die Blickrichtung dienen können.

Um die Qualität des erstellten Reizmaterials zu prüfen, wurde die Pupillenstellung auf

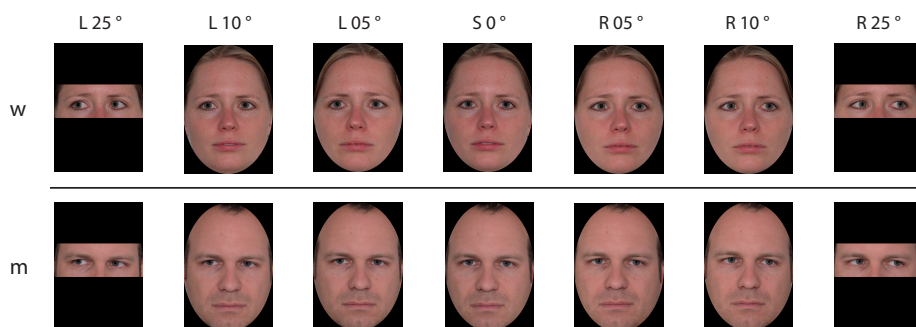


Abbildung 2.1: Darstellung des Reizmaterials. Bilder aller verwendeten Blickwinkel am Beispiel einer weiblichen und einer männlichen Person. Die Bilder mit einem Blickwinkel von 10° links bis 10° rechts dienten als Testbilder. Die beiden Blickwinkel 25° links und 25° rechts wurden als adaptierende Reize verwendet.

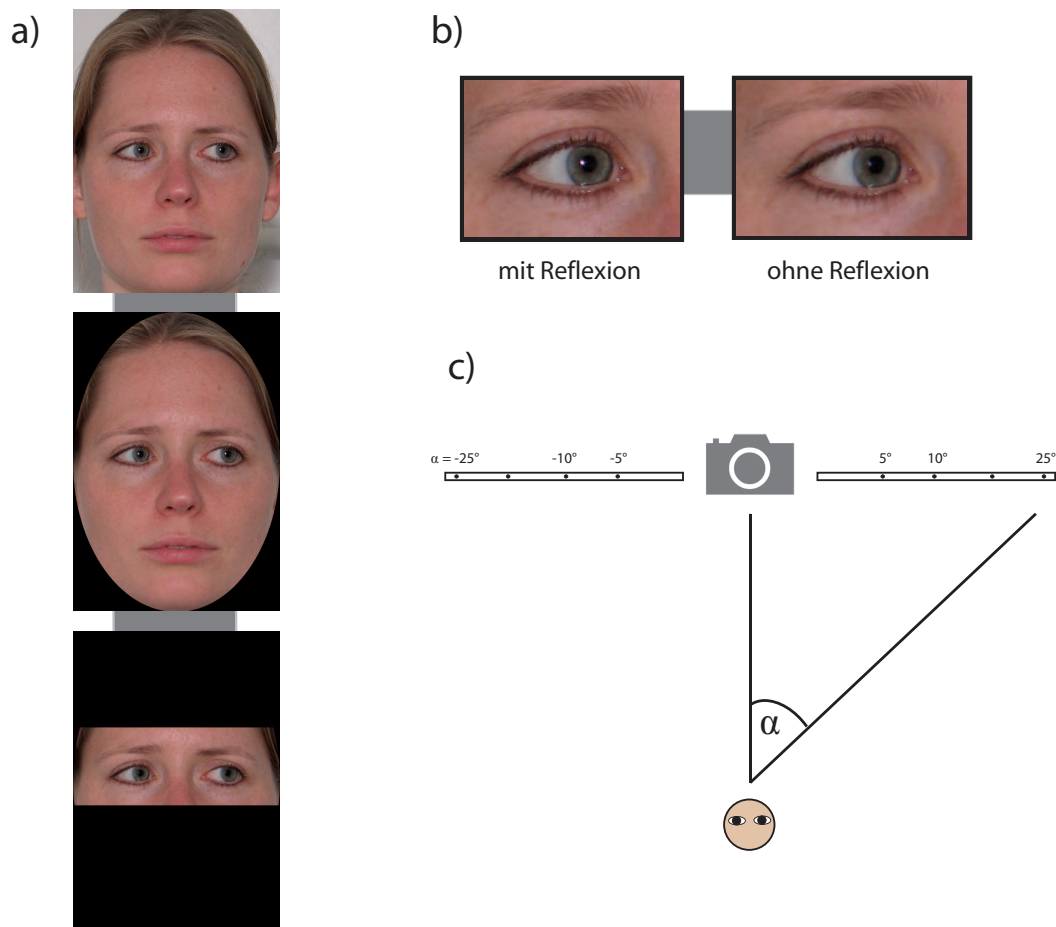


Abbildung 2.2: Vorgehen bei der Erzeugung des Reizmaterials. (a) Bearbeitung der Bilder vom ursprünglichen Foto bis zum TopUp-Display (b) Eliminierung der Reflexionen des Blitzlichtes in den Augen (c) grafische Darstellung des Settings bei der Erzeugung der Fotografien.

den Bildern in einem ersten Schritt mit superponierten Kunstaugen verglichen. Mittels dieses Vorgehens sollte festgestellt werden, ob die im Fotomaterial realisierten Blickwinkel mit den vorgesehenen Blickwinkeln übereinstimmten. Für jede der 32 Personen und jeden Blickwinkel wurde das Bild mit der geringsten Abweichung von dem vorgesehenen Winkel als Reizmaterial ausgewählt. In einem weiteren Schritt wurden die Bilder einem Screening-Experiment unterzogen. Als Versuchspersonen dienten die Autorin, ein Projektmitarbeiter und vier naive Personen. Die Bilder aller 32 Personen mit allen verwendeten fünf Blickwinkeln wurden in randomisierter Reihenfolge für jeweils 1 Sekunde dargeboten.

2 Methode

Es ergab sich eine Gesamtanzahl von 160 Trials. Die Versuchspersonen sollten für jedes Bild angeben, ob die Person auf dem Foto nach links, rechts oder geradeaus schaut. Mittels dieses Screening-Experiments wurde die Auswahl der Bilder überprüft und fehlerhafte Bilder identifiziert. Diese Fotos wurden einer letzten digitalen Nachbearbeitung unterzogen, z.B. wurden rote Äderchen in der Sklera des Auges retuschiert, da auch diese einen Hinweisreiz bei der Blickwahrnehmung darstellen können.

2.2 Prozedur

Im Folgenden werden die verschiedenen Experimentalphasen bezüglich ihres zeitlichen Ablaufes dargestellt. In den hier beschriebenen Versuchen wurden grundsätzlich 3 Versuchsabläufe genutzt und abhängig von der jeweiligen Fragestellung kombiniert: Pre-/Posttest, Adaptationsphase und TopUp-Phase. In diesem Kapitel werden die grundlegenden Parameter dieser Elemente beschrieben. Abweichungen davon werden bei der konkreten Beschreibung des jeweiligen Experimentes aufgeführt.

Zum Start einer jeden Experimentalphase mussten die Versuchspersonen die Return Taste betätigen. Im Pre- und Posttest (siehe Abbildung 2.3 a) wurde pro Trial als erstes für 750 ms ein Fixationskreuz und für 300 ms ein schwarzer Bildschirm (Inter Stimulus Intervall) eingeblendet. Dann folgte die Darstellung des Testreizes für 1500 ms. Als Testreize wurden, wie in Abschnitt 2.1.1 beschrieben, 5 verschiedene Blickwinkel verwendet und in randomisierter Reihenfolge dargeboten. Auf das Testbild folgend erschien ein schwarzer Bildschirm, der durch das Drücken der Antworttasten beendet wurde. Insgesamt umfasste der Pretest in seiner grundlegenden Version 160 Trials, wobei jedes Bild von jedem Modell (32 Modelle und jeweils 5 Blickwinkel) genau einmal dargeboten wurde. So wurde gewährleistet, dass die Anzahl der männlichen und weiblichen Modelle ausbalanciert war. Der Aufbau des Posttests war mit dem Trialablauf des Pretests identisch. Im Posttest wurde ebenfalls eine Gesamtzahl von 160 Trials verwendet.

In der Adaptationsphase wurden zum Zweck der Adaptation über eine Anzahl von 128 Trials TopUp-Displays mit einem Blickwinkel von 25° konstant in eine Richtung, nach links oder rechts je nach Versuchsbedingung, dargeboten. In jedem Trial wurde für 4000 ms ein TopUp-Display gezeigt. Dann folgte ein Inter Stimulus Intervall (ISI) von 400 ms in Form eines schwarzen Bildschirms (siehe Abbildung 2.3 b). Um zu gewährleisten, dass die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen über die Gesamtlänge der Adaptationsphase auf die Augen der Modelle gerichtet war, wurde eine Distraktoraufgabe genutzt. In einem Viertel

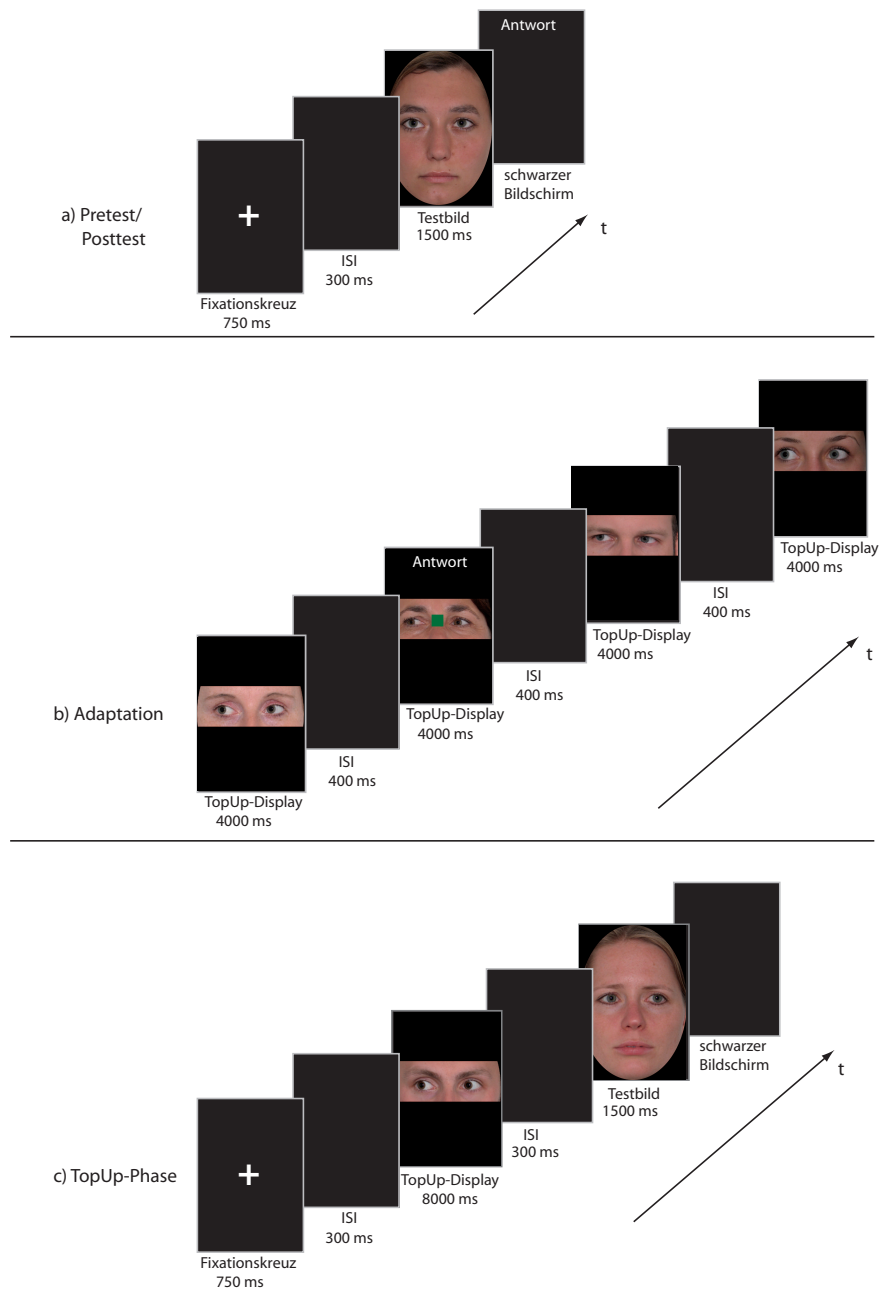


Abbildung 2.3: Darstellung der Trialabläufe in den verschiedenen Experimentalphasen (a) Pre- und Posttest (b) Adaptationsphase (c) TopUp-Phase. Der zeitliche Ablauf in Pre- und Posttest ist identisch und wird deshalb zusammen dargestellt.

2 Methode

der Trials erschien für einen kurzen Zeitraum von 500 ms ein grünes Quadrat zwischen den Augen der Modelle. Die Probanden hatten die Aufgabe, immer dann, wenn das grüne Quadrat erschien, die Leertaste zu drücken. Pro Experiment durchlief die Hälfte der Versuchspersonen diese Phase mit Adaptation nach links, die andere Hälfte wurde nach rechts adaptiert.

Die TopUp-Phase (siehe Abbildung 2.3 c) entsprach in ihrem Aufbau grundsätzlich dem Trialablauf im Pre- und Posttest. Zusätzlich wurde jedoch vor der Darbietung des Testbildes für 8000 ms ein adaptierender Reiz, das TopUp-Display, eingeblendet. Damit es zu keinem direkten Wechsel zwischen TopUp-Display und Testbild kam, wurde zwischen beiden Reizen jeweils für 300 ms ein schwarzer Bildschirm zwischengeschaltet. Die TopUp-Phase umfasste wie Pre- und Posttest 160 Trials. Auch hier durchlief die Hälfte der Versuchspersonen die TopUp-Phase mit der Darbietung einem nach links gerichteten TopUp-Display, für die andere Hälfte war der adaptierende Reiz nach rechts gerichtet.

2.3 Apparatur

Die Stimuli wurden auf einem 20" NEC SpectraView 2090 Monitor mit einer Bildauflösung von 1152×864 Pixeln dargeboten. Die durchschnittliche Luminanz des Bildschirms betrug 75 cd/m^2 . Die Stimuli wurden bei einem festen Michelson Kontrast von 0.95 dargestellt. Die Bildwiederholrate betrug 85 Hz. Der Experimentalraum war so abgedunkelt, dass die verbleibende Illumination der Helligkeit des Monitors entsprach. Das Reizmaterial wurde binokular mit einem Sehabstand von 100 cm dargeboten, so dass jeder elliptische Gesichtsausschnitt $12.4^\circ \times 17.9^\circ$ Sehwinkel entsprach. Die Versuchspersonen gaben ihre Antwort mit ihrer dominanten Hand über eine handelsübliche Tastatur. Die Darbietung der Stimuli und die Kontrolle des Versuchsablaufs wurden über die Experimentalsteuerungssoftware Inquisit 2 der Firma Millisecond Software LLC gesteuert.

2.4 Aufgabenstellung

In den vorgestellten Experimenten unterliegen die Trialabläufe Variationen, die jeweils in der Beschreibung des jeweiligen Versuchs erläutert sind. Trotz dieser Variationen ist die für die Datenanalyse relevante Aufgabenstellung prinzipiell über alle Experimente hinweg dieselbe. In den hier beschriebenen Versuchen wurde ein 3-Alternative-Forced-Choice Task (3AFC) zugrundegelegt. In diesem Standardparadigma müssen die Probanden einen darge-

2.5 Abhängige Variable und Datenpräsentation

botenen Stimulus einer von 3 vorgegebenen Antwortkategorien zuordnen. Pro Durchgang wurde den Probanden ein Testbild zur Beurteilung für 1500 ms dargeboten. Die Versuchspersonen sollten in jedem Versuchsdurchgang entscheiden, ob die Person auf dem dargebotenen Bild nach rechts, links oder geradeaus schaut. Die Antwort gaben die Probanden über eine handelsübliche Tastatur, wobei als Antworttasten die Pfeiltasten verwendet wurden, i.e. Pfeil nach links (= die Person hat nach links geschaut), Pfeil nach unten (= die Person hat geradeaus geschaut) und Pfeil nach rechts (= die Person hat nach rechts geschaut). Dazu wurden der Zeige-, Mittel- und Ringfinger der dominanten Hand benutzt. Die Probanden sollten nach Beendigung der Präsentation des Testbildes antworten. Zur Einhaltung dieser Instruktion wurden Tastendrucke erst nach dem Ausblenden des Testbildes vom Computer angenommen.

2.5 Abhängige Variable und Datenpräsentation

Wahl der abhängigen Variablen

Als abhängige Variable wurde, wie vorangehend erläutert, in allen Experimenten das Urteil der Versuchsperson im Rahmen eines 3-Alternative-Forced-Choice-Vorgehens (links, rechts oder geradeaus) erhoben. Zur Erhöhung der Klarheit und zu einer besseren Veranschaulichung der Ergebnisse wird die Auswertung auf eine 2-AFC-Methode zurückgeführt. Bei der Transformation von einer 3-AFC- in eine 2-AFC-Methode wird die Anzahl der möglichen Antwortkategorien um eine verringert. Bei den vorliegenden Experimenten sollen die 3 möglichen Urteile „links“, „rechts“ oder „geradeaus“ auf „geradeaus“ und „nicht geradeaus“ reduziert werden. Im ersten Schritt wurde überprüft, wie hoch der Anteil der Rechts-Links-Verwechsler ist. Das bedeutet, wie oft beispielsweise Personen bei einem nach rechts gerichteten Blick mit „schaut nach links“ geantwortet haben oder umgekehrt bei einem nach links gerichteten Blick mit „schaut nach rechts“. Diese Information fällt bei der Umwandlung der Daten weg, so dass die Häufigkeit dieses Falles und somit deren Relevanz vorher überprüft werden muss. Die Ergebnisse der Auswertung sind in Tabelle 2.5 dargestellt. Es wird zwischen den Experimenten und den Experimentalphasen unterschieden und jeweils die Gesamtzahl der Bilder mit den Blickrichtungen links und rechts, die absoluten Häufigkeiten und der prozentuale Anteil der Verwechsler dargestellt. Der prozentuale Anteil der Verwechslungen liegt für die Pretests zwischen 0,00 und 0,53 % und

2 Methode

		Anzahl R/L Bilder	abs. Häufigkeit	Anteil in %
Experiment 1	Pretest	4096	11	0.27
	TopUp-Phase	2048	23	1.12
Screening-Exp.	Pretest	1664	4	0.24
	TopUp-Phase	2304	13	0.56
Experiment 2	Pretest	3008	16	0.53
	TopUp-Phasen	6272	81	1.29
Experiment 3	Pretest	768	0	0.00
	TopUp-Phasen	3072	35	1.14
Experiment 4	Pretest	896	2	0.22
	TopUp-Phasen	952	11	1.16
	Posttest	2291	51	0.41

Tabelle 2.1: Darstellung der Rechts-/Links- Verwechslungen in den einzelnen Experimenten. Dargestellt ist in der ersten Spalte die Gesamtanzahl der Bilder mit Blickrichtungen nach links und rechts, die der Auswertung zugrundegelegt wurden. In der zweiten Spalte die absoluten Häufigkeiten pro Experiment und Phase und in der letzten Spalte der jeweilige prozentuale Anteil. Pro Experiment wurden die Daten derselben Experimentalphasen zusammengefasst, beispielsweise im ersten Experiment alle Pretests. D.h. es wurde nicht zwischen experimentellen Stufen unterschieden, weil diese genauere Aufschlüsselung für die vorliegende Analyse als nicht notwendig erschien.

für die TopUp-Phasen zwischen 0,56 und 1,29 %. Für die Posttests ergibt sich ein mittlerer Wert von 0,41 %. Es wird deutlich, dass der Anteil der Verwechslungen gering ist und in keinem der Experimente überhaupt einen Wert von 1,5 % erreicht. Daraus ist abzulesen, dass es zu keinen ausgeprägten systematischen Verwechslungen kommt. Sowohl die geringen Anteile selbst, als auch der marginale Anstieg der Werte zwischen den Pretests und TopUp-Phasen deuten darauf hin, dass aus der 3-AFC-Methode keine Informationen zu gewinnen sind, die sich nicht auch aus einer 2-AFC-Methode ableiten ließen. Aus diesem Grund wurde entschieden, dass die Rücktransformation der Daten auf ein 2-AFC-Design durchgeführt werden kann. Im Folgenden wurde also das Urteil der Versuchspersonen auf folgende Kategorien reduziert: geradeaus und nicht geradeaus.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse von Jenkins et al. (2006) wird deutlich, dass sich

2.5 Abhängige Variable und Datenpräsentation

für den Blickrichtungsnacheffekt keine Unterschiede zwischen den Adaptationsrichtungen ergeben. Sowohl für die Adaptation nach rechts als auch für die Adaptation nach links ergeben sich spiegelverkehrt dieselben Ausprägungen. In einem Screeningexperiment (siehe Kapitel 4) wurde die Äquivalenz der beiden Adaptationsrichtungen statistisch untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass sich für den Faktor Adaptationsrichtung für die beiden Stufen links und rechts kein signifikanter Unterschied ergibt. Aufgrund dieser Ergebnisse und zur Erhöhung des Datenpools wurde in den weiteren Experimenten der Faktor Adaptationsrichtung eliminiert. Bei der Durchführung der Untersuchungen wurden weiterhin die Versuchspersonen randomisiert einer von beiden Adaptationsrichtungen zugewiesen. Die Rohdaten der Probanden, die nach rechts adaptiert wurden, sind jedoch gespiegelt worden, so dass für die inferenzstatistische Auswertung alle Daten zusammengefasst werden konnten. Aus diesem Vorgehen ergibt sich eine Änderung des Bezugssystems für den Faktor Blickwinkel. Bei der Darstellung der Ergebnisse werden nicht die physikalisch vorhandenen Stufen 5° und 10° links und rechts und 0° aufgeführt. Statt dessen wird eine relative Definition des Testblickwinkels vorgenommen und zwar relativ zur Blickrichtung des Adaptationsreizes. Alternativ werden die Vorzeichen „+“ und „-“ verwendet, um den Bezug zur adaptierten Richtung anzuzeigen. Dabei steht das „+“ für einen Winkel in die Adaptationsrichtung und das „-“ für einen Winkel entgegen der Adaptationsrichtung. Zum Beispiel steht die Stufe „-5“ für einen Blickwinkel von 5° in die entgegengesetzte Richtung zur Adaptationsrichtung. Wäre beispielsweise nach links adaptiert worden, stände „-5“ für einen Testreiz mit einem Winkel von 5° nach rechts.

Berechnung des Differenzmaßes

Um eine varianzanalytische Berechnung durchführen zu können, benötigt man mindestens intervallskalierte Variablen. Die Wahl des Prozent Korrekt-Maßes ist nicht geeignet. Hierbei handelt es sich um ein beschränktes Maß, dessen Verteilung sich deutlich verzerrt, je mehr sich der Mittelwert dem oberen oder unteren Ende der Skala annähert. Es wurde ein Differenzmaß verwendet. Dieses wurde auf der Grundlage der „geradeaus“-Antworten berechnet. Für jede Versuchsperson wurde für jeden Blickwinkel, 0° und 5° und 10° links und rechts, die Differenz des Anteils der „geradeaus“-Antwort zwischen Pretest und TopUp-Phase gebildet. Dabei wurde der Wert der TopUp-Phase vom Wert des Pretests abgezogen. Ein positiver Differenzwert bedeutet dementsprechend einen erhöhten Anteil an „geradeaus“-Antworten in der TopUp-Phase für den jeweiligen Blickwinkel. Ein

2 Methode

negativer Differenzwert einen niedrigeren Anteil an „geradeaus“-Antworten.

Präsentation der Daten

Bei der Veröffentlichung der Befunde zum Blickrichtungsnacheffekt wird in der Literatur eine Darstellung mittels des relativen Anteils der „geradeaus“-Antworten präferiert (siehe 1.4). Dabei wird für jeden der fünf Blickwinkel der Anteil der „geradeaus“-Antworten berechnet. Für den 0° -Winkel stellt dies die richtige Antwort dar, für alle anderen Blickwinkel eine inkorrekte Antwort. Aufgrund der im vorherigen Abschnitt genannten Gründe ist ein Prozent Korrekt-Maß für die inferenzstatistische Auswertung nicht geeignet. Da sich aber diese Art der Darstellung etabliert hat und es sich um eine sehr anschauliche Illustration handelt, werden die Ergebnisse aller Experimente zusätzlich deskriptiv in einer Grafik dieser Form dargestellt.

3 Experiment 1: Notwendigkeit der Adaptationsphase

3.1 Experimentelles Rational

Im ursprünglichen Adaptationsparadigma (Calder et al., 2007; Jenkins et al., 2006; Schweinberger et al., 2007) wurde der Blickrichtungsnacheffekt untersucht, indem die Diskriminationsleistung bei der Darbietung von Blickwinkeln zwischen Pretest und Posttest verglichen wurde. Sowohl im Pretest, der als Baseline-Erhebung fungierte, als auch im Posttest sollten die Versuchspersonen einschätzen, ob die Person auf dem dargebotenen Bild geradeaus, nach links oder nach rechts schaut. Der Posttest unterschied sich vom Pretest insofern, als dass vor der Darbietung des Testbildes ein so genanntes TopUp-Display dargeboten wurde. Dabei handelte es sich um einen Stimulus aus der Adaptationsphase, der zur Aufrechterhaltung der Adaptation eingeblendet wurde. Wie in der Adaptationsphase wurde ein deutlich abgewandter Blick von 25° in die adaptierte Richtung verwendet. Es gibt aber bislang keine empirischen Befunde zum Einfluss des TopUp-Displays auf die Bewertung des Testbildes unabhängig von der Adaptationsphase. Im ersten Experiment soll die Stärke des Blickrichtungsnacheffekts mit oder ohne Adaptationsphase untersucht und der Einfluss des TopUp-Displays überprüft werden. Zudem soll in diesem Experiment ermittelt werden, ob es bei der wiederholten Darbietung des Reizmaterials zu Lerneffekten kommt.

Die zeitliche Dauer bei der Darbietung eines visuellen Reizes, die benötigt wird, um Adaptationsprozesse in Gang zu setzen, ist sehr variabel. Nach Kohn (2007) und Clifford et al. (2007) wird Adaptation an visuelle Stimuli bei Darbietungszeiten von einigen Millisekunden bis hin zu mehreren Minuten beobachtet. Priebe et al. (2002) und Priebe und Lisberger (2002) untersuchten Adaptation bei der Darbietung bewegter Muster. Sie führten Einzelzellableitungen bei Affen im Bereich des mediotemporalen Areals am Scheitellappen durch. Die Autoren fanden, dass Adaptationsprozesse schon nach 20 – 80 ms nach Beginn der Reizdarbietung einsetzen. In den Untersuchungen von Jenkins et al. (2006)

3 Experiment 1: Notwendigkeit der Adaptationsphase

wird das TopUp-Display im Posttest für 8 Sekunden dargeboten. Aufgrund der Befunde, dass Adaptation auch bei deutlich kürzeren Darbietungszeiten zu beobachten ist, kann man davon ausgehen, dass der Blickrichtungsnacheffekt auch ohne den Einsatz einer Adaptationsphase zustande kommt. In den vorliegenden Experimenten werden dieselben Blickwinkel wie in der Untersuchung von Jenkins et al. (2006) verwendet. Es ist anzunehmen, dass sich für die Blickwinkel im Posttest, sowohl in die adaptierte als auch in die Gegenrichtung, kein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppen mit Adaptationsphase und ohne Adaptationsphase ergibt.

Nach Kleinke (1986) und Emery (2000) ist die Wahrnehmung der Blickrichtung anderer Personen ein hoch relevanter Prozess. Der Blickkontakt ist ein wichtiger Hinweisreiz in der sozialen Kommunikation. Die Einschätzung, ob man angeschaut wird oder nicht, läuft im Alltag automatisch ab. Bei der Betrachtung der Befunde des Pretests der Untersuchung von Jenkins et al. (2006) wird deutlich, dass Personen die Blickrichtung genau beurteilen können. Geradeaus gerichtete Blicke werden sicher eingeschätzt und auch abgewandte Blicke werden ungefähr ab einem Winkel von 7° nach links oder rechts (Gamer & Hecht, 2007) als abgewandt eingestuft. Aufgrund der genauen Wahrnehmung von Blickrichtungen kann man annehmen, dass sich für keinen der verwendeten Blickwinkel ein Lerneffekt bei der wiederholten Darbietung des Reizmaterials zeigt.

3.2 Methode

In Kapitel 2 wurde das allgemeine methodische Vorgehen bezüglich des verwendeten Reizmaterials, der Aufgabenstellung, typischer Trialabläufe und der Wahl der abhängigen Variablen beschrieben. Im Folgenden wird das konkrete Design des ersten Experimentes dargestellt.

3.2.1 Versuchspersonen

An diesem Experiment nahmen 24 Studenten der Psychologie teil. Davon waren 15 Probanden weiblich und 9 männlich. Alle Personen besaßen ein normales oder durch Sehhilfen korrigiertes Sehvermögen. Die Versuchspersonen erhielten für die Teilnahme an dem Experiment wahlweise eine Vergütung in Form von Versuchspersonenstunden oder ein Entgelt von 5,00 € pro Stunde. Die Personen waren nicht über die Fragestellung des Experimentes informiert.

3.2.2 Prozedur

Das erste Experiment umfasste drei verschiedene Gruppen mit jeweils drei Experimentalphasen (siehe Abbildung 3.1). Jede der drei Experimentalgruppen wurde von 8 Versuchspersonen durchlaufen. In der ersten Phase des Experimentes wurde ein Pretest durchgeführt. Dieser diente als Baseline, um die Genauigkeit der Blickrichtungswahrnehmung zu erfassen. Den Versuchspersonen wurden alle 32 Gesichter mit den 5 Blickwinkeln, 5° und 10° links und rechts und 0°, dargeboten. Dementsprechend umfasste der Pretest 160 Trials, die in randomisierter Reihenfolge dargeboten wurden. Die Darbietungsreihenfolge der einzelnen Elemente eines Trials war wie folgt: Fixationskreuz (750 ms) – ISI (300 ms) – Testbild (1500 ms) – schwarzer Bildschirm bis die Antwort per Tastendruck erfolgte.

Im Anschluss an den Pretest absolvierten die Versuchspersonen der ersten Gruppe, Adaptation, (N = 8) eine Adaptationsphase. Sie umfasste 80 Trials und dauerte 8 Minuten. In dieser Gruppe wurden den Probanden Bilder von Gesichtern mit 25° abgewendetem Blick in eine Richtung (links oder rechts) gezeigt. Die Hälfte der Personen (N = 4) sah dabei einen nach links abgewandten Blick, die andere Hälfte einen nach rechts abgewandten. Die 16 Versuchspersonen der anderen beiden Gruppen absolvierten eine 8-minütige Wartephase, bevor der letzte Teil des Experiments begann.

Nach Abschluss der Adaptations- oder Wartephase begann der letzte Teil des Experiments. Für die Gruppen 1 und 2 war dies die TopUp-Phase (siehe Abbildung 3.1). Diese war identisch mit dem Pretest, außer dass vor der Darbietung des Testbildes ein TopUp-Display für die Dauer von 8000 ms eingeblendet wurde. Für die Personen, die die Adaptationsphase durchlaufen hatten, war die Blickrichtung des TopUp-Displays identisch mit der vorher adaptierten Richtung. In der zweiten Gruppe, TopUp, wurden der Hälfte der Probanden TopUp-Displays mit einem nach links abgewandten Blick und der anderen Hälfte mit einem nach rechts abgewandten Blick gezeigt. Die Darbietungsreihenfolge der einzelnen Elemente eines Trials war die Folgende: Fixationskreuz (750 ms) – ISI (300 ms) – TopUp-Display (8000 ms) – ISI (300 ms) – Testbild (1500 ms) – schwarzer Bildschirm bis die Antwort per Tastendruck erfolgte. Die dritte Experimentalgruppe, Kontrolle, absolvierte zur Überprüfung von Lerneffekten erneut einen Pretest.

3 Experiment 1: Notwendigkeit der Adaptationsphase

3.3 Ergebnisse

Der Auswertung der Ergebnisse wurde ein Differenzmaß zugrunde gelegt (zur Berechnung siehe Abschnitt 2.5). Die durchgeführte Varianzanalyse wurde auf der Grundlage dieses Maßes berechnet. Wie schon im genannten Abschnitt beschrieben, wird der Illustration und Vergleichbarkeit halber zu Beginn auch der relative Anteil der „geradeaus“-Antworten mittels einer Grafik deskriptiv dargestellt.

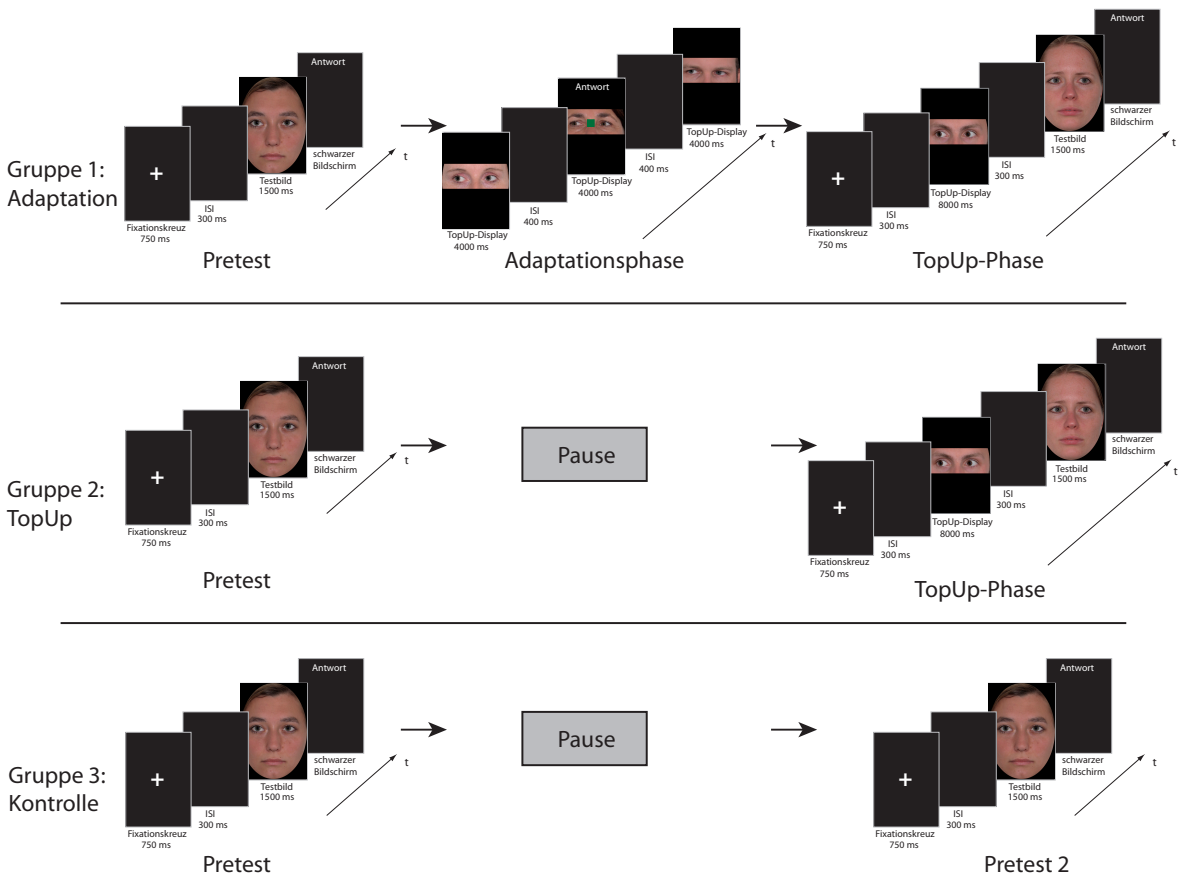


Abbildung 3.1: Darstellung der Trialabläufe im ersten Experiment. Der erste Versuch umfasst drei Experimentalbedingungen (Gruppe 1-3), die von jeweils 8 Versuchspersonen durchlaufen wurden. In jeder Gruppe absolvierten die Probanden drei Experimentalphasen.

3.3.1 Deskriptive Darstellungen und Statistiken

Die Abbildung 3.2 zeigt die relativen Anteile der „geradeaus“-Antworten in Abhängigkeit von Experimentalbedingung und Blickwinkel. Im Pretest können die Versuchspersonen die Blickrichtung relativ gut einschätzen. Für den 0° -Winkel liegt der Anteil der „geradeaus“-Antworten bei fast 90% (siehe Abbildung 3.2). Auch für den abgewandten Blick 10° nach links oder rechts können die Probanden eine sichere Beurteilung abgeben („geradeaus“-Antworten mit einem Anteil von maximal 5%). Lediglich für die Winkel 5° links und rechts ergibt sich eine etwas schlechtere Diskriminierbarkeit („geradeaus“-Antworten mit einem Anteil von bis zu 30%). Für die Gruppe 1, Adaptation, ergibt sich der von Jenkins et al. (2006) berichtete Effekt (mittelgrauer Graph). Bezüglich der Winkel 5° und 10° in die adaptierte Richtung zeigt sich in der TopUp-Phase ein deutlich höherer Anteil von „geradeaus“-Antworten im Vergleich zum Pretest. Bezüglich des 0° -Winkels findet sich eine Abnahme der „geradeaus“-Antworten. In die Gegenrichtung der Adaptation zeigt sich für den 5° -Winkel ein reduzierter Anteil an „geradeaus“-Antworten. Entsprechend der Hypothese zeigt sich ein ähnlicher Kurvenverlauf auch für die zweite Gruppe, in der die TopUp-Phase ohne vorherige Adaptation durchgeführt wurde (dunkelgraue Kurve). Die Ergebnisse der dritten Experimentalgruppe sind mittels eines hellgrauen Graphen dargestellt. Der Vergleich der Mittelwertsunterschiede lässt vermuten, dass sich in dieser Bedingung keine Unterschiede zwischen Pretest und dem zweiten Pretest ergeben.

In Abbildung 3.3 ist die Zusammensetzung der relativen Häufigkeiten der Antworten der Gruppe 1 und 2 dargestellt. Es ist jeweils eine Grafik für den Pretest und den Posttest abgebildet. Für beide Pretests zeigt sich, dass überwiegend die richtigen Antworten erfolgen. Bei allen abgewandten Winkeln entstehen Fehleinschätzungen in dem Sinne, dass ein abgewandter Blickwinkel als „geradeaus“ bewertet wird. Der 0° -Winkel wird, wie schon oben beschrieben, zu einem Anteil von annähernd 90% richtig eingeschätzt. Fehleinschätzungen werden in Richtung beider Antwortalternativen getroffen. Für die TopUp-Phasen beider Gruppen ergibt sich ein anderer Befund. Wie auch bei den Pretests werden die Blickwinkel in die Gegenrichtung fast durchgängig richtig eingeschätzt. Fehler passieren im Sinne einer „geradeaus“-Bewertung. Durch die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts gilt dieses Muster in den TopUp-Phasen auch für den 0° -Winkel. Hier finden nun keine Fehleinschätzungen in die adaptierte Richtung mehr statt. Der Anteil der Fehleinschätzungen in die Gegenrichtung nimmt im Vergleich zum Pretest für diesen Winkel zu. Ein wichtiger Befund zeigt sich für den 5° -Winkel in die adaptierte Richtung. Es wird entsprechend der

3 Experiment 1: Notwendigkeit der Adaptationsphase

Induktion des Nacheffekts überwiegend mit „geradeaus“ geantwortet. Es gibt keinen Anteil von richtigen Antworten („in die adaptierte Richtung“), sondern einen kleinen Anteil von Fehleinschätzungen in die Gegenrichtung der Adaptation. Für den 5° Blickwinkel in die adaptierte Richtung ergeben sich also fast ausschließlich Fehleinschätzungen. Für den 10°-Winkel in die adaptierte Richtungen finden sich die, für den Blickrichtungsnacheffekt typischen, „geradeaus“-Antworten und ein Anteil von richtigen Einschätzungen.

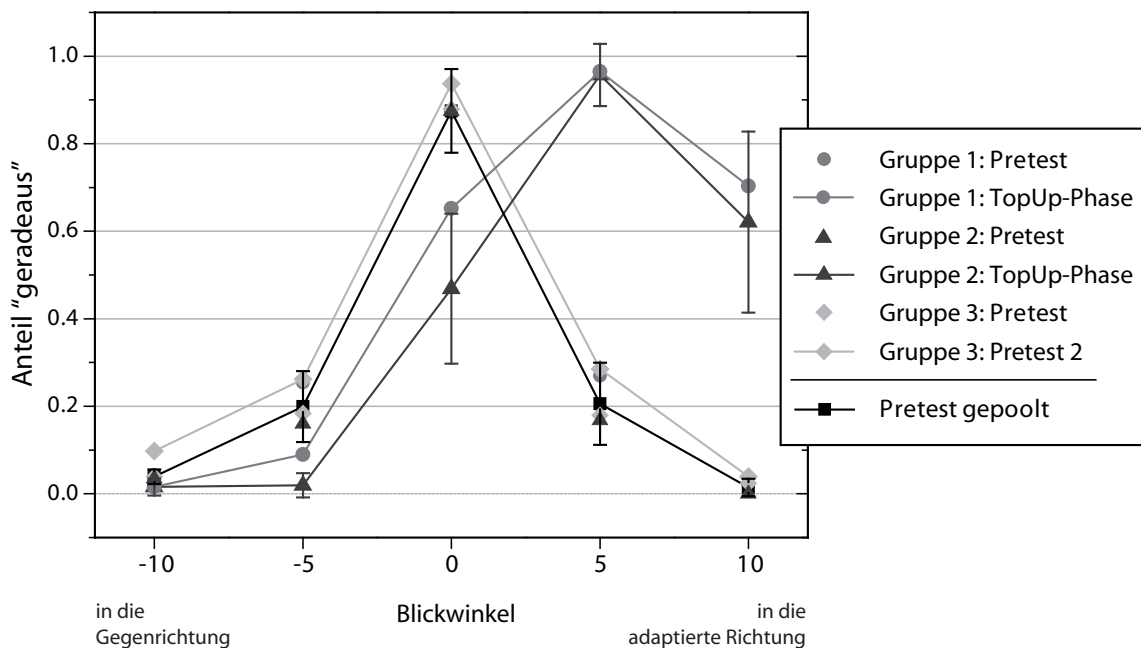


Abbildung 3.2: Deskriptive Darstellung des relativen Anteils der „geradeaus“-Antworten im ersten Experiment. Auf der x-Achse werden die fünf verwendeten Blickwinkel unterschieden. Es werden jeweils die einzelnen Ergebnisse der Pretests und TopUp-Phasen pro Gruppe dargestellt. Zudem ist eine gepoolte Pretest-Kurve (schwarz, quadratische Symbole) abgebildet. Dieser Graph stellt die gemittelten Pretest-Werte aller Gruppen dar. Für diesen und die Kurve der TopUp-Phase in der zweiten Gruppe sind zur Ansicht die Konfidenzintervalle abgetragen. Pro Gruppe sind die Ergebnisse der TopUp-Phasen mittels eines Graphen dargestellt. Für die einzelnen Pretest-Ergebnisse sind der Übersichtlichkeit halber ausschließlich die Symbole abgebildet.

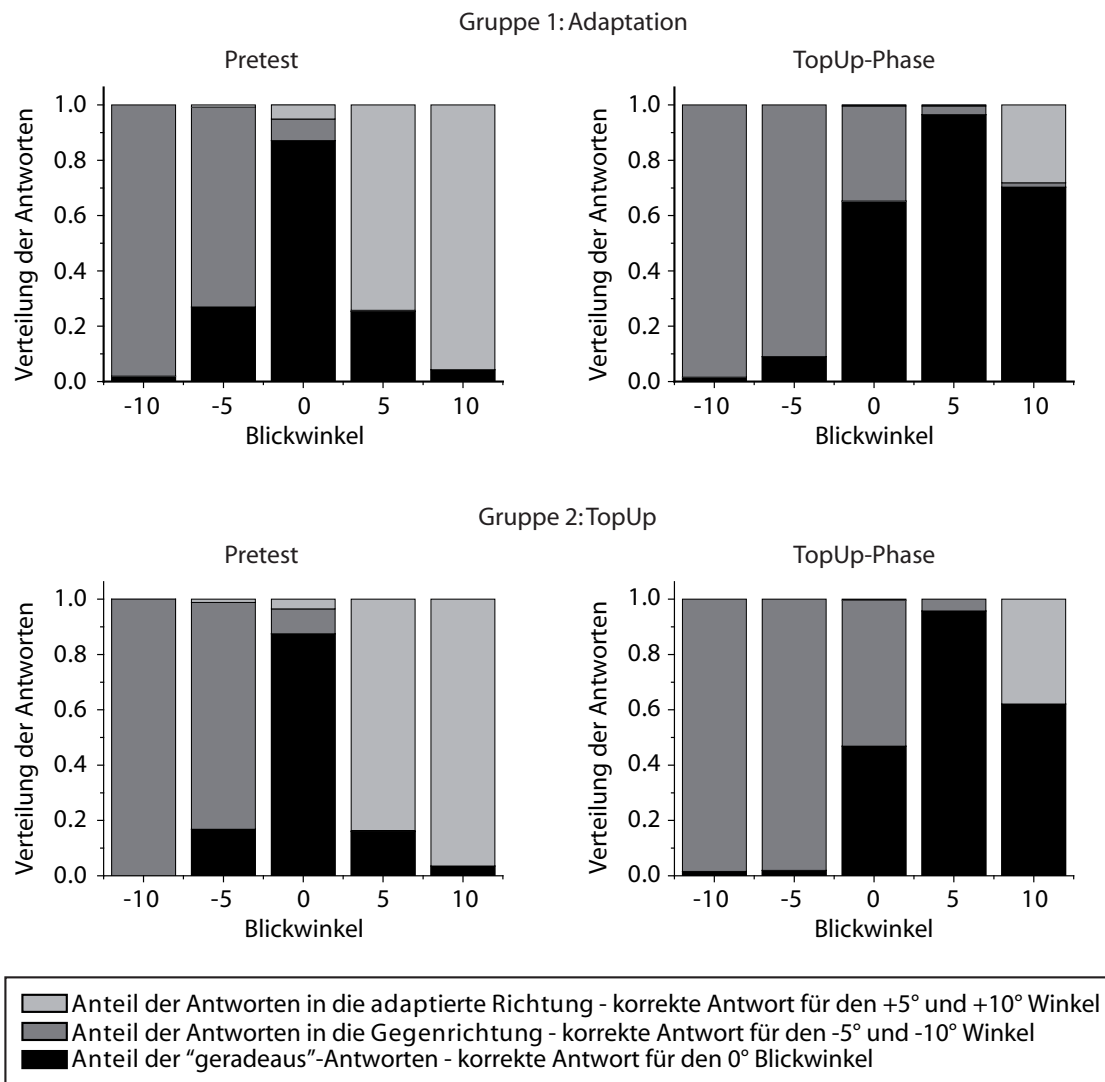


Abbildung 3.3: Darstellung der relativen Verteilung der Antworten für die Gruppen 1 und 2. Es sind pro Bedingung und Blickwinkel die Anteile der Antworten abgetragen. Die schwarzen Elemente geben der Anteil der „geradeaus“-Antworten wieder. Die dunkelgrauen den Anteil der Antworten in die Gegenrichtung der Adaptation und die hellgrauen Elemente den Anteil der Antworten in die adaptierte Richtung. Auf der x-Achse sind die Blickwinkel abgetragen. Hier bedeutet ein negatives Vorzeichen einen Winkel in die Gegenrichtung zur Adaptation und ein positives Vorzeichen dementsprechend einen Blickwinkel in die adaptierte Richtung.

3 Experiment 1: Notwendigkeit der Adaptationsphase

Zur Prüfung der Voraussetzungen zur Berechnung der Varianzanalyse sind in Abbildung 3.4 die Normalverteilungsplots für jeden Blickwinkel dargestellt. Dabei sind die berechneten Differenzwerte zugrunde gelegt. Die beobachteten Werte sind gegen die Werte abgetragen, die man bei einer Normalverteilung erwarten würde. Zusätzlich zur graphischen Darstellung wurde der Korrelationskoeffizient berechnet (siehe ebenfalls Abbildung 3.4). Dieser wird an einem kritischen Korrelationskoeffizienten geprüft. Die Hypothese der Normalverteilung wird verworfen, wenn der errechnete Wert kleiner als der kritische Korrelationskoeffizient ist (für die Formel zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten und die Tabelle mit Werten für die kritischen Korrelationskoeffizienten siehe Johnson & Wichern, 2002). Bei einem $N = 20$ ergibt sich in der Tabelle für ein $\alpha = 0.5$ ein kritischer Wert von 0.9508 und für ein $N = 15$ ein Wert von 0.9389. Der Vergleich zeigt, dass der kritische Wert bei zugehörigem N in keinem der Fälle unterschritten wird. Die Voraussetzungen zur Berechnung der Varianzanalyse sind erfüllt.

3.3.2 Varianzanalyse

Es wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet (siehe Tabelle 3.3.2). Dabei gab es einen Gruppenfaktor und einen Messwiederholungsfaktor. Der Gruppenfaktor, Adaptationsart, umfasste die drei Stufen Adaptation, TopUp und Kontrolle. Der Messwiederholungsfaktor Blickwinkel beinhaltete die fünf Stufen 0° , 5° und 10° links und rechts.

Der Innersubjektfaktor ist Huyn-Feldt-korrigiert, um einer möglichen Verletzung der Sphärizitätsannahme vorzubeugen. Da der Mauchley-Test auf Sphärizität bei einer kleinen Anzahl von Versuchspersonen eine geringe Teststärke hat und deshalb Verletzungen der Annahme nicht zuverlässig anzeigt, wird von einer Durchführung dieses Tests abgesehen.

Haupteffekte

Für den Gruppenfaktor Adaptationsart ergab sich ein signifikanter Haupteffekt: $F(2, 21) = 3,967$, $p < 0,035$. Die Gruppen 1 und 2 unterscheiden sich in den Differenzwerten signifikant von denen der Kontrollgruppe (siehe Abbildung 3.5). Für einen genaueren Vergleich der Gruppen wurden univariate Signifikanztests durchgeführt (siehe 3.3.2). Es wurden die Gruppen 1 und 2 jeweils gegen die Gruppe 3 getestet. Auf einen Vergleich der Gruppen 1 und 2 wurde verzichtet, da sich kein Hinweis auf signifikante Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen ergibt (siehe Abbildung 3.5). Für die Blickwinkel in die adaptierte Richtung sind die Differenzwerte der Gruppen 1 und 2 signifikant höher als die der

3.3 Ergebnisse

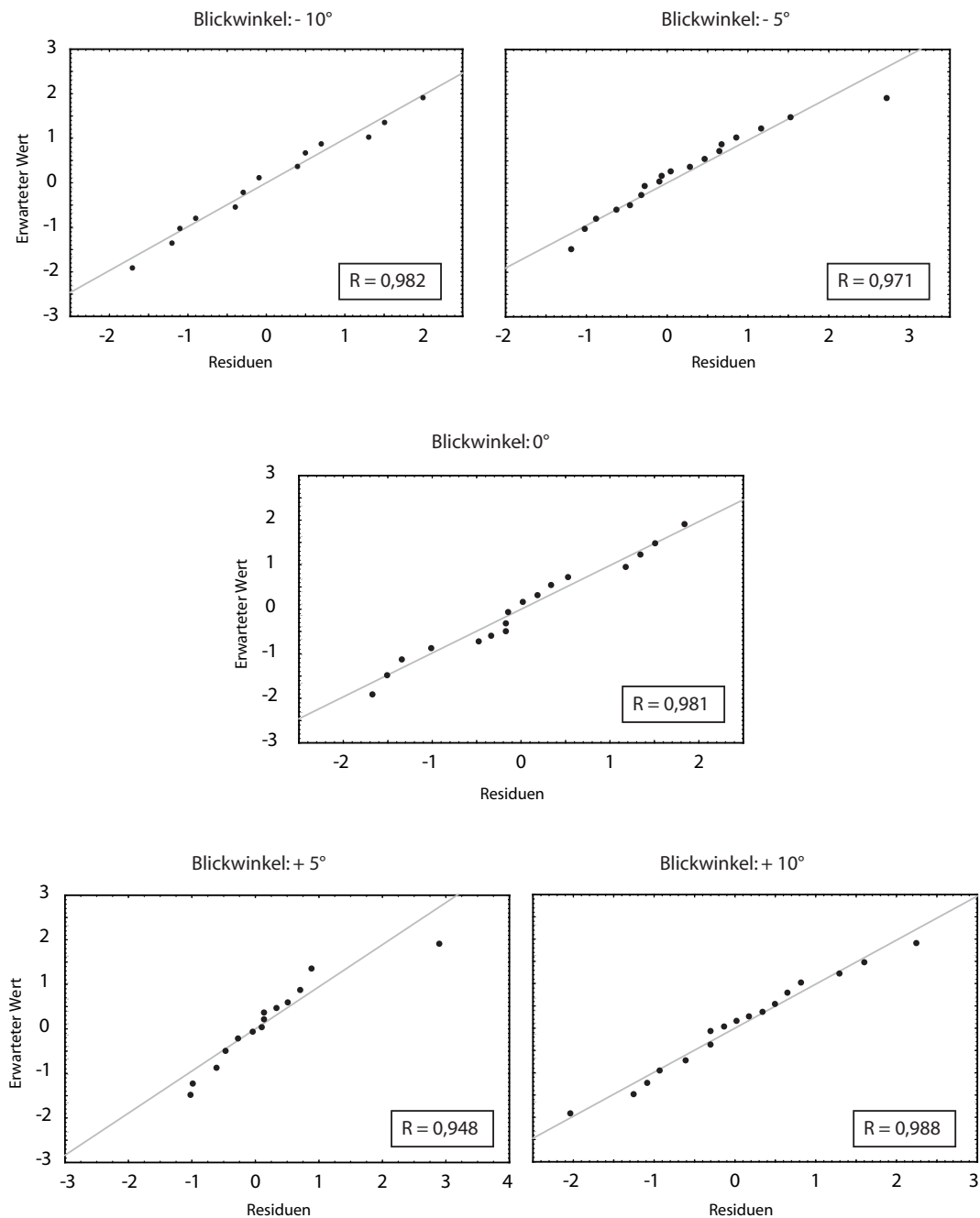


Abbildung 3.4: Darstellung der Normalverteilungsplots im ersten Experiment. Es wurde für jeden Blickwinkel über die Gruppen hinweg ein Normalverteilungsplot berechnet. Die dargestellten Werte sind z-standardisiert. Des Weiteren ist für jeden Blickwinkel der Korrelationskoeffizient angegeben.

3 Experiment 1: Notwendigkeit der Adaptationsphase

		QS	df	df _{corr}	F	p	p _{corr}
ZWISCHEN	Adaptationsart	0.384	2		3.967	0.035	
	Fehler	1.015	21				
INNERHALB	Blickwinkel	10.013	4	3.765	120.506	0.000	0.000
	Blickwinkel × Adaptationsart	5.139	8	7.530	30.925	0.000	0.000
	Fehler	1.745	84	79.061			

Tabelle 3.1: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung im ersten Experiment basierend auf den Differenzwerten. Die Tabelle zeigt die Quadratsumme (QS), die Freiheitsgrade unkorrigiert (df) und korrigiert (df_{corr}), den F-Wert (F), das Signifikanzniveau (p) und das korrigierte Signifikanzniveau (p_{corr}). Der Inner-subjektfaktor ist korrigiert nach Huyn-Feldt.

Kontrollgruppe. Es ergibt sich also für beide Gruppen ein erhöhter Anteil von „geradeaus“-Antworten in der TopUp-Phase im Vergleich zum Pretest. Für den 5°-Winkel in die Gegen-

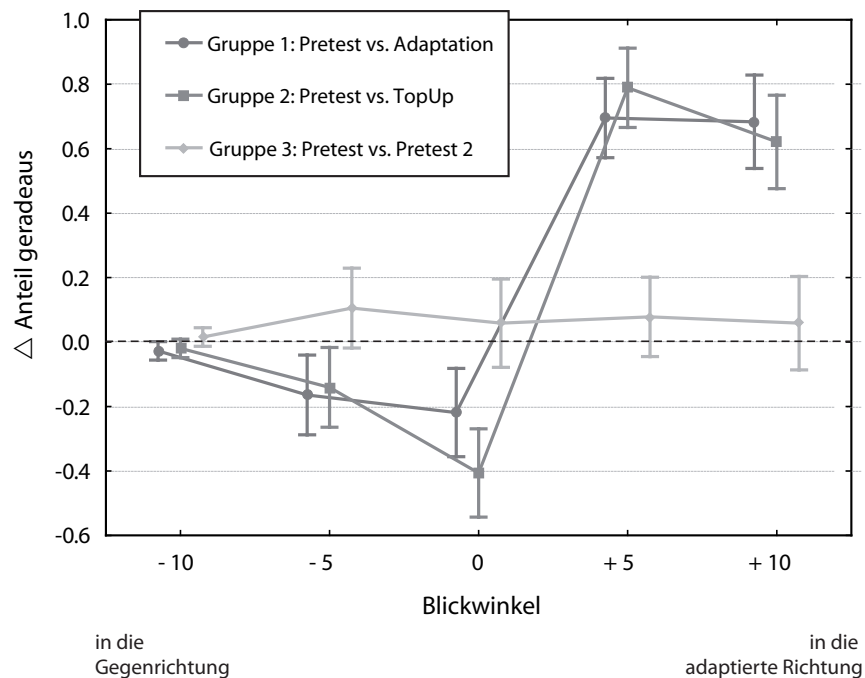


Abbildung 3.5: Darstellung der Differenzwerte im ersten Experiment. Für jede der drei Gruppen sind die Ergebnisse separat dargestellt. Auf der x-Achse sind die verwendeten Blickwinkel dargestellt.

richtung und den 0°-Winkel liegen die Differenzwerte signifikant unter denen der Kontrollgruppe. Hier zeigt sich für die Gruppen 1 und 2 ein reduzierter Anteil von „geradeaus“-Antworten in der TopUp-Phase im Vergleich zu dem Pretest. Für den 10°-Winkel in die Gegenrichtung ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen der ersten Gruppe und der Kontrollgruppe. In der Gruppe 1 zeigen sich signifikant kleinere Differenzwerte als in der Kontrollgruppe. Zwischen der zweiten Gruppe und der Kontrollgruppe ergibt sich kein signifikanter Unterschied.

Die ANOVA lieferte zudem einen hochsignifikanten Haupteffekt für den Faktor Blickwinkel: $F(3.765, 79.061) = 120,506, p < 0,000$. Für die Gruppen 1 und 2 liegen die Differenzwerte der Winkel in die adaptierte Richtung deutlich über einem Wert von 0. Es ergibt sich dementsprechend ein signifikanter Unterschied zwischen dem Pretest und der jeweils nachfolgenden Experimentalphase. Es zeigt sich im Vergleich zum Pretest ein erhöhter Anteil von „geradeaus“-Antworten. Für den 0°-Winkel und den 5°-Blickwinkel in die Gegenrichtung der Adaptation ergeben sich negative Differenzwerte, die sich signifikant von Null und signifikant von dem Differenzwert der dritten Gruppe unterscheiden. Dieser Befund bedeutet einen reduzierten Anteil von „geradeaus“-Antworten in der zweiten Experimentalphase im Vergleich zum Pretest. Für den 10°-Blickwinkel in die Gegenrichtung zur Adaptation zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Pretest und nachfolgender Experimentalphase. Die Differenzwerte der Gruppe 3 weichen für keinen der verwendeten Blickwinkel signifikant von Null ab. Es findet sich dementsprechend für diese Gruppe kein Unterschied zwischen Pretest und der nachfolgenden Experimentalphase.

Interaktionen

Die Varianzanalyse lieferte zudem einen signifikanten Interaktionseffekt. Für die Kombination des Gruppenfaktors Adaptationsart und des Messwiederholungsfaktors Blickwinkel ergab sich ein hoch signifikantes Testergebnis: $F(7.530, 79.061) = 30,925, p < 0,000$. Die Differenz der „geradeaus“-Antworten ist in den Gruppen 1 und 2 für die Blickwinkel in die adaptierte Richtung deutlich höher als in der dritten Gruppe. Dieser Befund ergibt sich aus den im vorangegangenen beschriebenen Ergebnissen und wird deshalb keiner weiteren Analyse unterzogen.

3 Experiment 1: Notwendigkeit der Adaptationsphase

3.3.3 Veränderung der Tuning-Kurve nach der Induktion des Blickrichtungsnacheffekts

Des Weiteren wurden aus den Daten des ersten Experiments Tuning-Kurven geschätzt und der Parameter σ berechnet. Dieser gibt Auskunft über die Breite der jeweiligen Tuning-Kurve. Die Berechnungen wurden für die gemittelten Daten der Pretests und für die Ergebnisse der TopUp-Phasen der Gruppen 1 und 2 durchgeführt. Da die im Vorfeld beschriebene Analysen keinen signifikanten Unterschied zwischen Pretest und Gruppe 3 anzeigen, werden die Ergebnisse der dritten Gruppe nicht dargestellt.

Die Schätzung der Tuning-Kurve erfolgte für jede der Versuchsbedingungen auf der Basis des relativen Anteils der „geradeaus“-Antworten. Dabei wurden folgende Formeln zugrunde gelegt.

Fitting-Funktion für die gemittelten Pretest-Werte:

$$f(x) = c \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{x}{\sigma} \right)^2 \right) \quad (3.1)$$

Fitting-Funktion für die Daten der Gruppen 1 und 2:

$$f(x) = c \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{x - x_0}{\sigma} \right)^2 \right) \quad (3.2)$$

In Abbildung 3.6 sind die berechneten Tuning-Kurven abgebildet. Durch die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts ergeben sich zwei Veränderungen. Zum einen ergibt sich eine Verschiebung der psychometrischen Kurve durch den Blickrichtungsnacheffekt. Im Modell der Normalverteilung für die Blickwinkel-Tuningfunktion ergibt sich für die Verschiebung ein Wert von 5.38 für Gruppe 1 und ein Wert von 5.64 für Gruppe 2. Des Weiteren zeigt sich eine Verbreiterung der Tuning-Kurve. Der Parameter σ ergibt für den Pretest-Graph einen Wert von 2.93. Für die TopUp-Phasen der Gruppen 1 und 2 ergibt sich ein größerer Wert von 5.37 für Gruppe 1 und 4.55 für Gruppe 2. Adaptation und TopUp-Display wirken sich also in der Verschiebung etwa gleichartig aus und bewirken eine mittlere Verschiebung um etwa 5.5° . Die Verbreiterung der Kurven ist jedoch unterschiedlich. Im Vergleich zur Pretest-Standardkurve ergibt sich eine Verbreiterung von $(5.37-2.93) / 2.93 * 100 \% = 83.3 \%$ für Gruppe 1 und $(4.55-2.93) / 2.93 * 100 \% = 55.3 \%$

3.3 Ergebnisse

für Gruppe 2. Das heißt die zusätzliche Adaptationsphase in Gruppe 1 führt zu einer erheblich stärkeren Verbreiterung der Tuningfunktion als die ausschließliche Darbietung des TopUp-Displays in Gruppe 2. Dies wird in Abbildung 3.6 deutlich. In der Pretest-Kurve liegen 95% der Urteile im Bereich von $0 \pm 1.96 \cdot 2.93$. Das bedeutet, dass Verschätzungen praktisch auftreten im Bereich von $\pm 5.7^\circ$ um den geradeaus gerichteten Blick. Die Intervallbreite der Verschätzung hat sich bei Gruppe 1 fast verdoppelt auf $\pm 10.5^\circ$, für Gruppe 2 liegt sie bei $\pm 8.9^\circ$.

3 Experiment 1: Notwendigkeit der Adaptationsphase

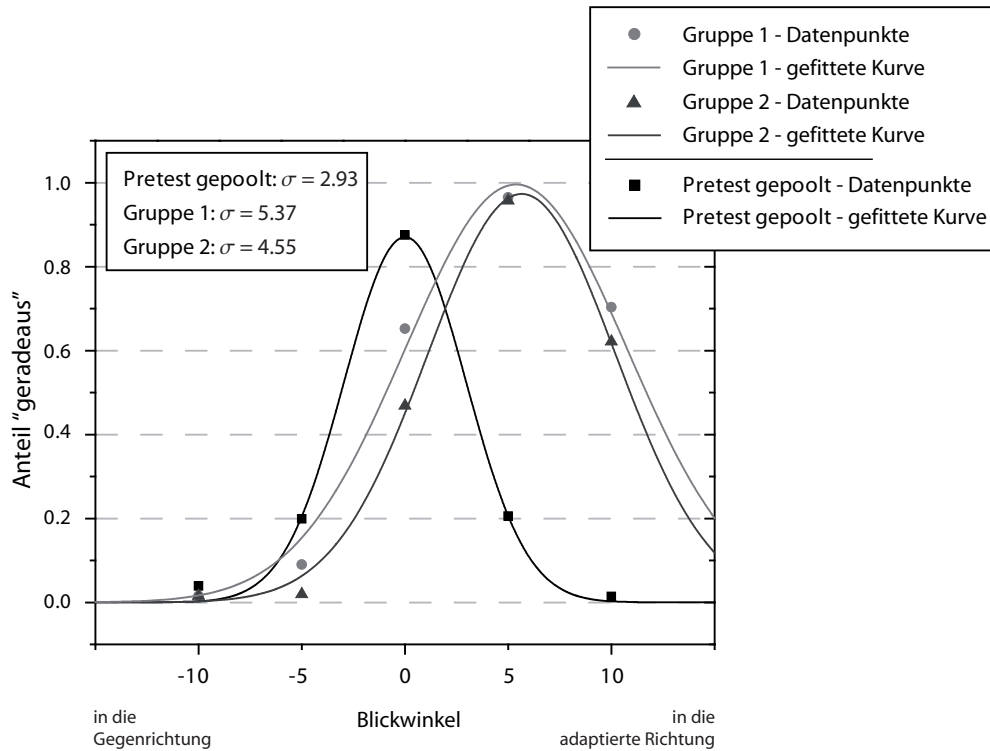


Abbildung 3.6: Grafische Darstellung der Tuning-Kurven im ersten Experiment. Auf der x-Achse sind die Blickwinkel abgetragen, auf der y-Achse der Anteil der „geradeaus“-Antworten. Abgebildet sind die Werte für die Gruppe 1 (hellgraue Kreise), Gruppe 2 (dunkelgraue Dreiecke) und die gemittelten Pretest-Werte (schwarze Quadrate). Eingezeichnet ist jeweils die geschätzte Tuning-Kurve und der Wert für den Parameter σ .

-10		
	F	p
	Gruppe 3	Gruppe 3
Gruppe 1	4.849	0.039
Gruppe 2	3.246	0.086

-5		
	F	p
	Gruppe 3	Gruppe 3
Gruppe 1	10.254	0.004
Gruppe 2	8.549	0.008

0		
	F	p
	Gruppe 3	Gruppe 3
Gruppe 1	8.859	0.007
Gruppe 2	24.885	0.000

5		
	F	p
	Gruppe 3	Gruppe 3
Gruppe 1	54.337	0.000
Gruppe 2	72.098	0.000

10		
	F	p
	Gruppe 3	Gruppe 3
Gruppe 1	40.258	0.000
Gruppe 2	32.609	0.000

Tabelle 3.2: Darstellung der A-priori-Kontraste basierend auf den Differenzwerten. Die Tabelle zeigt separat für die einzelnen Bedingungen des Faktors Blickwinkel die Ergebnisse für den Vergleich zwischen den verschiedenen Experimentalphasen. Die Werte sind Bonferroni-korregiert. Es ist jeweils der F-Wert (F) und das Signifikanzniveau (p) angegeben.

3 Experiment 1: Notwendigkeit der Adaptationsphase

3.4 Diskussion

Im ersten Experiment wurde die Erzeugung des Blickrichtungsnacheffekts mittels zwei verschiedener Methoden untersucht. Es wurde die Induktion durch den Einsatz einer Adaptationsphase und der TopUp-Displays und alternativ die Induktion ausschließlich mittels TopUp-Displays miteinander verglichen. Zum einen konnten die von Jenkins et al. (2006) und Seyama und Nagayama (2006) berichteten Befunde repliziert werden. Es ließ sich mit dem verwendeten Stimulusmaterial und dem Experimentaldesign der Blickrichtungsnacheffekt induzieren. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse für alle verwendeten Blickwinkel keinen Unterschied zwischen den beiden methodischen Vorgehensweisen. Auch für die Stärke der Induktionswirkung ergibt sich ein äquivalenter Befund. Durch beide Induktionsarten kommt ein starker Blickrichtungsnacheffekt zustande, der sich in seiner Ausprägung nicht unterscheidet. Als weiterer Aspekt wurde im Rahmen einer Kontrollbedingung überprüft, ob es bei der wiederholten Darbietung des Reizmaterials zu Lerneffekten kommt. Für diese Kontrollbedingung ergibt sich kein Effekt. Die Probanden schätzen die Blickrichtung auch bei wiederholter Darbietung gleich gut ein. Es kommt zu keiner signifikant besseren Performanz durch die erneute Präsentation des Stimulusmaterials.

Ermittelt wurde in diesem Experiment auch die Art des Fehlers, der durch die Induktion des Nacheffekts entsteht. Der 0° -Winkel wird nach der Induktion des Nacheffekts weniger präzise eingeschätzt als im Pretest. Es kommt zu einer Fehleinschätzung in die Gegenrichtung der Adaptation. Für die Blickwinkel der adaptierten Seite ergeben sich Fehler im Sinne der erhöhten „geradeaus“-Einschätzung, auch hier gilt also eine Fehleinschätzung in die Gegenrichtung der Adaptation. Für die verschiedenen Blickwinkel besteht kein Unterschied zwischen den Induktionsarten. Es zeigen sich also bei beiden Induktionsarten klassische Merkmale adaptiver Prozesse, wie beispielsweise die Verzerrung der Wahrnehmung in die Gegenrichtung der Adaptation (Kohn, 2007). Auch bei dem Blickrichtungsnacheffekt kommt es durch die Adaptation zu einer Fehlleistung des Antwortverhaltens in die Gegenrichtung der Adaptation. Es handelt sich dementsprechend um einen negativen Nacheffekt.

Bei der Induktion des Blickrichtungsnacheffekts ergibt sich eine Verschätzung für alle verwendeten Blickwinkel bis auf den 10° Winkel in die Gegenrichtung der Adaptation. Für die beiden Testblickwinkel in die adaptierte Richtung zeigt sich ein klares Ergebnis. Beide Winkel werden nach der Erzeugung des Nacheffekts fälschlicherweise als geradeaus gerichtet wahrgenommen. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen früherer Studien

(Calder et al., 2008; Jenkins et al., 2006; Kloth & Schweinberger, 2008). In der aktuellen Literatur werden allerdings unterschiedliche Befunde zu Effekten auf den 0° -Winkel und die Winkel der Gegenrichtung berichtet (siehe Abschnitt 1.4). In dem vorliegenden Experiment ergeben sich für die beiden Gruppen, in denen der Effekt induziert wurde, für den 0° und den 5° -Winkel in die Gegenrichtung der Adaptation, negative Differenzwerte. Der Anteil von „geradeaus“-Antworten ist für diese beiden Winkel in der TopUp-Phase geringer im Vergleich zum Pretest. Für den 10° -Winkel in die Gegenrichtung der Adaptation ergibt sich kein Unterschied zwischen Pretest und TopUp-Phase. Diese Ergebnisse stehen im Kontrast zu der Untersuchung von Jenkins et al. (2006), der keinen Unterschied bei diesen Blickwinkeln zwischen Pretest und Posttest zeigen konnte. Einen Einfluss des Blickrichtungsnacheffekts auf den 0° -Winkel konnten auch Seyama und Nagayama (2006) abbilden. In ihrem Experiment ergab sich nach der Induktion des Nacheffekts, wie in diesem Versuch, eine Fehleinschätzung des 0° -Winkels in die Gegenrichtung der Adaptation. Ein Effekt auf den 5° -Winkel in die nicht adaptierte Richtung wird auch von Kloth und Schweinberger (2008) berichtet. Die Autoren nutzten dasselbe Paradigma wie Jenkins et al. (2006) und untersuchten die Rückbildung des Nacheffekts. Sie beobachteten einen erhöhten Anteil von Antworten in die Gegenrichtung der Adaptation in der TopUp-Phase, d.h. die Performanz des 5° -Blickwinkels in die Gegenrichtung wird besser. Zu ähnlichen Befunden kommen auch Calder et al. (2008) in einem Teil ihrer Experimente. Mittels der Ergebnisse der dritten Experimentalgruppe des vorliegenden Experiments wurden Lerneffekte durch die wiederholte Darbietung des Reizmaterials ausgeschlossen. Deshalb können die Befunde dahingehend interpretiert werden, dass das veränderte Antwortverhalten auf die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts zurückzuführen ist.

Nach Kohn (2007) laufen Adaptationsphänomene auf verschiedenen Zeitskalen ab. Verglichen wurde in diesem Experiment die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts zum einen durch das TopUp-Display und vorgeschaltete Adaptationsphase und zum anderen ausschließlich durch die Präsentation des TopUp-Displays. Die Auswertung zeigt, dass durch beide Induktionsarten ein ausgeprägter Blickrichtungsnacheffekt zustande kommt. Es ergibt sich eine Verschiebung der Tuning-Kurve in Richtung der Adaptation. Zudem zeigt sich eine Verbreiterung der psychometrischen Kurve. Die Verbreiterung, abgebildet durch den Parameter σ , ist für die Induktion mit vorgeschalteter Adaptationsphase tendenziell größer als für die Adaptation ausschließlich durch das TopUp-Display. Die Differenzwerte zeigen jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Induktionsarten an.

3 Experiment 1: Notwendigkeit der Adaptationsphase

Zusammenfassend ergibt sich aus dem vorliegenden Experiment zum einen der Befund, dass für die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts keine vorgeschaltete Adaptationsphase notwendig ist. Der Effekt kommt in gleicher Stärke durch die alleinige Darbietung der TopUp-Displays zustande. Es ist dementsprechend keine vorgeschaltete mehrminütige Zeller müdung notwendig, um den Nacheffekt auszulösen. Die Annahme eines zugrunde liegenden Adaptationsprozesses kann jedoch nicht verworfen werden. Nach Kohn (2007) kommen adaptive Prozesse auch nach der Reizdarbietung von einigen Millisekunden zustande. In dem vorliegenden Paradigma wird den Versuchspersonen das TopUp-Display wiederholt für 8 Sekunden dargeboten. Es stellt sich die Frage, wie sich die Verwendung kürzerer Darbietungszeiten auf die Entstehung des Blickrichtungsnacheffekts auswirkt.

Zudem zeigt dieses Experiment, dass sich die Induktion des Nacheffekts nicht nur auf die Blickwinkel in die adaptierte Richtung, sondern auch auf den 0° -Winkel und den 5° -Winkel in die Gegenrichtung auswirkt. Bezüglich des neutralen Punktes, des 0° -Winkels, ist eine Verschiebung der Antworten in die Gegenrichtung der Adaptation zu beobachten. Die bisherige Studienlage bezüglich dieser Befunde ist uneindeutig. Es sind weitere Experimentaldaten nötig, um die Effekte gesichert interpretieren zu können.

4 Screening-Experiment: Äquivalenz der beiden Adaptationsrichtungen

4.1 Experimentelles Rational

In den Untersuchungen von Jenkins et al. (2006) zeigte sich, dass der Blickrichtungsnacheffekt für beide adaptierten Richtungen, links und rechts, einheitlich ausfällt. Es ergaben sich zum einen symmetrische Befunde generell für die Performanz der Blickwahrnehmung, gemessen mit Hilfe des Pretests. Des Weiteren finden Jenkins et al. (2006) auch bezüglich der Ausprägung des Blickrichtungsnacheffekts in Abhängigkeit von der adaptierten Richtung keinen Unterschied zwischen den Adaptationsrichtungen. Bei der Adaptation mittels nach links abgewandter Blicke ergab sich ein Nacheffekt für die nach links gerichteten Blickwinkel. Dem entsprechend zeigte sich bei der Adaptation nach rechts ein gleicher Nacheffekt für die nach rechts gerichteten Winkel. Auch in weiteren Studien werden keine Asymmetrien bezüglich der Baseline oder bezüglich des Blickrichtungsnacheffekts beobachtet (Seyama & Nagayama, 2006, Calder et al., 2007, Schweinberger et al., 2007, Kloth & Schweinberger, 2008). Eine Ausnahme bildet die Untersuchung von Calder et al. (2008). Hier berichten die Autoren über eine Asymmetrie in der Blickwahrnehmung. Im Pretest ergab sich für den 5°-Winkel der rechten Seite ein signifikant höherer Anteil von „geradeaus“-Antworten als für den 5°-Winkel der linken Seite. Auch hinsichtlich des induzierten Nacheffekts berichten die Autoren über eine Tendenz zur Asymmetrie. Sie finden, dass der Blickrichtungsnacheffekt bei der Adaptation nach rechts stärker ausgeprägt ist, als bei der Adaptation nach links. Dieser Befund wird jedoch nicht signifikant. Die Autoren interpretieren ihre Ergebnisse dahingehend, dass die Wahrnehmung der Probanden nach links verschoben ist. Sie bringen diese Verzerrung in Zusammenhang mit dem Pseudo Neglect Effekt (Chokron, 2002). Gibt man gesunden Probanden die Aufgabe, eine Linie in der Mitte zu halbieren, tendieren diese dazu, die Markierung links von der Mitte zu setzen. Diese Verzerrung zur linken Seite findet sich in verschiedenen Forschungsfeldern und

4 Screening-Experiment: Äquivalenz der beiden Adaptationsrichtungen

wird auf eine Verzerrung der Aufmerksamkeitslenkung in Verbindung mit einer unilateralen Aktivierung der Hemisphären zurückgeführt (Nicholls, Mattingley, Berberovic, Smith & Bradshaw, 2004).

Mit Hilfe des folgenden Experimentes sollen zwei verschiedene Aspekte geprüft werden. Zum einen soll getestet werden, ob sich im TopUp-Paradigma eine Asymmetrie in der Performanz der Blickwahrnehmung findet. Da die Blickwahrnehmung einen hoch relevanten Prozess innerhalb der menschlichen Kommunikation darstellt und präzise abläuft (Pelphrey et al., 2004) kann man davon ausgehen, dass sich keine signifikante Asymmetrie in der Performanz der Blickwahrnehmung findet. Des Weiteren soll die Äquivalenz der Ausprägung des Blickrichtungsnacheffekts nach links und rechts überprüft werden. Aufgrund der berichteten Befunde (Jenkins et al., 2006, Seyama & Nagayama, 2006, Calder et al., 2007, Schweinberger et al., 2007, Kloth & Schweinberger, 2008) kann man davon ausgehen, dass sich keine Asymmetrie zwischen der Adaptation nach links und der Adaptation nach rechts zeigt.

4.2 Methode

4.2.1 Versuchspersonen

An diesem Experiment nahmen 18 Studenten der Psychologie teil. Davon waren 10 Probanden weiblich und 8 männlich. Alle Personen besaßen ein normales oder durch Sehhilfen korrigiertes Sehvermögen. Die Versuchspersonen erhielten für die Teilnahme an dem Experiment wahlweise eine Vergütung in Form von Versuchspersonenstunden oder ein Entgelt von 5,00 € pro Stunde. Die Personen waren nicht über die Fragestellung des Experimentes informiert.

4.2.2 Prozedur

Das Experiment bestand aus zwei Phasen, einem Pretest und einer TopUp-Phase (siehe Abbildung 4.1). Diese waren hinsichtlich aller Merkmale (Anzahl der Trials, zeitlicher Aufbau, etc.) identisch mit dem Pretest und den TopUp-Phasen des ersten Experimentes. Der einen Hälfte der Versuchspersonen ($N = 9$) wurden TopUp-Displays mit einem nach links abgewandten Blick gezeigt und der anderen Hälfte ($N = 9$) mit einem nach rechts abgewandten Blick. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte randomisiert.

4.3 Ergebnisse

Der Auswertung der Ergebnisse wurde das Differenzmaß zugrunde gelegt (zur Berechnung siehe Abschnitt 2.5). Auch hier wird der Illustration und Vergleichbarkeit halber zu Beginn der relative Anteil der „geradeaus“-Antworten mittels einer Grafik deskriptiv dargestellt. Da in diesem Experiment die Adaptationsrichtung expliziter Bestandteil der Fragestellung ist, gilt nicht die in Abschnitt 2.5 beschriebene Änderung des Bezugssystems für den Faktor Blickwinkel. In der folgenden Befunddarstellung bedeutet eine Blickwinkelangabe mit negativem Vorzeichen einen nach links gewandten Adaptationsreiz und ein positives Vorzeichen dementsprechend einen nach rechts gerichteten.

4.3.1 Deskriptive Darstellung

Es ergeben sich in diesem Versuch dieselben Ergebnisse wie auch im ersten Experiment für die Gruppen Adaptation und TopUp. Im Pretest können die Versuchspersonen die Blickrichtung relativ gut einschätzen. Für den 0° -Winkel liegt der gemittelte Anteil der „geradeaus“-Antworten sehr hoch (siehe Abbildung 4.2, schwarze Kurve, Quadrate). Auch für den

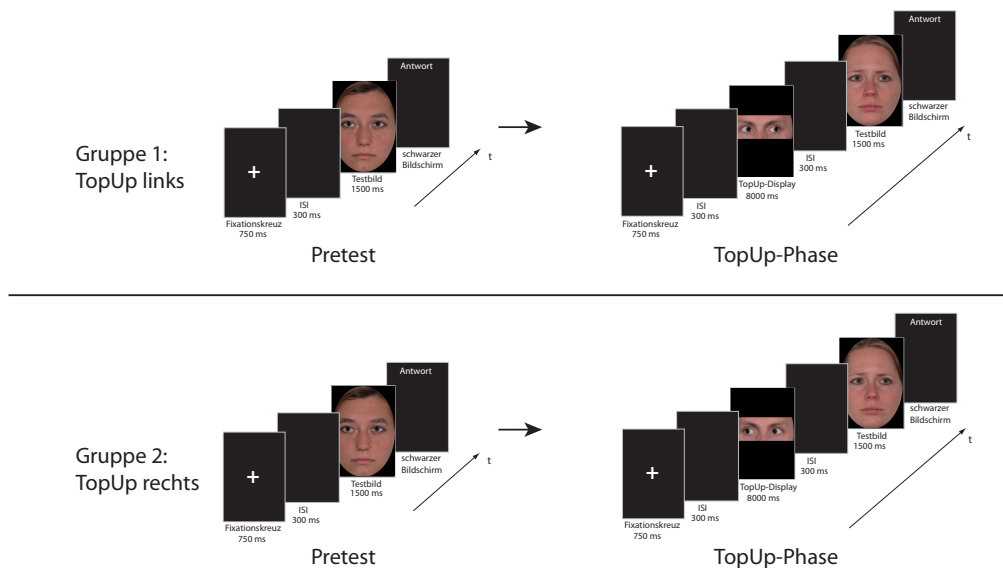


Abbildung 4.1: Darstellung der Trialabläufe im Screeningexperiment. Der Versuch umfasst zwei Experimentalkategorien, die von jeweils 9 Versuchspersonen durchlaufen wurden. In jeder Kategorie absolvierten die Probanden zwei Experimentalkategorien.

4 Screening-Experiment: Äquivalenz der beiden Adaptationsrichtungen

abgewandten Blick 10° nach links oder rechts können die Probanden eine sichere Beurteilung abgeben. Wiederum für die Winkel 5° links und rechts ergibt sich eine etwas schlechtere Performanz („geradeaus“-Antworten mit einem Anteil von unter 25%). Die Betrachtung der Konfidenzintervalle zeigt, dass zwischen den Ergebnisse der 5° -Blickwinkel links und rechts kein Unterschied besteht. Dasselbe gilt auch für die 10° -Winkel links und rechts. Neben der Kurve für den gemittelten Pretest sind zusätzlich die Kurven für die TopUp-Phasen mit Adaptationsreiz nach links (mittelgrauer Graph, Kreise) und mit Adaptationsreiz nach rechts (dunkelgraue Linie, Dreiecke) dargestellt. Für die beide Richtungen ergibt sich der von Jenkins et al. (2006) berichtete Effekt. Bezüglich der Winkel 5° und 10° in die adaptierte Richtung zeigt sich in beiden Bedingungen ein deutlich höherer Anteil von „geradeaus“-Antworten im Vergleich zum Pretest. Für den 5° -Winkel in die nicht adaptierte Richtung zeigt sich eine Verringerung des Anteils der „geradeaus“-Antworten. Für den 10° -Winkel in die Gegenrichtung ergibt sich keine Veränderung. Die deskriptive Darstellung legt die Vermutung nahe, dass kein Unterschied zwischen den Adaptationsrichtungen besteht.

4.3.2 Varianzanalyse

Es wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet. Dabei gab es einen Gruppenfaktor, Adaptationsrichtung, mit den zwei Stufen links und rechts. Weiterhin bestand ein Messwiederholungsfaktor, Blickwinkel, mit den fünf Stufen 0° , 5° und 10° links und rechts.

Alle Innersubjektfaktoren sind Hyun-Feld-korrigiert, um einer möglichen Verletzung der Sphärizität vorzubeugen. Da der Mauchley-Test auf Sphärizität bei einer kleinen Anzahl von Versuchspersonen eine geringe Teststärke hat und deshalb Verletzungen der Annahme nicht zuverlässig anzeigt, wird von einer Durchführung dieses Tests abgesehen.

Für den Gruppenfaktor Adaptationsrichtung ergab sich entsprechend der Hypothese kein signifikanter Haupteffekt (siehe Tabelle 4.3.2). Es zeigt sich kein messbarer Unterschied zwischen der Adaptation nach links und der Adaptation nach rechts.

Die ANOVA liefert wie auch im vorherigen Experiment einen hochsignifikanten Haupteffekt für den Faktor Blickwinkel: $F(4, 4) = 24,920$, $p < 0,000$. Für die beiden Winkel in die adaptierte Richtung zeigen sich für beide Gruppen positive Differenzwerte, die sich signifikant von Null unterscheiden. Dabei zeigen die Konfidenzintervalle, dass zwischen den 5° -Winkeln in die adaptierte Richtung zwischen den beiden Gruppen kein signifikanter Un-

terschied besteht. Dasselbe gilt auch für die 10°- Winkel in die adaptierte Richtung. Für den 5°-Winkel in die Gegenrichtung und den 0°-Winkel ergeben sich negative Differenzwerte, die sich signifikant von dem Wert Null unterscheiden. Für den 10°-Winkel in die Gegenrichtung zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen Pretest und TopUp-Phase.

Zudem ergab sich ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen dem Gruppen- und dem Messwiederholungsfaktor: $F(4, 4) = 66,685$, $p < 0,000$. Dieser Befund ergibt sich aus den im vorangegangenen beschriebenen Ergebnissen und wird deshalb keiner weiteren Analyse unterzogen.

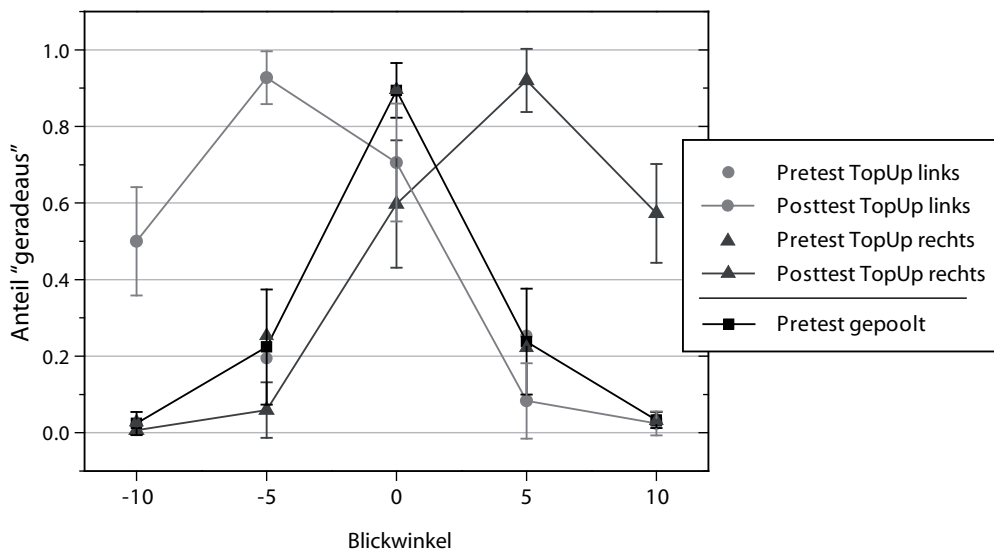


Abbildung 4.2: Darstellung des Anteils der „geradeaus“-Antworten im Screeningexperiment für die fünf verschiedenen Blickwinkel. Dabei stehen die negativen Werte für die Adaptation nach links und die Werte mit positivem Vorzeichen für einen nach rechts gerichteten Adaptationsreiz. Abgetragen sind die Kurven für den Pretest, gemittelt über beide Gruppen, und die beiden TopUp-Phasen. Die Pretestergebnisse der einzelnen Gruppen sind als Symbole ohne durchgezogene Linie dargestellt. Für die zweite Experimentalphase wurde ein Mittelwert für die jeweilige Gruppe erstellt. Der hellgraue Graph bildet die Werte für die Gruppe mit Adaptationsreiz nach links, der dunkelgraue die Werte für die Gruppe mit TopUp-Display nach rechts ab.

4 Screening-Experiment: Äquivalenz der beiden Adaptationsrichtungen

		QS	df	df _{corr}	F	p	p _{corr}
ZWISCHEN	Adaptationsrichtung	0.012	1		0.484	0.496	
	Fehler	0.394	16				
INNERHALB	Blickwinkel	3.682	4	4.000	24.920	0.000	0.000
	Blickwinkel × Adaptationsrichtung	9.853	4	4.000	66.685	0.000	0.000
	Fehler	2.364	64	64.000			

Tabelle 4.1: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung im Screeningexperiment basierend auf den Differenzwerten. Die Tabelle zeigt die Quadratsumme (QS), die Freiheitsgrade unkorrigiert (df) und korrigiert (df_{corr}), den F-Wert (F), das Signifikanzniveau (p) und das korrigierte Signifikanzniveau (p_{corr}). Der Innersubjektfaktor ist korrigiert nach Huyn-Feldt.

4.4 Diskussion

In diesem Experiment wurde einerseits die Asymmetrie der Blickwahrnehmung generell und andererseits die Äquivalenz der beiden Adaptationsrichtungen, links und rechts, unter-

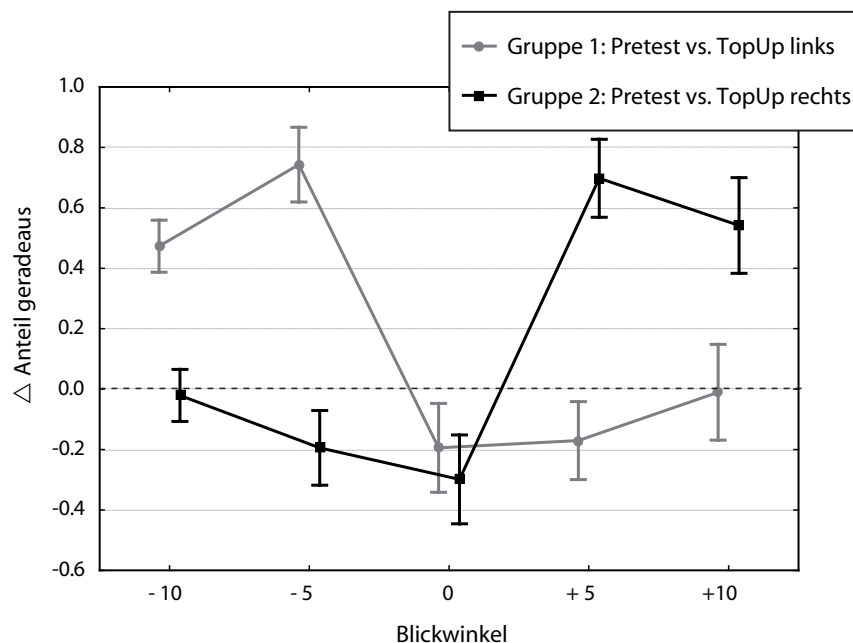


Abbildung 4.3: Darstellung der Differenzwerte im Screeningexperiment. Für jede der beiden Gruppen sind die Ergebnisse separat dargestellt. Auf der x-Achse sind die verwendeten Blickwinkel abgetragen.

sucht. Die Auswertung der Daten ergab entsprechend der Hypothese keinen Unterschied in der Blickwahrnehmung zwischen den nach links und nach rechts gerichteten Blickwinkeln. Auch bezüglich des Blickrichtungsnacheffekts findet sich kein signifikanter Effekt zwischen der Adaptation nach links und der Adaptation nach rechts.

Die deskriptive Auswertung der Pretest-Daten ergibt keinen Unterschied zwischen den beiden 5°-Blickwinkeln und den 10°-Blickwinkeln. Dieser Befund steht im Einklang mit den Ergebnissen aktueller Studien (Calder et al., 2007; Kloth & Schweinberger, 2008; Schweinberger et al., 2007; Seyama & Nagayama, 2006). Sie widersprechen damit den Resultaten von Calder et al. (2008), der seine Ergebnisse mit dem Pseudo Neglect Effekt in Zusammenhang bringt. Als Hauptursache für den Pseudo Neglect Effekt wird neben einer unilateralen Aktivierung der Kortexhemisphären eine verzerrte Aufmerksamkeitslenkung diskutiert (Nicholls et al., 2004). Bei der vorliegenden Experimentalaufgabe geht es um die Einschätzung der Augen, die immer an der gleichen Stelle des Bildschirms präsentiert werden. Aus diesem Grund ist die Rolle der Aufmerksamkeitslenkung in diesen Experimenten kein hoch relevanter Prozess und eine diesbezügliche Verzerrung nicht wahrscheinlich.

Als weiteres Experimentalergebnis zeigte sich, dass zwischen den Gruppen Adaptation nach links und Adaptation nach rechts kein signifikanter Unterschied besteht. Da sich kein Hinweis auf einen systematischen Unterschied zwischen den beiden Adaptationsrichtungen zeigt, kann von einer Äquivalenz der Bedingungen ausgegangen werden. Aufgrund dessen wird in den Auswertungen der vorliegenden Experimente keine Unterscheidung der Adaptationsrichtung vorgenommen. In den im Folgenden beschriebenen Experimenten, wie schon im Experiment 1, wird der Faktor Adaptationsrichtung eliminiert (siehe auch Abschnitt 2.5), was eine Erhöhung der Teststärke zur Folge hat. Bezüglich der von Calder et al. (2008) angenommenen Asymmetrie des Blickrichtungsnacheffekts könnte die Verwendung des Differenzmaßes kritisch diskutiert werden. Würde sich sowohl im Pretest als auch in der TopUp-Phase für eine der beiden Blickrichtungen eine Asymmetrie ergeben, könnte diese aufgrund der Differenzbildung der Werte nicht abbildbar sein. Die angenommene Symmetrie des Blickrichtungsnacheffekts wäre in diesem Fall ein Artefakt des verwendeten Maßes. Gegen diesen Einwand spricht, dass auch die vorliegende deskriptive Auswertung (Grafik 4.2) keinen Hinweis auf eine Asymmetrie ergibt.

4 Screening-Experiment: Äquivalenz der beiden Adaptationsrichtungen

5 Experiment 2: Variation der Darbietungszeit des Adaptationsreizes

5.1 Experimentelles Rational

In den Untersuchungen von Jenkins et al. (2006) wird zur Induktion des Blickrichtungsnacheffekts sowohl eine mehrminütige Adaptationsphase als auch die Einblendung von TopUp-Displays vor jedem Testbild eingesetzt. Die Befunde des ersten Experimentes haben gezeigt, dass die Darbietung des TopUp-Displays für 8 Sekunden vor jedem Testreiz ausreichend ist, um einen Blickrichtungsnacheffekt auszulösen. Dieser war genauso stark ausgeprägt wie bei dem zusätzlichen Einsatz der Adaptationsphase. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass eine Adaptationszeit von 8 Sekunden im TopUp-Paradigma ausreichend ist, um eine adaptierte neuronale Reaktion hervorzurufen. Nach Kohn (2007) reicht die zeitliche Bandbreite für adaptive Prozesse von wenigen Millisekunden bis hin zu mehreren Minuten. In neueren Experimenten nutzen Calder et al. (2007) und Calder et al. (2008) eine reduzierte Darbietungszeit des TopUp-Displays von 4 Sekunden, aber auch hier wird eine Adaptationsphase vorgeschaltet. In diesem Experiment soll getestet werden, ob der Blickrichtungsnacheffekt im TopUp-Paradigma auch bei kürzeren Darbietungszeiten des TopUp-Displays zu induzieren ist. Aufgrund der Befunde, dass Adaptation auch bei kurzen Darbietungszeiten zu beobachten ist (Priebe et al., 2002; Priebe & Lisberger, 2002) kann davon ausgegangen werden, dass der Blickrichtungsnacheffekt auch bei deutlich kürzeren Darbietungszeiten, wie 1, 2 und 4 Sekunden, zustande kommt.

5.2 Methode

5.2.1 Versuchspersonen

An diesem Experiment nahmen 48 Studenten der Psychologie teil. Davon waren 31 Probanden weiblich und 17 männlich. Alle Personen besaßen ein normales oder durch Sehhilfen

5 Experiment 2: Variation der Darbietungszeit des Adaptationsreizes

korrigiertes Sehvermögen. Die Versuchspersonen erhielten für die Teilnahme an dem Experiment wahlweise eine Vergütung in Form von Versuchspersonenstunden oder ein Entgelt von 5,00 € pro Stunde. Die Personen waren nicht über die Fragestellung des Experimentes informiert.

5.2.2 Prozedur

Im zweiten Experiment absolvierten die Probanden je einen Pretest und eine TopUp-Phase (siehe Abbildung 5.1). Der Pretest gestaltete sich für alle Probanden gleich. Es wurden, wie im Pretest üblich, alle 5 Blickwinkel, 5° und 10° links und rechts und 0° , wiederholt dargeboten. Da sich in den ersten Experimenten zeigte, dass Versuchspersonen Blickwinkel im Pretest zuverlässig einschätzen können, wurde aus ökonomischen Gründen im zweiten Versuch mit einer geringeren Anzahl von Messwiederholungen gearbeitet. Während im ersten Experiment 32 Bilder pro Winkel dargeboten wurden, erfolgte für das zweite Experiment eine Reduktion auf 16 Bilder. Dies ergab eine Gesamtanzahl von 80 Trials im Pretest. Die Darbietungsreihenfolge der einzelnen Elemente eines Trials war die Folgende: Fixationskreuz (750 ms) – ISI (300 ms) – Testbild (1500 ms) – schwarzer Bildschirm bis die Antwort per Tastendruck erfolgte.

Nach Abschluss des Pretests erfolgte die TopUp-Phase (siehe Abbildung 5.1). Diese war identisch mit dem Pretest, außer dass vor der Darbietung des Testbildes ein TopUp-Display eingeblendet wurde. Als Gruppenfaktor wurde die Darbietungszeit des TopUp-Displays variiert. Es wurden vier verschiedene Zeiten, 1000 ms, 2000 ms, 4000 ms und 8000 ms, genutzt. In jeder der vier Gruppen wurden die Daten von 12 Versuchspersonen erhoben. Pro Gruppe wurden der Hälfte der Probanden TopUp-Displays mit einem nach links abgewandten Blick und der anderen Hälfte mit einem nach rechts abgewandten Blick gezeigt. Die Darbietungsreihenfolge der einzelnen Elemente eines Trials war die Folgende: Fixationskreuz (750 ms) – ISI (300 ms) – TopUp-Display (1000 ms / 2000 ms / 4000 ms / 8000 ms) – ISI (300 ms) – Testbild (1500 ms) – schwarzer Bildschirm bis die Antwort per Tastendruck erfolgte.

5.3 Ergebnisse

Der Auswertung der Ergebnisse wurde ein Differenzmaß zugrunde gelegt (siehe Abschnitt 2.5). Die durchgeführte Varianzanalyse wurde auf der Grundlage dieses Maßes erstellt.

Der Illustration und Vergleichbarkeit halber wird wiederum auch der relative Anteil der „geradeaus“-Antworten mittels einer Grafik deskriptiv dargestellt.

5.3.1 Deskriptive Darstellung

Für den Pretest ergeben sich dieselben Ergebnisse wie in den vorangegangenen Versuchen (siehe Abbildung 5.2). Die Betrachtung der gepoolten Pretestkurve (schwarze Kurve mit gefülltem, viereckigem Symbol) zeigt, dass Versuchspersonen die Blickrichtung relativ gut einschätzen können. Für den 0° -Winkel liegt der Anteil der „geradeaus“-Antworten bei ungefähr 90%. Auch für den abgewandten Blick 10° nach links oder rechts können die Probanden eine sichere Beurteilung abgeben (Anteil von maximal 10%). Lediglich für die Winkel 5° links und rechts ergibt sich eine etwas schlechtere Diskriminierbarkeit („geradeaus“-Antworten von unter 30%). Die Betrachtung der Graphen der vier TopUp-Phasen zeigt den von Jenkins et al. (2006) berichteten Effekt. Bezüglich der Winkel 5° und 10° in die adaptierte Richtung zeigt sich in der TopUp-Phase mit einer Darbietungslänge von 8 Sekunden ein deutlich höherer Anteil von „geradeaus“-Antworten im Vergleich zum Pretest. Dies gilt auch für die TopUp-Phasen mit den kürzeren Darbietungszeiten von 1, 2

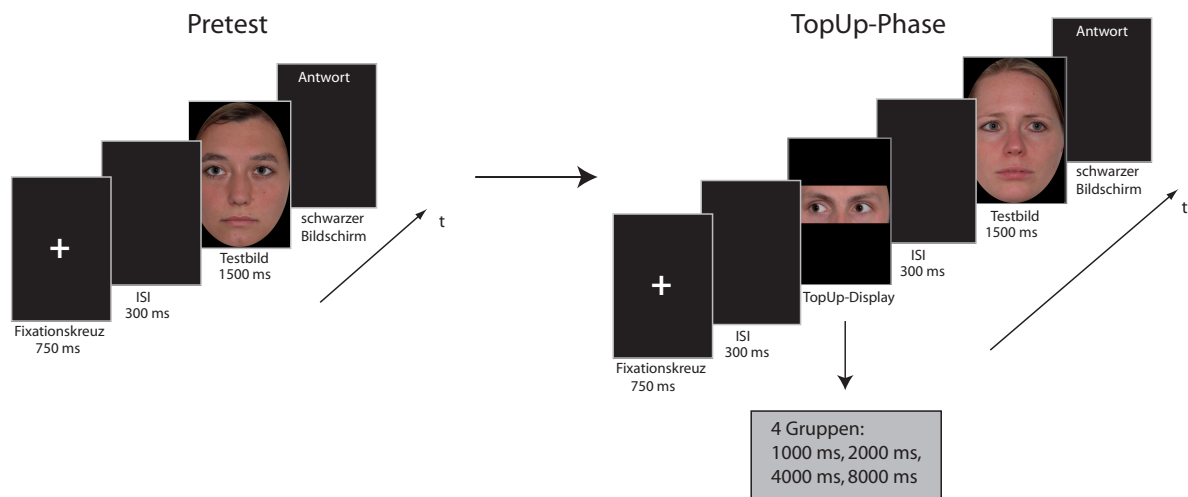


Abbildung 5.1: Darstellung der Trialabläufe im zweiten Experiment. Dieses Experiment umfasste 2 Experimentalphasen, einen Pretest und eine TopUp-Phase. Es beinhaltete vier verschiedene Gruppen, die sich hinsichtlich der Darbietungszeit des TopUp-Displays unterschieden. Jede der Gruppen wurde von 12 Probanden durchlaufen.

5 Experiment 2: Variation der Darbietungszeit des Adaptationsreizes

und 4 Sekunden. Der Blickrichtungsnacheffekt scheint tendenziell in den Gruppen mit den kürzeren TopUp-Display-Darbietungszeit von 1 und 2 Sekunden am schwächsten ausgeprägt zu sein.

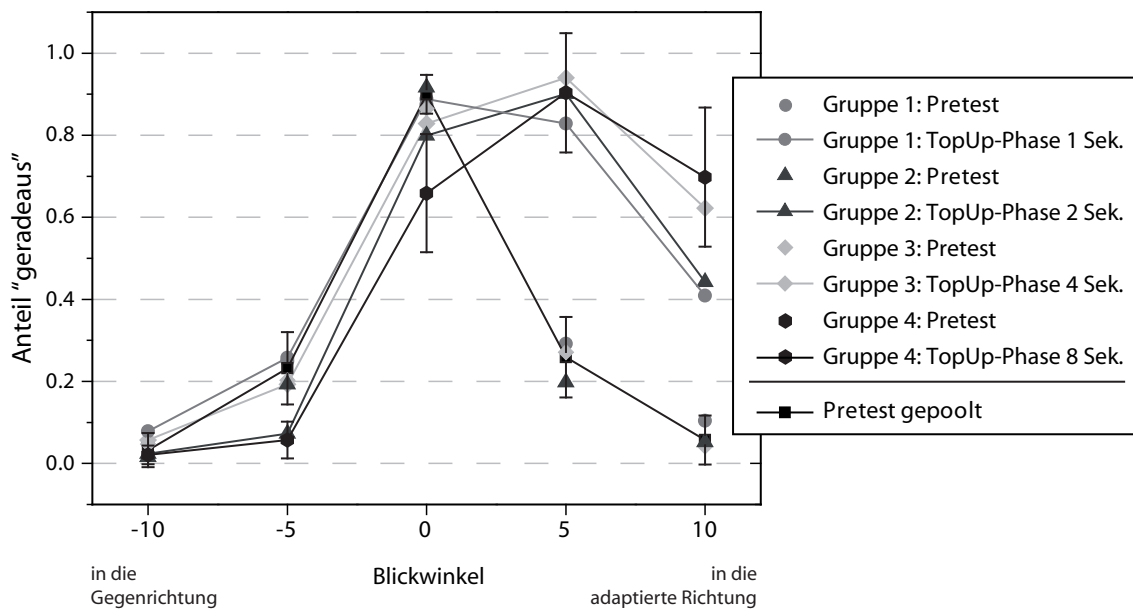


Abbildung 5.2: Deskriptive Darstellung des relativen Anteils der „geradeaus“-Antworten im zweiten Experiment. Auf der x-Achse werden die fünf verwendeten Blickwinkel unterschieden. Es werden jeweils die einzelnen Ergebnisse der Pretests und TopUp-Phasen pro Gruppe dargestellt. Zudem ist eine gepoolte Pretest-Kurve (schwarz, quadratische Symbole) abgebildet. Dieser Graph stellt die gemittelten Pretest-Werte aller Gruppen dar. Für diesen und die Kurve der TopUp-Phase in der vierten Gruppe sind zur Ansicht die Konfidenzintervalle abgetragen. Pro Gruppe sind die Ergebnisse der TopUp-Phase mittels eines Graphen dargestellt. Für die einzelnen Pretest-Ergebnisse sind der Übersichtlichkeit halber ausschließlich die Symbole abgebildet.

5.3.2 Varianzanalyse

Es wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet. Dabei gab es einen Gruppenfaktor, Darbietungszeit, mit den vier Stufen 1 Sekunde, 2 Sekunden, 4 Sekunden und 8 Sekunden. Des Weiteren umfasste die ANOVA einen Messwiederholungsfaktor, Blickwinkel, mit den fünf Stufen 0°, 5° und 10° links und rechts. Ein Überblick über die Ergebnisse ist in Tabelle 5.3.2 dargestellt.

Der Innersubjektfaktor ist Huyn-Feldt-korrigiert, um einer möglichen Verletzung der Sphäritätsannahme vorzubeugen. Da der Mauchley-Test auf Sphärität bei einer kleinen Anzahl von Versuchspersonen eine geringe Teststärke hat und deshalb Verletzungen der Annahme nicht zuverlässig anzeigt, wird von einer Durchführung dieses Tests abgesehen.

Haupteffekte

Für den Gruppenfaktor Darbietungszeit ergab sich kein signifikanter Effekt. Es zeigte sich kein genereller Unterschied zwischen den Differenzwerten der vier Gruppen.

Die Varianzanalyse lieferte einen hochsignifikanten Haupteffekt für den Faktor Blickwinkel: $F(4, 176) = 151,995$, $p < 0,000$. Die Differenzwerte der verschiedenen Stufen des Faktors Blickwinkel unterscheiden sich signifikant voneinander (siehe auch Abbildung 5.3). Es ergeben sich dieselben Ergebnisse wie im ersten Experiment. Die Differenzwerte des 5° und 10°-Winkels in die adaptierte Richtung liegen im positiven Wertebereich. Es zeigt sich für diese Blickwinkel ein signifikanter Unterschied zwischen Pretest und TopUp-Phase. Die Differenzwerte für die anderen Blickwinkel liegen abhängig von der Darbietungszeit um den Wert Null oder im negativen Wertebereich.

Interaktionen

Die Varianzanalyse lieferte zudem einen signifikanten Interaktionseffekt für die Interaktion zwischen dem Faktor Blickwinkel und dem Gruppenfaktor Darbietungszeit: $F(12, 176) = 4,320$, $p < 0,000$. Es zeigen sich signifikante Unterschiede in den Differenzwerten abhängig vom jeweiligen Blickwinkel und der Darbietungszeit (siehe Abbildung 5.3). In Bezug auf den 10°-Blickwinkel in die adaptierte Richtung zeigt sich ein Unterschied zwischen der Darbietungszeit von 1 und 8 Sekunden. Bei einer Darbietungszeit von 8 Sekunden ergibt sich ein signifikant höherer Differenzwert als bei einer Darbietungszeit von 1 Sekunde. Ansonsten ergeben sich für diesen Blickwinkel keine signifikanten Unterschiede zwischen

5 Experiment 2: Variation der Darbietungszeit des Adaptationsreizes

		QS	df	df _{corr}	F	p	p _{corr}
ZWISCHEN	Darbietungszeit	0.253	3		1.806	0.160	
	Fehler	2.051	44				
INNERHALB	Blickwinkel	23.058	4	2.694	151.995	0.000	0.000
	Blickwinkel × Darbietungszeit	1.966	12	8.082	4.320	0.000	0.000
	Fehler	6.675	176	118.538			

Tabelle 5.1: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung im zweiten Experiment basierend auf den Differenzwerten. Die Tabelle zeigt die Quadratsumme (QS), die Freiheitsgrade unkorrigiert (df) und korrigiert (df_{corr}), den F-Wert (F), das Signifikanzniveau (p) und das korrigierte Signifikanzniveau (p_{corr}). Der Inner-subjektfaktor ist korrigiert nach Huyn-Feldt.

den Gruppen. Für den 0°-Blickwinkel findet sich ebenso ein signifikanter Unterschied zwischen den Darbietungszeiten 1 und 8 Sekunden. Für die TopUp-Display Darbietungszeit

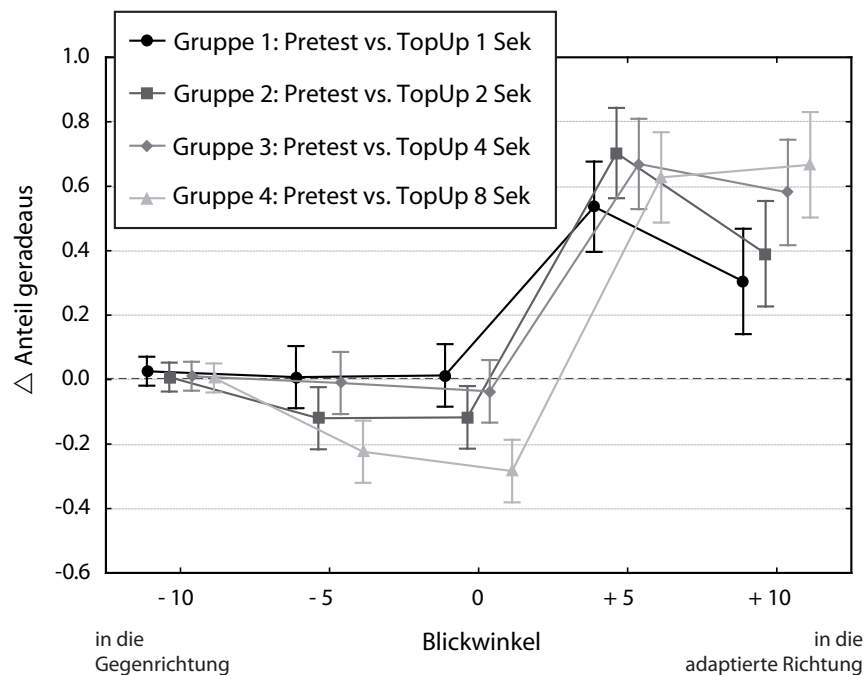


Abbildung 5.3: Darstellung der Differenzwerte im zweiten Experiment. Für jede der vier Gruppen sind die Ergebnisse separat dargestellt. Auf der x-Achse sind die verwendeten Blickwinkel abgetragen.

von 8 Sekunden ergibt sich ein signifikant niedrigerer Differenzwert. Auch im Vergleich zur Darbietungszeit von 4 Sekunden zeigt sich ein signifikanter Unterschied. Das selbe Muster ergibt sich auch für den 5°-Blickwinkel in die Gegenrichtung. Es zeigt sich ein signifikanter Unterschied in den Differenzwerten zwischen den Gruppen 1 und 8 Sekunden und 4 und 8 Sekunden. Die Differenzwerte der Gruppe 4 (Darbietungszeit von 8 Sekunden) ergeben niedrigere Differenzwerte. Für den 5°-Winkel in die adaptierte Richtung und den 10°-Winkel in die Gegenrichtung ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

5.3.3 Zeitliche Entwicklung des Blickrichtungsnacheffekts

In den bisher beschriebenen Experimenten wurde eine Analyse der Induktion des Blickrichtungsnacheffekts durchgeführt und der Einfluss weiterer zeitlicher Eigenschaften untersucht. Im Folgenden wird eine deskriptive Auswertung der zeitlichen Entstehung des Blickrichtungsnacheffekts über die ersten 40 Trials einer TopUp-Phase dargestellt. Um eine ausreichende Datenmenge zugrunde zu legen, wurden 38 Datensätze aus dem ersten und zweiten Versuch und dem Screening-Experiment zusammengefasst. Es wurden die Datensätze ausgewählt, bei denen ein Pretest und eine TopUp-Phase vorlagen und die den selben zeitlichen Parametern unterlagen. Alle TopUp-Phasen beinhalteten eine Darbietungszeit des TopUp-Displays von 8 Sekunden. Zur Beschreibung der relevanten Parameter siehe Abbildung 4.1. Der Auswertung wurde als Maß der Anteil der „geradeaus“-Antworten pro Blickwinkel zugrunde gelegt. Aufgrund der mehrfach belegten Symmetrie des Blickrichtungsnacheffekts wurden alle verwendeten Datensätze mit TopUp-Displays nach links gespiegelt. Zudem wurden die Daten jeweils für zwei aufeinanderfolgende Trials zusammengefasst, um eine ausreichende Datenmenge zu erhalten. Jeder Wert basierte auf einer Menge von 7-12 Datensätzen. Die resultierenden Mittelwerte wurden mit der zugrunde liegenden Datenmenge gewichtet. Zudem wurde auf der Grundlage dieser Daten für jeden Blickwinkel eine psychometrische Kurve geschätzt. Dazu wurde folgende mathematische Funktion verwendet:

$$y = \frac{1}{ax^b} \quad (5.1)$$

Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Abbildung 5.4 dargestellt. Es sind die zeitli-

5 Experiment 2: Variation der Darbietungszeit des Adaptationsreizes

chen Verläufe für die Winkel 0° und 5° und 10° in die adaptierte und in die Gegenrichtung separat abgebildet. Der 10° -Blickwinkel in die Gegenrichtung der Adaptation wird nicht dargestellt, da für diesen Blickwinkel keine Unterschiede zwischen Pretest und TopUp-Phase bestehen. Auf der y-Achse ist der Anteil der „geradeaus“-Antworten abgetragen. Auf der x-Achse die laufende Trialnummer. Zur besseren Beurteilung der zeitlichen Entwicklung werden zusätzlich jeweils die Ergebnisse der letzten vier Trials des Pretests (Trialnummern mit negativen Vorzeichen) dargestellt. Der Vergleichbarkeit halber ist der gemittelte Wert für den Pretest und die TopUp-Phase mittels einer Linie abgebildet.

In der Abbildung 5.4 a) sind die Ergebnisse für den 5° -Winkel in die Gegenrichtung der Adaptation dargestellt. Es zeigt sich, dass der Anteil der „geradeaus“-Antworten innerhalb der ersten 6 TopUp-Trials auf das gemittelte TopUp-Niveau abfällt. Im Folgenden bewegt sich der Anteil der „geradeaus“-Antworten um das gemittelte TopUp-Niveau. Die gefittete Kurve verläuft flach. Sie erreicht ab dem 12. Trial das TopUp-Niveau. In Grafik 5.4 b) sind die Ergebnisse für den 0° -Winkel abgebildet. Die Werte für die letzten Trials des Pretests liegen über dem gemittelten Pretest-Wert. Auch hier zeigt sich innerhalb der ersten Trials in der TopUp-Phase ein Abfall des Anteils der „geradeaus“-Antworten. Ab dem 24. Trial stabilisiert sich der Anteil auf dem gemittelten TopUp-Niveau. Die gefittete Kurve nähert sich im Verlauf der ersten 40 Trials dem TopUp-Niveau an. Die dritte Grafik stellt die Ergebnisse für den 5° -Winkel in die adaptierte Richtung dar. Es zeigt sich, dass für diesen Winkel der Anteil der „geradeaus“-Antworten innerhalb der ersten 2 Trials auf das TopUp-Niveau ansteigt. Die Fitting-Kurve nähert sich ab den ersten Trials dem TopUp-Niveau an. In Abbildung 5.4 d) sind die Ergebnisse für den 10° -Blickwinkel in die adaptierte Richtung dargestellt. Innerhalb der ersten 4 Trials der TopUp-Phase kommt es zu einer Erhöhung des Anteils der „geradeaus“-Antworten. Ab dem 16. Trial stabilisiert sich der Anteil der „geradeaus“-Antworten auf dem gemittelten TopUp-Niveau. Die gefittete mathematische Kurve steigt langsam an und erreicht ab dem 26. Trial das TopUp-Niveau. Insgesamt zeigt sich, dass sich für die beiden 5° -Winkel der Blickrichtungsnacheffekt schnell aufbaut. Bei dem 0° -Winkel und dem 10° -Blickwinkel in die adaptierte Richtung zeigen sich zu Beginn der TopUp-Phase stärkere Schwankungen des Anteils der „geradeaus“-Antworten.

5.3 Ergebnisse

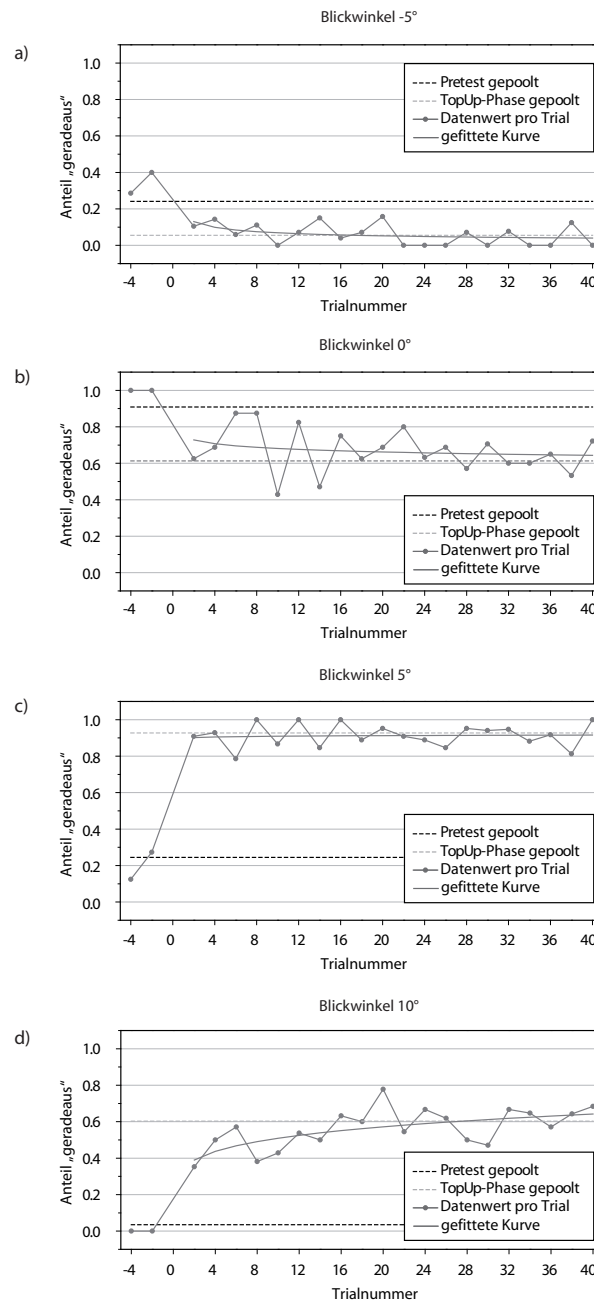


Abbildung 5.4: Dargestellt ist die zeitliche Entwicklung des Blickrichtungsnacheffekts für die Winkel 0° , 5° und 10° in die adaptierte und 5° in die Gegenrichtung. Auf der y-Achse ist der Anteil der „geradeaus“-Antworten, auf der x-Achse die Trialnummer abgetragen. Die Trialnummern mit negativem Vorzeichen beziehen sich auf die vier letzten Trials des Pretests. Die Trials mit positivem Vorzeichen beziehen sich auf die ersten 40 Trials der TopUp-Phase. In jeder der Grafiken ist mittels einer schwarzen Linie der gemittelte Pretest-Wert als Referenz eingezeichnet. Dasselbe gilt für den gemittelten TopUp-Wert. Dieser ist als hellgraue Linie abgebildet. Zur Veranschaulichung des Verlaufs ist jeweils eine Fitting-Kurve eingezeichnet.

5.4 Diskussion

In dem vorliegenden Experiment wurde die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts unter Verwendung verschiedener Darbietungszeiten des TopUp-Displays untersucht. Es zeigte sich, dass der Nacheffekt auch bei deutlich kürzeren Darbietungszeiten zustande kommt. Die Stärke der Ausprägung ist dabei abhängig von der Darbietungszeit. Je länger das TopUp-Display dargeboten wird, desto stärker ist der Blickrichtungsnacheffekt. Des Weiteren wurden die zeitlichen Parameter der Entstehung des Nacheffekts betrachtet. Die Auswertung ergab, dass der Blickrichtungsnacheffekt bei einer Darbietungszeit des TopUp-Displays von 8 Sekunden je nach untersuchtem Blickwinkel innerhalb der ersten 4 - 12 Trials zustande kommt.

Entsprechend der Befunde von Calder et al. (2007, 2008) lässt sich auch durch kürzere Darbietungszeiten des TopUp-Displays von 4 Sekunden der Blickrichtungsnacheffekt induzieren. Die Autoren verwenden dabei allerdings eine vorgeschaltete Adaptationsphase. In den vorangegangenen Experimenten konnte gezeigt werden, dass eine Adaptationsphase für die Induktion des Nacheffekts nicht benötigt wird. In dem diesem Experiment konnte zusätzlich belegt werden, dass auch kürzere Darbietungszeiten des TopUp-Displays von 1, 2, oder 4 Sekunden ausreichend sind, um ohne den Einsatz einer Adaptationsphase den Nacheffekt abzubilden. Dieser ist jedoch bei kürzeren Darbietungszeiten abhängig vom analysierten Blickwinkel schwächer ausgeprägt. Dabei ergeben sich für zwei der verwendeten Blickwinkel, den 10°-Blickwinkel in die Gegenrichtung und den 5°-Winkel in die adaptierte Richtung, keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Für die anderen drei Blickwinkel, den 5°-Winkel in die Gegenrichtung, den 0°-Winkel und den 10°-Winkel in die adaptierte Richtung, findet sich in Abhängigkeit von der Darbietungszeit ein Unterschied in der Ausprägung des Blickrichtungsnacheffekts. Die Induktion des Effektes ist bei diesen Blickwinkeln bei einer Darbietungszeit von 8 Sekunden stärker ausgeprägt als bei einer Präsentationslänge von 1 Sekunde. Auch für die Darbietungszeit von 4 Sekunden findet sich für den 5°-Blickwinkel in die Gegenrichtung und den 0°-Winkel eine geringere Ausprägung des Effektes als bei einer Darbietungszeit von 8 Sekunden. Es wird also eine hinreichend lange Darbietung des TopUp-Displays benötigt, um den Blickrichtungsnacheffekt in seiner vollen Ausprägung zu induzieren. Eine kürzere Präsentation führt zu einer lokal eingeschränkten Wirkung auf die beiden Winkel in die adaptierte Richtung.

Ausgehend von den beschriebenen Befunden stellen sich zwei Fragen. Zum einen könnte in weiteren Experimenten untersucht werden, ob der Effekt auch bei noch kürzeren Dar-

bietungszeiten des TopUp-Displays beobachtbar ist. Die hier verwendeten Darbietungszeiten des TopUp-Displays von 1 bis 8 Sekunden liegen im Bereich der Langzeit-Adaptation. Kovacs et al. (2007) sprechen ab einer Darbietungszeit von 500 ms von Kurzzeit-Adaptation. Je kürzere Darbietungszeiten ausreichend sind, um den Effekt abzubilden, desto eher kann der Nacheffekt auch im alltäglichen Leben eine Rolle spielen. Des Weiteren könnte untersucht werden, ob eine einmalige Darbietung des TopUp-Displays in einem Trial bereits ausreicht, um eine Veränderung des Antwortverhaltens auf den Testreiz zu beobachten.

Des Weiteren wurde der zeitliche Aufbau des Blickrichtungsnacheffekts anhand der Daten der ersten Experimente untersucht. Die Auswertung ergab, dass der Nacheffekt innerhalb der ersten Trials seine volle Ausprägung erreicht. Für die beiden 5°-Blickwinkel erreichen die Werte innerhalb von 4-8 Trials das gemittelte TopUp-Niveau. Für die beiden anderen Blickwinkel, 0° und 10°-Winkel in die adaptierte Richtung, zeigen sich stärkere Schwankungen des Anteils der „geradeaus“-Antworten. Aber auch für diese Blickwinkel wird das TopUp-Niveau innerhalb der ersten Trials erreicht. Insgesamt zeigt sich, dass nach 12 Trials der Effekt in seiner vollen Ausprägung für alle Blickwinkel beobachtbar ist. Das entspricht einer Darbietungszeit der adaptierenden TopUp-Displays von 1,5 Minuten. Abhängig vom Blickwinkel sind Veränderungen im Anteil der „geradeaus“-Antwort schon innerhalb der ersten 2 Trials in der TopUp-Phase zu beobachten. Der Blickrichtungsnacheffekt ist dementsprechend ein sich schnell aufbauender Effekt.

Im Weiteren könnte untersucht werden, in wie weit die Darbietung eines einzelnen TopUp-Displays Auswirkungen auf das anschließend dargebotene Testbild hat. Nach Kohn (2007) kann eine prolongierte Adaptation von 1-2 Minuten zu einem anhaltenden Nacheffekt führen. Eine erste Untersuchung zur Persistenz des Blickrichtungsnacheffekts wird in Kapitel 7 beschrieben.

5 *Experiment 2: Variation der Darbietungszeit des Adaptationsreizes*

6 Experiment 3: Wechsel der Adaptationsrichtung von Trial zu Trial

6.1 Experimentelles Rational

In den vorangegangenen Experimenten konnte gezeigt werden, dass die Darbietung von TopUp-Displays mit abgewandtem Blick vor den Testbildern ausreicht, um den Blickrichtungsnacheffekt zu induzieren. Dabei wurde eine Darbietungszeit von 8 Sekunden und kürzer pro TopUp-Display verwendet. Nach Jenkins et al. (2006) liegt dem Blickrichtungsnacheffekt eine Langzeitadaptation zugrunde. Trotz des Befundes, dass für eine Induktion des Effektes eine Adaptationsphase nicht notwendig ist, kann man die Annahme der Langzeitadaptation nicht verwerfen. In unseren Experimenten wurde das TopUp-Display über 160 Trials pro Experimentalphase dargeboten. Diese wiederholte Präsentation über einen längeren Zeitraum könnte dieselbe Adaptation induzieren, als wenn man eine explizite Adaptationsphase nutzt. Bei einer Betrachtung des zeitlichen Verlaufs der Experimente ist diese Hypothese nicht unwahrscheinlich. Bei einer Darbietungszeit der TopUp-Displays von 8 Sekunden über 160 Trials hinweg resultiert eine Adaptation an abgewandte Blicke über einen Zeitraum von 20 Minuten. Diese werden nur jeweils 2 Sekunden durch die Präsentation des Teststimulus und das Interstimulus-Intervalls unterbrochen. Auch bei einer reduzierten Darbietungszeit des TopUp-Displays von 4 Sekunden werden die Probanden länger an einen abgewandten Blick adaptiert als bei der 8-minütigen Adaptationsphase.

In ihrer Studie arbeiteten Calder et al. (2008) zur Untersuchung der Kanäle der Blickverarbeitung mit wechselnden TopUp-Displays. Sowohl in der Adaptationsphase als auch in den Trials der TopUp-Phase boten sie Probanden abwechselnd TopUp-Displays mit 25° nach links und rechts gerichteten Blicken dar. Es wurden pro Trial vor den Testbildern alternierend drei TopUp-Displays mit nach links abgewandtem Blick und drei mit nach rechts gerichtetem Blick dargeboten. Dabei endete die Hälfte der Trials mit einem um 25° nach links gerichteten TopUp-Display und die andere Hälfte mit einem 25° nach rechts schau-

6 Experiment 3: Wechsel der Adaptationsrichtung von Trial zu Trial

enden. Bei der Auswertung dieses Experiment zeigte sich ein Einfluss des zuletzt dargebotenen TopUp-Displays auf die Bewertung des Testbildes. Für den 5° Testblickwinkel in die adaptierte Richtung ergaben sich mehr „geradeaus“-Antworten, als für den 5° -Winkel in die Gegenrichtung. Dieser Befund wurde für die rechte Seite signifikant. Für die Linke ergab sich ein nicht signifikanter Trend. Die Ergebnisse von Calder et al. geben einen Hinweis darauf, dass auch die einzelne Darbietung eines TopUp-Displays einen Einfluss auf die Bewertung des nachfolgenden Testbildes hat.

Im dritten Experiment soll die Hypothese der impliziten Adaptation getestet werden. Den Probanden wurde in der TopUp-Phase nicht wie bisher der um 25° abgewandte Blick nach links oder rechts dargeboten. Es wurden TopUp-Displays für 8 Sekunden gezeigt, in denen die Richtung des abgewandten Blicks von Trial zu Trial wechselte. Wenn die wiederholte Exposition von TopUp-Displays in eine bestimmte Richtung für die neuronale Adaptation verantwortlich ist, sollte sich eine schwächere Ausprägung des Blickrichtungsnacheffekts ergeben. Wenn andererseits die Entstehung und Löschung des Blickrichtungsnacheffekts auf einer kürzeren Zeitskala verläuft, sollte sich dasselbe Ergebnismuster wie in Experiment 1 und 2 zeigen.

6.2 Methode

6.2.1 Versuchspersonen

An diesem Experiment nahmen 14 Studenten der Psychologie teil. Davon waren 6 Probanden weiblich und 8 männlich. Alle Personen besaßen ein normales oder durch Sehhilfen korrigiertes Sehvermögen. Die Versuchspersonen erhielten für die Teilnahme an dem Experiment wahlweise eine Vergütung in Form von Versuchspersonenstunden oder ein Entgelt von 5,00 € pro Stunde. Die Personen waren nicht über die Fragestellung des Experimentes informiert.

6.2.2 Prozedur

Im dritten Experiment absolvierten alle Probanden je einen Pretest und zwei verschiedene TopUp-Phasen (siehe Abbildung 6.1). Dabei wurde immer zuerst der Pretest dargeboten. Die Reihenfolge der beiden TopUp-Phasen wurde randomisiert. Im Pretest wurden die 5 Blickwinkel, 5° und 10° links und rechts und 0° , wiederholt präsentiert. Es wurde mit einer Anzahl von 24 Messwiederholungen gearbeitet, d.h. es gab sich eine Gesamtanzahl von

120 Trials im Pretest. Aus testökonomischen Gründen wurden in diesem Experiment die Darbietungszeiten im Vergleich zu den vorangegangenen Experimenten leicht verändert. Das Fixationskreuz wurde nur noch für 500 ms dargeboten. Das Testbild wurde für 1000 ms abgebildet. Die Darbietungsreihenfolge der einzelnen Elemente eines Trials war die Folgende: Fixationskreuz (500 ms) – ISI (300 ms) – Testbild (1000 ms) – schwarzer Bildschirm bis die Antwort per Tastendruck erfolgte.

Nach Abschluss des Pretests erfolgten hintereinander die beiden TopUp-Phasen (siehe Abbildung 6.1). Diese unterschieden sich bezüglich der Darbietungszeit des TopUp-Displays. Es wurden zwei verschiedene Zeiten, 4000 ms und 8000 ms, genutzt. Im Unterschied zu den anderen Experimenten wurde hier der 25° abgewandte Blick beim TopUp-Display nicht über die Experimentalphase in eine Richtung konstant gezeigt. In diesem Experiment wechselte die Blickrichtung des Gesichtes auf dem TopUp-Display von Trial zu Trial (siehe Abbildung 6.1). In 120 Trials war das TopUp-Display nach links orientiert und in 120 Durchgängen nach rechts. Es ergab sich für beide TopUp-Phasen jeweils eine Gesamtriallänge von 240 Trials. Die Darbietungsreihenfolge der einzelnen Elemente eines Trials war die Folgende: Fixationskreuz (500 ms) – ISI (300 ms) – TopUp-Display (4000 ms bzw. 8000 ms) – ISI (300 ms) – Testbild (1000 ms) – schwarzer Bildschirm bis die Antwort per Tastendruck erfolgte.

6.3 Ergebnisse

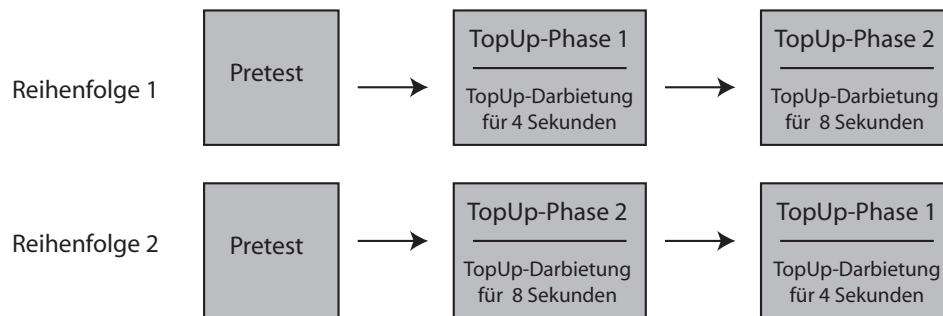
Der Auswertung der Ergebnisse wurde wiederum das Differenzmaß zugrunde gelegt (siehe Abschnitt 2.5). Die durchgeführte Varianzanalyse wurde auf der Grundlage dieses Maßes berechnet. Der Illustration und Vergleichbarkeit halber wird im Abschnitt „Deskriptive Darstellung“ auch der prozentuale Anteil der „geradeaus“-Antworten mittels einer Grafik deskriptiv dargestellt.

6.3.1 Vorangestellte Analyse

Die in diesem Experiment vorgeschaltete Auswertung dient der Untersuchung zweier Aspekte. In dem vorliegenden Design folgen auf den Pretest zwei verschiedene TopUp-Phasen, deren Reihenfolge randomisiert wurde (siehe Abbildung 6.1 a). Einerseits soll überprüft werden, ob es zwischen den beiden Reihenfolgen zu unterschiedlichen Effekten kommt. Des Weiteren wird in diesem Experiment die implizite Adaptation auf beide Blickrichtun-

6 Experiment 3: Wechsel der Adaptationsrichtung von Trial zu Trial

a) Design



b) Trialablauf in den TopUp-Phasen

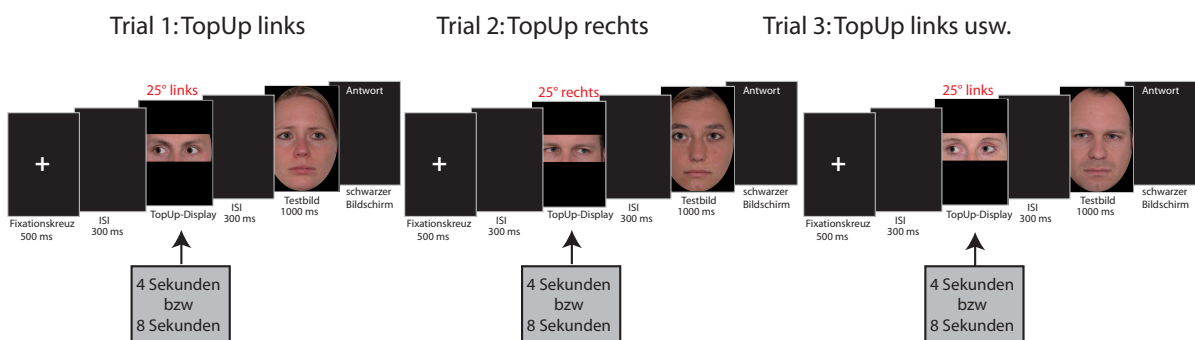


Abbildung 6.1: Darstellung des Designs und des Trialablaufs im dritten Experiment. Es ist a) das Design des Versuchs abgebildet. Die Versuchspersonen absolvierten jeweils drei Experimentalphasen. Als erstes wurde der Pretest durchlaufen und nachfolgend zwei TopUp-Phasen. Die TopUp-Phasen unterschieden sich bezüglich der Länge der Darbietungszeit. In der TopUp-Phase 1 wurde das TopUp-Display für 4 Sekunden gezeigt. In der TopUp-Phase 2 für 8 Sekunden. Es wurde die Reihenfolge der TopUp-Phasen ausbalanciert. Die Hälfte der Probanden absolvierte Reihenfolge 1, die andere Hälfte die 2. Reihenfolge. Die Zuordnung zu der entsprechenden Reihenfolge erfolgte randomisiert. Abbildung b) stellt drei aufeinander folgende Trials in den TopUp-Phasen dar. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Experimenten änderte sich die Blickrichtung des TopUp-Displays von Trial zu Trial, d.h. von 25° links nach 25° rechts usw.

gen untersucht. Das bedeutet, dass innerhalb einer TopUp-Phase von Trial zu Trial abwechselnd links und rechts gerichtete Blickwinkel im TopUp-Display dargeboten werden (siehe Abbildung 6.1 b). Um auch in diesem Experiment eine Aussage über die Äquivalenz der Adaptationsrichtungen machen zu können, werden zudem die Adaptationsrichtungen links und rechts im ersten Schritt getrennt voneinander ausgewertet.

Es wurde auf der Basis der Differenzwerte eine Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet. Dabei gab es einen Gruppenfaktor, Reihenfolge, mit zwei Stufen. Die ANOVA umfasste drei Messwiederholungsfaktoren. Den Faktor Darbietungszeit mit den Stufen 4 Sekunden und 8 Sekunden und den Faktor Adaptationsrichtung mit den zwei Stufen links und rechts. Zudem beinhaltete die Varianzanalyse den Faktor Blickwinkel mit den fünf Stufen 0° , 5° und 10° links und rechts. Unabhängig von dem Gruppenfaktor resultierte also ein Design mit 2 (Darbietungszeit) \times 2 (Adaptationsrichtung) \times 5 (Blickwinkel) = 20 Zellen. Ein Überblick über die Ergebnisse ist in Tabelle 6.3.1 dargestellt.

Die Innersubjektfaktoren sind Huyn-Feldt-korregiert, um einer möglichen Verletzung der Sphärizitätsannahme vorzubeugen. Da der Mauchley-Test auf Sphärizität bei einer kleinen Anzahl von Versuchspersonen eine geringe Teststärke hat und deshalb Verletzungen der Annahme nicht zuverlässig anzeigt, wird von einer Durchführung dieses Tests abgesehen.

Die vorgeschaltete Varianzanalyse ergab keinen signifikanten Gruppen- und keine signifikanten Interaktionseffekte. Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Blickwinkel: $F(3,987, 47,844) = 17,040$, $p < 0,000$. Für den Faktor Blickwinkel ergeben sich also Unterschiede in den Differenzwerten unabhängig von der Darbietungszeit, der Adaptationsrichtung und der Reihenfolge. Eine genauere Betrachtung dieses Ergebnisses findet sich in Abschnitt 6.3.3. Die ANOVA lieferte keine weiteren signifikanten Befunde.

Die Auswertung der vorgeschalteten Varianzanalyse zeigt, dass sich keine signifikanten Unterschiede für den Gruppenfaktor Reihenfolge und den Messwiederholungsfaktor Adaptationsrichtung ergeben. Das bedeutet zum einen, dass die unterschiedliche Reihenfolge der TopUp-Phasen keine Auswirkung auf die Befunde ergibt. Des Weiteren findet sich, wie schon im Screeningexperiment dargestellt, auch in diesem Versuch kein Unterschied zwischen den Adaptationsrichtungen links und rechts. Zugunsten einer höheren Teststärke werden deshalb im Folgenden die beiden Faktoren Reihenfolge und Adaptationsrichtung eliminiert.

6 Experiment 3: Wechsel der Adaptationsrichtung von Trial zu Trial

		QS	df	df _{corr}	F	p	p _{corr}
ZWISCHEN	Reihenfolge (RF)	0.351	1		2.431	0.145	
	Fehler	1.734	12				
INNERHALB	Darbietungszeit (DZ)	0.000	1	1.000	0.012	0.915	0.915
	Timing × RF	0.004	1	1.000	0.107	0.749	0.749
	Fehler	0.400	12	12.000			
	Adaptationsrichtung (AR)	0.014	1	1.000	2.005	0.182	0.182
	Adaptationsrichtung × RF	0.002	1	1.000	0.348	0.566	0.566
	Fehler	0.085	12	12.000			
	Blickwinkel (BW)	3.856	4	3.987	17.040	0.000	0.000
	Blickwinkel × RF	0.174	4	3.987	0.768	0.551	0.551
	Fehler	2.716	48	47.844			
	DZ × AR	0.000	1	1.000	0.009	0.926	0.926
	DZ × AR × RF	0.003	1	1.000	1.083	0.319	0.319
	Fehler	0.033	12	12.000			
	DZ × BW	0.068	4	3.022	2.380	0.065	0.085
	DZ × BW × RF	0.020	4	3.022	0.711	0.589	0.553
	Fehler	0.343	48	36.268			
	AR × BW	0.067	4	1.572	0.397	0.809	0.629
	AR × BW × RF	0.004	4	1.572	0.025	0.999	0.951
	Fehler	2.038	48	18.865			
	DZ × AR × BW	0.025	4	3.825	1.147	0.346	0.346
	DZ × AR × BW × RF	0.010	4	3.825	0.473	0.755	0.747
	Fehler	0.259	48	45.90325			

Tabelle 6.1: Ergebnisse der vorgeschalteten Varianzanalyse im dritten Experiment basierend auf den Differenzwerten. Die Tabelle zeigt die Quadratsumme (QS), die Freiheitsgrade unkorrigiert (df) und korrigiert (df_{corr}), den F-Wert (F), das Signifikanzniveau (p) und das korrigierte Signifikanzniveau (p_{corr}).

6.3.2 Deskriptive Darstellung

In Abbildung 6.2 ist der prozentuale Anteil der „geradeaus“-Antworten im dritten Experiment für den Pretest und die beiden TopUp-Phasen dargestellt. Im Pretest ergibt sich er-

neut dasselbe Ergebnis wie in den vorangegangenen Versuchen. Die Probanden können die Blickrichtung gut einschätzen. Für den 0° -Winkel liegt der mittlere Anteil der „geradeaus“-Antworten bei ungefähr 92% (schwarze Kurve). Für die abgewandten Blicke von 10° nach links oder rechts können die Probanden wiederum eine relativ gute Einschätzung treffen (Anteil von maximal 10%). Für die beiden 5° -Winkel zeigt sich eine schlechtere Diskriminierbarkeit („geradeaus“-Antworten von unter 35%). Neben der Kurve für die Ergebnisse des Pretests sind die Graphen für die beiden TopUp-Phasen mit den Darbietungszeiten der TopUp-Displays von 4 beziehungsweise 8 Sekunden dargestellt (dunkel- und hellgrauer Graph). Für die beiden TopUp-Phasen ergibt sich eine gleiche Befundlage. Bezüglich des Winkels 5° in die adaptierte Richtung zeigt sich ein deutlich höherer Anteil von „geradeaus“-Antworten im Vergleich zum Pretest von ungefähr 70%. Für den 10° -Winkel in die adaptierte Richtung ergibt sich ein etwas höherer Anteil von „geradeaus“-Antworten als im Pretest. Hier zeigt sich aber ein deutlicher Unterschied im Vergleich zu den vorangegangenen Experimenten. Bezüglich aller weiteren Blickwinkel scheint sich tendenziell kein Unterschied zum Pretest zu ergeben.

6.3.3 Varianzanalyse

Es wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet (siehe Tabelle 6.3.3). Dabei gab es zwei Messwiederholungsfaktoren: Darbietungszeit mit den zwei Ausprägungen TopUp-Phase 1 (4 Sekunden Darbietungszeit) und TopUp-Phase 2 (8 Sekunden Darbietungszeit) und den Faktor Blickwinkel mit den fünf Stufen 0° und 5° und 10° links und rechts. Es resultierte also ein Design mit 2 (Darbietungszeit) \times 5 (Blickwinkel) = 10 Zellen.

Die Innersubjektfaktoren sind Huyn-Feldt-korrigiert, um einer möglichen Verletzung der Sphärizitätsannahme vorzubeugen. Da der Mauchley-Test auf Sphärizität bei einer kleinen Anzahl von Versuchspersonen eine geringe Teststärke hat und deshalb Verletzungen der Annahme nicht zuverlässig anzeigt, wird von einer Durchführung dieses Tests abgesehen.

Die Varianzanalyse liefert einen hochsignifikanten Haupteffekt für den Faktor Blickwinkel: $F(3,629, 47,182) = 17,349, p < 0,000$ (siehe Grafik 6.3). Für die Winkel in die adaptierte Richtung ergeben sich positive Differenzwerte, die sich von Null unterscheiden. Das bedeutet, dass der Anteil der „geradeaus“-Antworten in der jeweiligen TopUp-Phase höher ist als im Pretest. Die Differenzwerte für den 0° -Winkel weichen nicht von Null ab.

6 Experiment 3: Wechsel der Adaptationsrichtung von Trial zu Trial

Es zeigt sich für diesen Blickwinkel dementsprechend kein Unterschied zwischen Pretest und den TopUp-Phasen. Für die beiden Blickwinkel der Gegenseite der Adaptation zeigen sich positive Differenzwerte. Auch bei diesen ist der Anteil der „geradeaus“-Antworten in den TopUp-Phasen höher als im Pretest. Für einen genaueren Vergleich der Blickwinkel in die adaptierte und in die Gegenrichtung wurden univariate Signifikanztests durchgeführt (siehe 6.3.3). Dabei wurden Signifikanztests für die verschiedenen Darbietungszeiten berechnet. Für beide Darbietungszeiten ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem 5°-Blickwinkel der adaptierten Seite im Vergleich zur Gegenseite. Der Vergleich der 10°-Blickwinkel ergibt keinen signifikanten Unterschied.

In der berechneten ANOVA zeigten sich keine weiteren signifikanten Haupt- oder Inter-

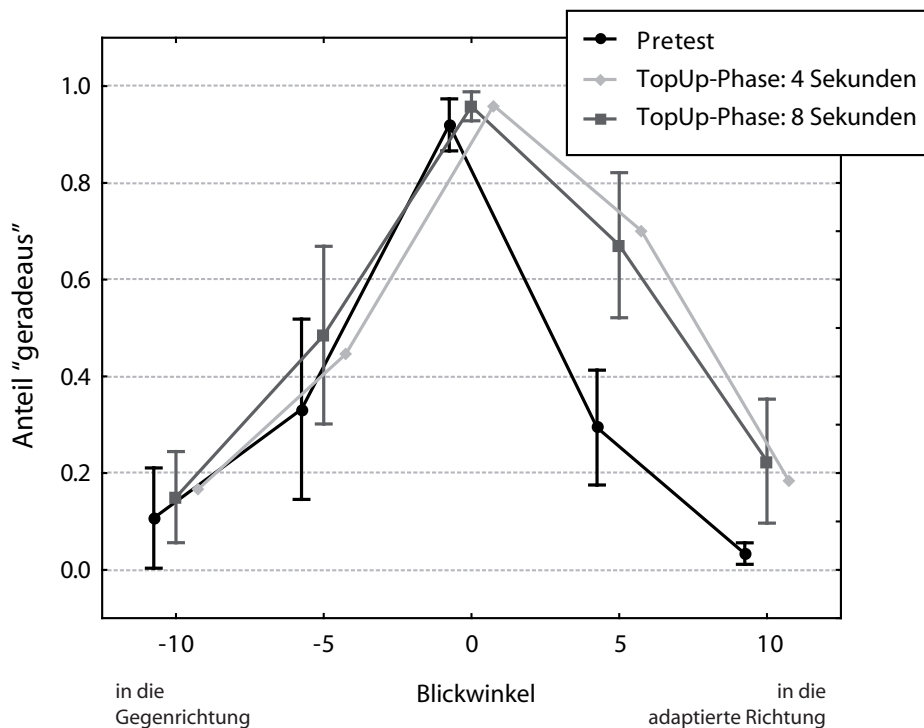


Abbildung 6.2: Darstellung des relativen Anteils der „geradeaus“-Antworten im dritten Experiment für die fünf verschiedenen Blickwinkel. Abgetragen sind die Kurven für den Pretest und die verschiedenen TopUp-Phasen. Für die Graphen des Pretests (schwarze Kurve) und der TopUp-Phase 2 (dunkelgraue Kurve) sind zur Ansicht die Konfidenzintervalle abgetragen.

	QS	df	df _{corr}	F	p	p _{corr}
Darbietungszeit	0.000	1	1.000	0.013	0.912	0.912
Fehler	0.202	13	13.000			
Blickwinkel	1.928	4	3.629	17.349	0.000	0.000
Fehler	1.445	52	47.182			
Darbietungszeit × Blickwinkel	0.034	4	2.775	2.434	0.059	0.085
Fehler	0.182	52	36.076			

Tabelle 6.2: Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung im dritten Experiment basierend auf den Differenzwerten. Die Tabelle zeigt die Quadratsumme (QS), die Freiheitsgrade unkorrigiert (df) und korrigiert (df_{corr}), den F-Wert (F), das Signifikanzniveau (p) und das korrigierte Signifikanzniveau (p_{corr}). Die Werte sind korrigiert nach Huyn-Feldt.

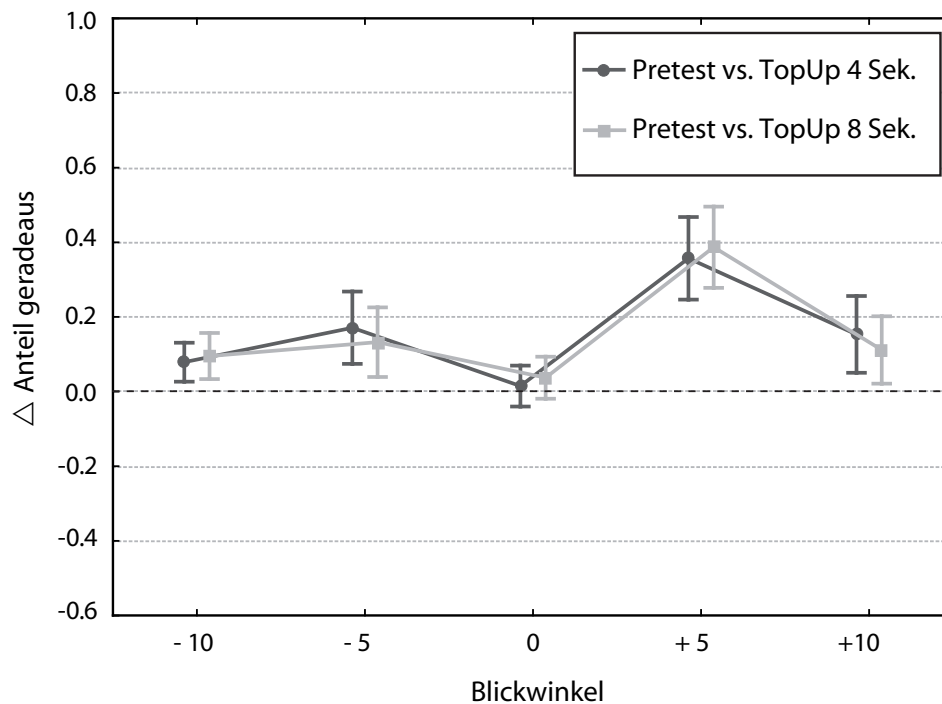


Abbildung 6.3: Darstellung der Differenzwerte im dritten Experiment. Für jede Bedingung ist eine Grafik abgetragen. Auf der x-Achse sind die verwendeten Blickwinkel dargestellt.

6 Experiment 3: Wechsel der Adaptationsrichtung von Trial zu Trial

Darbietungszeit TopUp-Display 8 Sekunden	
5°-Blickwinkel (adaptierte Seite vs. Gegenseite)	0.000
10°-Blickwinkel (adaptierte Seite vs. Gegenseite)	0.296

Darbietungszeit TopUp-Display 4 Sekunden	
5°-Blickwinkel (adaptierte Seite vs. Gegenseite)	0.000
10°-Blickwinkel (adaptierte Seite vs. Gegenseite)	1.000

Tabelle 6.3: Ergebnisse des Scheffe-Tests im dritten Experiment basierend auf den Differenzwerten. Die Tabelle zeigt separat für die einzelnen Bedingungen des Faktors Darbietungszeit die Ergebnisse für die einzelnen Signifikanztests. Verglichen werden der 5°-Blickwinkel der adaptierten Seite mit dem 5°-Blickwinkel der Gegenseite und der 10°-Blickwinkel der adaptierten Seite mit dem 10°-Blickwinkel der Gegenseite. Dabei ist jeweils das Signifikanzniveau angegeben.

aktionseffekte. Es gibt keinen signifikanten Unterschied in den Ergebnissen zwischen den verwendeten Darbietungszeiten 4 und 8 Sekunden.

6.3.4 Deskriptiver Vergleich der Induktionsarten des Blickrichtungsnacheffekts

Im dritten Experiment wird mit dem Wechsel der Blickrichtung des TopUp-Displays von Trial zu Trial eine andere Art der Induktion des Blickrichtungsnacheffekts verwendet. In den im Vorfeld beschriebenen Versuchen wurde das TopUp-Display konstant in eine Richtung dargeboten. Um die Stärke des Blickrichtungsnacheffekts bei beiden Induktionsarten zu vergleichen, wurden die Daten des zweiten und dritten Experimentes einer deskriptiven Analyse unterzogen. Dabei wurden die Bedingungen Darbietung des TopUp-Displays von 4 und 8 Sekunden einbezogen.

In Abbildung 6.4 ist der Anteil der „geradeaus“-Antworten pro Experiment und Bedingung dargestellt. Für die Blickwinkel in die Gegenrichtung der Adaptation und den 0°-Winkel ergibt sich durch den Wechsel der Richtung des TopUp-Displays von Trial zu Trial ein erhöhter Anteil von „geradeaus“-Antworten als durch die konstante Induktion. Für die Blickwinkel in die adaptierte Richtung ergibt sich ein umgekehrtes Muster. Der Anteil der

„geradeaus“-Antworten ist bei der konstanten Darbietung (Experiment 2) deutlich höher. Dieser Befund ergibt sich für beide Darbietungszeiten.

Die Differenzwerte der Ergebnisse des zweiten und dritten Experiments sind vergleichend in Abbildung 6.5 dargestellt. Zur Interpretation sind die Konfidenzintervalle eingezeichnet. Für den 10°-Winkel in die Gegenrichtung der Adaptation ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchen. Für den 5°-Winkel in die Gegenrichtung zeigen sich im dritten Experiment positive Differenzwerte. Für das zweite Experiment negative. Dabei unterscheidet sich der Wert der Bedingung Darbietungszeit des TopUp-Displays 8 Sekunden signifikant von den anderen Werten. Auch für den 0°-Blickwinkel ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem Wert der Bedingung Darbietungszeit

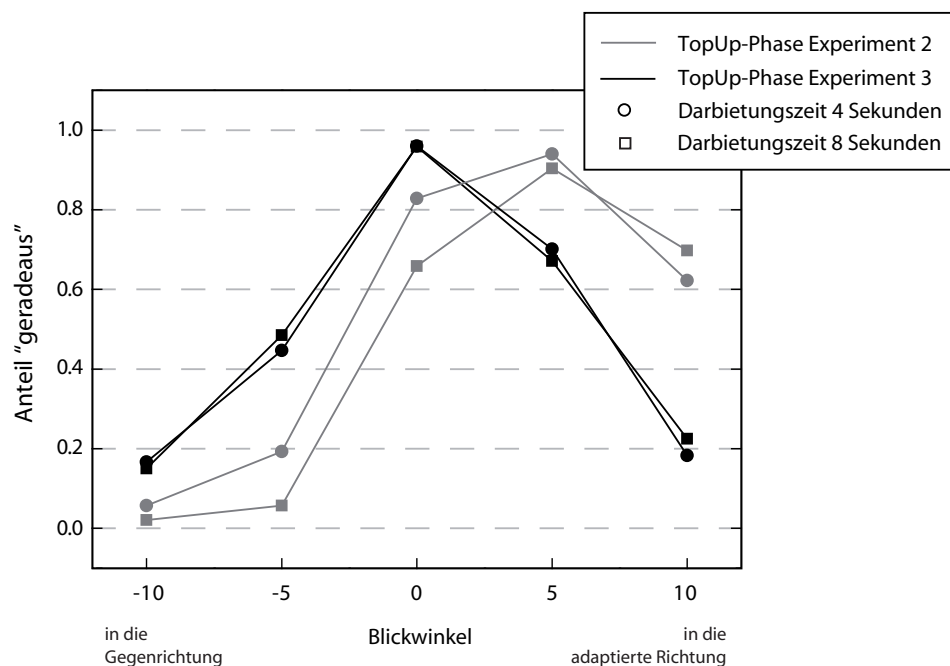


Abbildung 6.4: Vergleichende Darstellung des Anteils der „geradeaus“-Antworten im zweiten und dritten Experiment. Es wird die Stärke der Induktion des Blickrichtungsnacheffekts in beiden Experimenten gegenüber gestellt. Dabei werden die Bedingungen 4 Sekunden und 8 Sekunden betrachtet. Für jede Bedingung ist eine Grafik abgetragen. Die grauen Graphen stellen die Ergebnisse des zweiten Versuches dar, die schwarzen die des dritten Experimentes. Auf der x-Achse sind die verwendeten Blickwinkel dargestellt.

6 Experiment 3: Wechsel der Adaptationsrichtung von Trial zu Trial

des TopUp-Displays 8 Sekunden im zweiten Experiment von den anderen Differenzwerten. Für die Winkel in die adaptierte Richtung zeigen sich für alle Bedingungen positive Differenzwerte. Für den 10° -Winkel sind die Differenzwerte im zweiten Experiment signifikant höher als im dritten Experiment. Dieses Muster zeigt sich als Tendenz auch für den 5° -Blickwinkel in die adaptierte Richtung.

Ausgehend von den graphischen Analysen der Differenzwerte des zweiten und dritten Versuches wurden die prozentualen Anteile am Gesamteffekt berechnet. Diese Auswertung erfolgte für die beiden Winkel 5° und 10° in die adaptierte Richtung. Bei diesen Blickwinkeln wirkt sich der induzierte Effekt, ausgehend vom Pretest, in dieselbe Richtung aus. Es wurde Δp_{kurz} definiert als der Anteil, der durch die kurzfristige Einwirkung beim Wechsel des TopUp-Displays von Trial zu Trial zustande kommt. Dieser Wert entspricht also dem Differenzwert im dritten Experiment. Δp_{lang} entspricht dem Anteil, der addi-

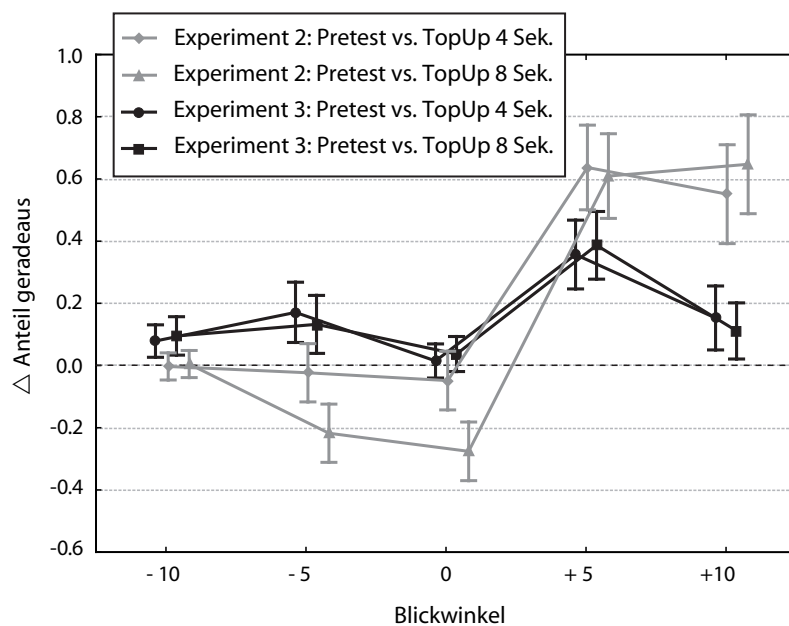


Abbildung 6.5: Vergleichende Darstellung der Differenzwerte im zweiten und dritten Experiment. Es wird die Stärke der Induktion des Blickrichtungsnacheffekts in beiden Experimenten gegenüber gestellt. Dabei werden die Bedingungen 4 und 8 Sekunden betrachtet. Für jede Bedingung ist eine Grafik abgetragen. Die grauen Graphen stellen die Ergebnisse des zweiten Versuches dar, die schwarzen die des dritten Experimentes. Auf der x-Achse sind die verwendeten Blickwinkel dargestellt.

TopUp-Display: 4 Sekunden				
	+5		+10	
Δp_{kurz}	57.81	%	19.22	%
Δp_{lang}	42.19	%	80.78	%
Δp	100.00	%	100.00	%

TopUp-Display: 8 Sekunden				
	+5		+10	
Δp_{kurz}	56.91	%	22.99	%
Δp_{lang}	43.09	%	77.01	%
Δp	100.00	%	100.00	%

Tabelle 6.4: Deskriptive Darstellung der Anteile am Gesamteffekt bei kurzfristiger und langfristiger Einwirkung. Ausgehend von den Differenzwerten der Blickwinkel in die adaptierte Richtung des zweiten und dritten Experimentes wurden die prozentualen Anteile am Gesamteffekt berechnet. Die Auswertung erfolgte getrennt für die zeitlichen Bedingungen TopUp-Display 4 und 8 Sekunden. Δp_{kurz} steht für den Anteil des Blickrichtungsnacheffekts, der durch die Darbietung des wechselnden TopUp-Displays zustande kommt. Die Differenz Δp_{lang} stellt den Zugewinn am Anteil des Effekts dar, der durch die konstante Darbietung des TopUp-Displays zustande kommt.

tiv durch die konstante Einwirkung des TopUp-Displays zum Gesamteffekt hinzu kommt. Δp wird definiert als endgültige Ausprägung des Blickrichtungsnacheffekts und entspricht dem Differenzwert im zweiten Experiment. Zur Berechnung wurde die folgende Formel verwendet:

$$\Delta p_{lang} = \Delta p - \Delta p_{kurz} \quad (6.1)$$

Die prozentualen Anteile sind in Tabelle 6.3.4 dargestellt. Es wird zwischen den Darbietungszeiten des TopUp-Displays von 4 und 8 Sekunden unterschieden. Für den 5°-Blickwinkel in die adaptierte Richtung ergibt sich durch die kurzfristige Einwirkung im dritten Experiment bei einer Darbietungszeit des TopUp-Displays von 8 Sekunden ein An-

6 Experiment 3: Wechsel der Adaptationsrichtung von Trial zu Trial

teil von 56.91 % an der endgültigen Ausprägung des Effektes. Für den 10°-Winkel ergibt sich durch die kurzfristige Präsentation ein Anteil von 22.99 %. Für die Darbietungszeit des TopUp-Displays von 4 Sekunden ergibt sich das selbe Muster. Für den 5°-Winkel in die adaptierte Richtung zeigt sich dementsprechend ein größerer Effekt durch die kurzfristige Einwirkung als für den 10°-Blickwinkel.

6.4 Diskussion

In diesem Experiment wurde die Hypothese der impliziten Adaptation untersucht. Dabei wurden TopUp-Displays dargeboten, in denen die Richtung des abgewandten Blicks von Trial zu Trial wechselte. Es zeigte sich, dass auch durch die Einwirkung des TopUp-Displays in einem Trial ein Verzerrungseffekt zustande kommt. Dieser unterscheidet sich jedoch, abhängig vom analysierten Blickwinkel, in seiner Stärke und Richtung der Ausprägung von den im Vorfeld beschriebenen Befunden.

Um den Einfluss der Darbietungszeit auf die implizite Adaptation zu testen, wurden zwei verschiedene Darbietungszeiten des TopUp-Displays, 4 und 8 Sekunden, verwendet. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Darbietungszeiten. Der beobachtete Effekt tritt unabhängig von der verwendeten Darbietungszeit des TopUp-Displays auf. Die Auswertung auf der Ebene der einzelnen Blickwinkel liefert dementsprechend für beide Darbietungszeiten die gleichen Ergebnisse. Für den 5° und den 10° -Blickwinkel in die adaptierte Richtung ergibt sich in der TopUp-Phase ein erhöhter Anteil von „geradeaus“-Antworten im Vergleich zum Pretest. Die Blickwinkel in die adaptierte Richtung werden als geradeaus gerichtet wahrgenommen. Der Effekt ist jedoch nicht so stark ausgeprägt wie in den vorangegangenen Experimenten. Insbesondere für den 10°-Blickwinkel zeigt sich ein deutlich geringer ausgeprägter Nacheffekt durch den Wechsel des TopUp-Displays von Trial zu Trial.

Für den 0°-Blickwinkel zeigt sich in diesem Experiment kein Unterschied zwischen dem Pretest und den TopUp-Phasen. Dieser Befund weicht von den bisherigen Ergebnissen ab. Die 0°-Winkel werden weiterhin als geradeaus gerichtet wahrgenommen und nicht wie bei der vollständigen Ausprägung des Nacheffekts als in die Gegenrichtung der Adaptation abgewandt.

Für die beiden Blickwinkel in die Gegenrichtung der Adaptation ergeben sich in diesem Experiment positive Differenzwerte. Das bedeutet, dass auch diese Blickwinkel im Vergleich zum Pretest in den TopUp-Phasen vermehrt als geradeaus gerichtet wahrgenommen

werden. Diese Befunde stehen im Einklang mit dem Ergebnis von Calder et al. (2008). Die Autoren finden einen erhöhten Anteil von „geradeaus“-Antworten für alle verwendeten Blickwinkel. Sie interpretieren diesen Befund derart, dass die Kanäle, die für die Enkodierung von nach links und rechts gerichteten Blicken verantwortlich sind, simultan adaptieren. Durch die Zellerermüdung dieser entgegengesetzten Zellareale kommt es zu einer Zunahme von „geradeaus“-Antworten bei beiden Richtungen. In dem vorliegenden Experiment ergeben sich zwei Unterschiede zu den Befunden von Calder et al. (2008). Zum einen zeigt sich in diesem Experiment kein Unterschied zwischen Pretest und den TopUp-Phasen für den 0° -Blickwinkel. Zum anderen berichtet Calder et al. von einer gleich starken Zunahme des Anteils der „geradeaus“-Antworten für die Winkel in die adaptierte Seite und die Blickwinkel der Gegenseite. In den hier beschriebenen Befunden ist das für den 5° -Blickwinkel nicht der Fall. Der Anteil von „geradeaus“-Antworten ist für den 5° -Winkel in die adaptierte Richtung deutlich stärker als für den 5° -Winkel in die Gegenrichtung. Wenn ausschließlich eine simultane Zellerermüdung der Neuronenpopulationen dem Ergebnis zugrunde liegen würde, müssten sich für die 5° -Blickwinkel beider Seiten und die 10° -Blickwinkel beider Seiten die selben Differenzwerte ergeben. Dieser Befund kann dahingehend interpretiert werden, dass durch den Wechsel der Richtung des TopUp-Displays einerseits eine simultane Adaptation beider Blickrichtungen, links und rechts, stattfindet. Das bedeutet, es kommt zu einem erhöhten Anteil von „geradeaus“-Antworten für alle abgewandten Blickwinkel. Der Nacheffekt ist in beide Richtungen aber schwächer ausgeprägt, als in den vorherigen Experimenten, in denen das TopUp-Display nur in eine Richtung dargeboten wurde. Andererseits gilt für die einzelnen Trials, dass der Effekt auf den 5° -Winkel in die adaptierte Richtung signifikant stärker ist als für den den 5° -Winkel in die Gegenrichtung. Das heißt, dass die Darbietung des aktuellen TopUp-Displays in einem Trial trotz simultaner Adaptation beider Blickrichtungen einen deutlichen Effekt auf das Antwortverhalten der Versuchspersonen hat. Auch Calder et al. (2008) findet einen Effekt durch das letzte TopUp-Display eines Trials. In seinem Experiment ergibt sich auch für den 5° -Blickwinkel in die durch das letzte TopUp-Displays eines Trials adaptierte Richtung der größte Anteil von „geradeaus“-Antworten.

Zusammenfassend ergibt das vorliegende Experiment folgendes Ergebnis. Durch den Wechsel der Richtung des TopUp-Displays von Trial zu Trial kommt es zu einem erhöhten Anteil von „geradeaus“-Antworten für alle abgewandten Blickwinkel. Dabei ist die Zunahme der „geradeaus“-Antworten für die Winkel in die adaptierte Richtung schwächer ausge-

6 Experiment 3: Wechsel der Adaptationsrichtung von Trial zu Trial

prägt als in den vorangegangenen Experimenten. Das Ergebnismuster lässt den Schluss zu, dass es sich um eine simultane Adaptation beider Blickrichtungen handelt. Es kommt bei dieser simultanen Adaptation nicht zu einem starken Blickrichtungsnacheffekt wie bei der Darbietung der TopUp-Displays ausschließlich in dieselbe Richtung. Der 0° -Blickwinkel wird weiterhin als geradeaus gerichtet gesehen. Zudem hat die einzelne Darbietung in einem Trial einen Effekt auf das Antwortverhalten. Der 5° -Blickwinkel in die aktuell adaptierte Richtung wird häufiger als geradeaus gerichtet bewertet als der 5° -Blickwinkel in die Gegenrichtung. Der gefundene Effekt scheint dementsprechend zwei Komponenten zu haben. Einerseits kommt es zu einer schwach ausgeprägten simultanen Adaptation beider Blickrichtungen. Andererseits hat das jeweilige TopUp-Display einen darüber hinaus gehenden Einfluss auf die Bewertung der Testbilder.

7 Experiment 4: Zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts

7.1 Experimentelles Rational

In den bisherigen Experimenten konnte gezeigt werden, dass der Blickrichtungsnacheffekt ein sich schnell aufbauendes Phänomen ist. Er kann durch die Darbietung eines abgewandten Blicks von wenigen Sekunden induziert werden. Für die vollständige Ausprägung des Nacheffekts ist jedoch eine wiederholte Adaptation notwendig. Mit Hilfe des vorliegenden Experiments soll die zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts untersucht werden. Erste Hinweise auf eine langsame Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts ergaben sich in der Untersuchung von Schweinberger et al. (2007). Hier zeigten sich trotz Pausen Übertragungseffekte zwischen den Experimentalphasen. Davon ausgehend konnten Kloth und Schweinberger (2008) in ihrer Untersuchung zeigen, dass sich der Blickrichtungsnacheffekt über die Zeit abschwächt. Er ist aber noch bis zu 7 Minuten nach Beendigung der Darbietung der Adaptationsreize messbar. Nach 10 Minuten erreichen die Werte das ursprüngliche Pretest-Niveau. In der Forschung zur Adaptation an komplexe Reize, wie zum Beispiel Gesichter, wurde bei der Rückbildung der Nacheffekte auf diesen höheren Ebenen der visuellen Wahrnehmung ein exponentieller Verlauf gefunden (Carbon et al., 2007; Leopold et al., 2005; Rhodes et al., 2007). Wie auch in dem Bereich der Gesichteradaptation fanden auch Kloth und Schweinberger (2008) eine exponentielle Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts. Die Autoren verwenden in ihrem Experiment eine Adaptationsphase zur Induktion des Blickrichtungsnacheffekts. Im ersten Versuch wurde gezeigt, dass die Darbietung der TopUp-Displays vor dem Testreiz ausreicht, um den Blickrichtungsnacheffekt zu induzieren. Im weiteren soll die zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts ohne Adaptationsphase untersucht werden.

Im ersten Experiment wurde die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts mit zwei verschiedenen Methoden untersucht. Dabei wurde die Adaptation mittels Adaptationsphase

7 Experiment 4: Zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts

plus TopUp-Displays mit einer Adaptation ohne vorgeschaltete Adaptationsphase verglichen. Die Auswertung hat keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Induktionsarten ergeben. Dieser Befund spricht dafür, dass sich auch für die Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts kein Unterschied zwischen den Induktionsarten zeigt. Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse der Untersuchung von Leopold et al. (2005) zur Adaptation an komplexe Reize. Die Autoren konnten zeigen, dass die Länge der Rückbildung des Gesichternacheffekts in Abhängigkeit von der Darbietungslänge des Adaptationsreizes variiert. Im vorliegenden TopUp-Paradigma wird im Gegensatz zu den Versuchen von Kloth und Schweinberger (2008) keine Adaptationsphase verwendet. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass sich ohne die Verwendung der Adaptationsphase ein kürzerer zeitlicher Verlauf für die Rückbildung des Nacheffekts ergibt.

7.2 Methode

7.2.1 Versuchspersonen

An diesem Experiment nahmen 12 Studenten der Psychologie teil. Davon waren 6 Probanden weiblich und 6 männlich. Alle Personen besaßen ein normales oder durch Sehhilfen korrigiertes Sehvermögen. Die Versuchspersonen erhielten für die Teilnahme an dem Experiment wahlweise eine Vergütung in Form von Versuchspersonenstunden oder ein Entgelt von 5,00 € pro Stunde. Die Personen waren nicht über die Fragestellung des Experimentes informiert.

7.2.2 Prozedur

Das vierte Experiment bestand aus drei verschiedenen Arten von Experimentalphasen. Es begann mit einem Pretest. Auf diesen folgte eine TopUp-Phase und anschließend ein Posttest. Im Pretest wurden die 5 Blickwinkel, 5° und 10° links und rechts und 0°, wiederholt präsentiert. Es wurde mit einer Anzahl von 32 Messwiederholungen gearbeitet, d.h. es ergab sich eine Gesamtanzahl von 160 Trials im Pretest. Die Darbietungsreihenfolge der einzelnen Elemente eines Trials war die Folgende: Fixationskreuz (500 ms) – schwarzer Bildschirm (300 ms) – Testbild (1000 ms) – schwarzer Bildschirm bis die Antwort per Tastendruck erfolgte.

Nach dem Pretest wurden jedem Probanden zwei Einheiten von TopUp-Phase und Posttest nacheinander dargeboten (siehe Abbildung 7.1). Die beiden Einheiten unterschieden

sich bezüglich der Richtung, in die der abgewandte Blick des TopUp-Displays gerichtet war. In der einen Einheit war die Blickrichtung des TopUp-Displays links. In der anderen Richtung rechts. Die Reihenfolge der Einheiten (TopUp-Display rechts bzw. TopUp-Display links) war randomisiert.

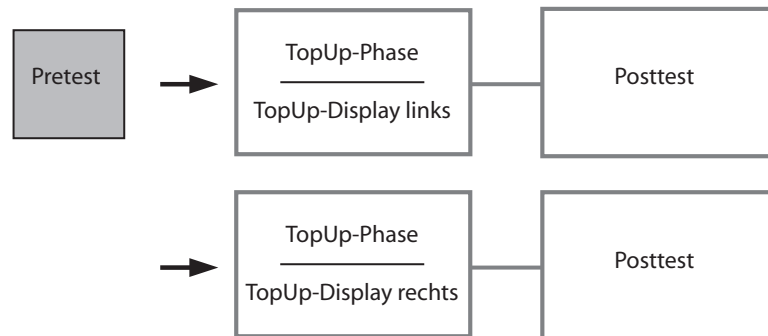


Abbildung 7.1: Darstellung des Experimentaldesigns. Das vierte Experiment begann mit einem Pretest. Dann folgten zwei TopUp-Phasen gekoppelt mit jeweils einem Posttest. Die Reihenfolge der TopUp-Phasen wurde randomisiert.

Bezüglich des zeitlichen Ablaufs der Trials im Pretest und in der TopUp-Phase gab es keine Änderung zu dem vorangegangenen Experiment. Die Darbietungsreihenfolge der einzelnen Elemente eines Trials in der TopUp-Phase war wie folgt: Fixationskreuz (500 ms) – ISI (300 ms) – TopUp-Display (8000 ms) – ISI (300 ms) – Testbild (1000 ms) – schwarzer Bildschirm bis die Antwort per Tastendruck erfolgte. Die TopUp-Phase beinhaltete in diesem Experiment 80 Trials, d.h. eine Anzahl von 16 Messwiederholungen. Die Auswertung der Entstehung des Blickrichtungsnacheffekts hat ergeben, dass der Effekt nach ca. 12 Trials seine volle Ausprägung erreicht (siehe Abschnitt 5.3.3). Aus Gründen der Experimentallänge wurde deshalb eine geringere Anzahl von Messwiederholungen verwendet.

Der anschließend folgende Posttest war identisch mit dem Pretest. Auch hier wurde mit einer Anzahl von 32 Messwiederholungen gearbeitet, so dass der Posttest auch 160 Trials umfasste. Dabei war der Posttest in 32 Blöcke unterteilt, um die zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts genauer untersuchen zu können. Innerhalb eines jeden Blocks wurde jeder der 5 Testblickwinkel einmal dargeboten. In jeder Einheit folgten die TopUp-

7 Experiment 4: Zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts

Phase und der jeweilige Posttest direkt, ohne die Möglichkeit einer Pause, aufeinander.

7.3 Ergebnisse

Im Folgenden ist die Auswertung des vierten Experimentes dargestellt. Der varianzanalytischen Auswertung der Ergebnisse wurde wiederum das Differenzmaß zugrunde gelegt (siehe Abschnitt 2.5). Im Anschluss an die varianzanalytische Auswertung wird die Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts deskriptiv dargestellt. Dafür wird als Maß der prozentuale Anteil der „geradeaus“-Antworten verwendet.

7.3.1 Vorangestellte Analyse

Die in diesem Experiment vorgeschaltete Auswertung dient wie im dritten Experiment der Untersuchung von Reihenfolgeeffekten und der Untersuchung der Äquivalenz der Adaptationsrichtungen. Ziel ist es, diese Faktoren in der weiteren Datenauswertung eliminieren zu können.

Es wurde auf der Basis der Differenzwerte eine Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet. Dabei gab es einen Gruppenfaktor, Reihenfolge, mit zwei Stufen. Die ANOVA umfasste drei Messwiederholungsfaktoren. Den Faktor Experimentalphase mit den Stufen TopUp-Phase und Posttest und den Faktor Adaptationsrichtung mit den zwei Stufen links und rechts. Zudem beinhaltet die Varianzanalyse den Faktor Blickwinkel mit den fünf Stufen 0° , 5° und 10° links und rechts. Unabhängig von dem Gruppenfaktor resultierte also ein Design mit 2 (Experimentalphase) \times 2 (Adaptationsrichtung) \times 5 (Blickwinkel) = 20 Zellen. Ein Überblick über die Ergebnisse ist in Tabelle 7.3.1 dargestellt.

Die Innersubjektfaktoren sind Huyn-Feldt-korregiert, um einer möglichen Verletzung der Sphärizitätsannahme vorzubeugen. Da der Mauchly-Test auf Sphärizität bei einer kleinen Anzahl von Versuchspersonen eine geringe Teststärke hat und deshalb Verletzungen der Annahme nicht zuverlässig anzeigt, wird von einer Durchführung dieses Tests abgesehen.

Die vorgeschaltete Varianzanalyse ergab keinen signifikanten Gruppeneffekt. Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Experimentalphase: $F(1, 10) = 14,400$, $p < 0,004$. Zwischen den Differenzwerten für die TopUp-Phasen und für die Posttests ergibt sich ein signifikanter Unterschied. Des Weiteren ergibt sich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Blickwinkel: $F(4, 40) = 19,524$, $p < 0,000$. Für den Faktor Blickwinkel

		QS	df	df _{corr}	F	p	p _{corr}
ZWISCHEN	Reihenfolge (RF)	0.671	1		3.991	0.074	
	Fehler	1.681	10				
INNER.	Experimentalphase (EP)	0.297	1	1.000	14.400	0.004	0.004
	Experimentalphase × RF	0.016	1	1.000	0.759	0.404	0.404
	Fehler	0.206	10	10.000			
	Adaptationsrichtung (AR)	0.017	1	1.000	0.187	0.675	0.675
	Adaptationsrichtung × RF	0.019	1	1.000	0.211	0.656	0.656
	Fehler	0.892	10	10.000			
	Blickwinkel (BW)	2.598	4	4.000	19.524	0.000	0.000
	Blickwinkel × RF	0.240	4	4.000	1.802	0.148	0.148
	Fehler	1.331	40	40.000			
	EP × AR	0.059	1	1.000	2.830	0.123	0.123
	EP × AR × RF	0.024	1	1.000	1.135	0.312	0.312
	Fehler	0.207	10	10.000			
	EP × Blickwinkel	0.416	4	3.758	8.339	0.000	0.000
	EP × Blickwinkel × RF	0.055	4	3.758	1.106	0.367	0.366
	Fehler	0.499	40	37.584			
	AR × Blickwinkel	7.538	4	4.000	73.730	0.000	0.000
	AR × Blickwinkel × RF	0.085	4	4.000	0.829	0.514	0.514
	Fehler	1.022	40	40.000			
	EP × AR × BW	1.580	4	4.000	31.500	0.000	0.000
	EP × AR × BW × RF	0.024	4	4.000	0.477	0.752	0.752
Fehler	0.501	40	40				

Tabelle 7.1: Ergebnisse der vorgeschalteten Varianzanalyse im vierten Experiment basierend auf den Differenzwerten. Die Tabelle zeigt die Quadratsumme (QS), die Freiheitsgrade unkorrigiert (df) und korrigiert (df_{corr}), den F-Wert (F), das Signifikanzniveau (p) und das korrigierte Signifikanzniveau (p_{corr}). Die Innersubjektoren sind korrigiert nach Huyn-Feldt.

ergeben sich also Unterschiede in den Differenzwerten unabhängig von der Experimentalphase, der Adaptationsrichtung und der Reihenfolge. Für den Faktor Adaptationsrichtung

7 Experiment 4: Zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts

ergibt sich kein signifikanter Effekt.

Die Auswertung der vorgeschalteten Varianzanalyse zeigt, dass sich keine signifikanten Unterschiede für den Gruppenfaktor Reihenfolge und den Messwiederholungsfaktor Adaptationsrichtung ergeben. Das bedeutet zum einen, dass die unterschiedliche Reihenfolge der TopUp-Phasen plus Posttest keine Auswirkung auf die Befunde ergibt. Des Weiteren findet sich auch in diesem Versuch kein Unterschied zwischen den Adaptationsrichtungen links und rechts. Zugunsten einer höheren Teststärke werden deshalb im Folgenden die beiden Faktoren Reihenfolge und Adaptationsrichtung eliminiert.

7.3.2 Deskriptive Darstellung der Ergebnisse

In Abbildung 7.2 ist der prozentuale Anteil der „geradeaus“-Antworten für den Pretest, die TopUp-Phase und den Posttest dargestellt. Für den Pretest und die TopUp-Phase zeigen sich wiederum dieselben Ergebnisse wie in den vorangegangenen Versuchen. Die Probanden können im Pretest die Blickrichtung zuverlässig einschätzen. Für den 0°-Winkel liegt der Anteil der „geradeaus“-Antworten im Mittel bei ungefähr 90% (schwarze Kurve). Für die abgewandten Blicke von 10° nach links oder rechts können die Probanden wiederum eine relativ gute Einschätzung treffen (mittlerer Anteil von ungefähr 5%). Für die beiden 5°-Winkel zeigt sich eine etwas schlechtere Beurteilung („geradeaus“-Antworten von im Mittel 30%). Bezüglich des Winkels 5° in die adaptierte Richtung zeigt sich in der TopUp-Phase ein deutlich höherer Anteil von „geradeaus“-Antworten im Vergleich zum Pretest von ungefähr 85%. Das gilt auch für den 10°-Winkel in die adaptierte Richtung (mittlerer Anteil der „geradeaus“-Antworten von 35%). Für den 5°-Winkel in die Gegenrichtung und den 0°-Winkel ergibt sich ein geringerer Anteil von „geradeaus“-Antworten im Vergleich zum Pretest. Der Wert für den 10°-Winkel in die Gegenrichtung bleibt unverändert. Im Posttest zeigt sich für den 10°-Winkel in die Gegenrichtung weiterhin ein Anteil von „geradeaus“-Antworten von im Mittel 5% (hellgrauer Graph). Der Anteil der „geradeaus“-Antworten aller anderen Blickwinkel liegt zwischen den Werten von Pretest und TopUp-Phase. Für den 5°-Winkel in die Gegenrichtung liegt der Anteil der „geradeaus“-Antworten bei 20%. Für den 0°-Blickwinkel ergibt sich ein Anteil von 85%. Der Anteil der „geradeaus“-Antworten des 5°-Winkel in die adaptierte Richtung liegt bei ungefähr 50% und für den 10°-Winkel in die adaptierte Richtung bei im Mittel 15%.

7.3.3 Deskriptive Darstellung der zeitlichen Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts

Im Folgenden wird die deskriptive Auswertung der zeitlichen Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts über die Trials des Posttests dargestellt (siehe Abbildung 7.3). Um eine ausreichende Datenmenge zugrunde zu legen, wurde im Anschluss an die varianzanalytische Auswertung der Faktor Reihenfolge eliminiert. Zudem wurden alle verwendeten Datensätze mit TopUp-Displays nach links gespiegelt, um einen ausreichenden Datenpool zu erhalten. Die deskriptive Auswertung erfolgt anhand der Daten der einzelnen Blöcke des Posttests. Pro Datenpunkt in den Grafiken gehen die Daten der 12 Probanden ein. Zudem wurde auf der Grundlage dieser Daten für jeden Blickwinkel eine psychometrische Kurve geschätzt. Dazu wurde folgende mathematische Funktion verwendet:

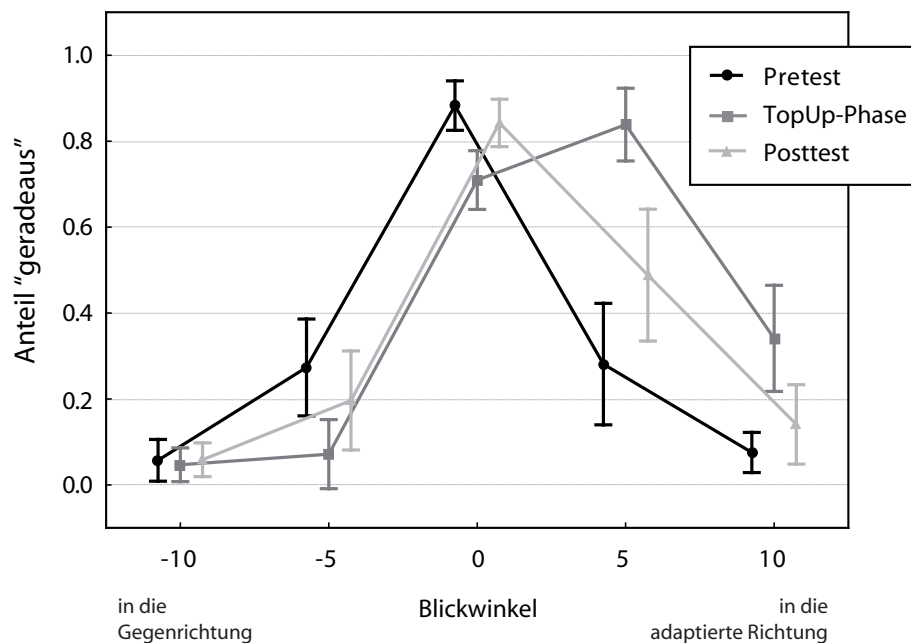


Abbildung 7.2: Darstellung des relativen Anteils der „geradeaus“-Antworten in Pretest und TopUp-Phase im vierten Experiment für die fünf verschiedenen Blickwinkel. Abgetragen ist die Kurve für den Pretest (schwarzer Graph), die TopUp-Phase (grauer Graph) und den Posttest (hellgrauer Graph). Es sind zur Bewertung die Konfidenzintervalle abgetragen.

7 Experiment 4: Zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts

$$y = \frac{1}{ax^b} \quad (7.1)$$

Wie bei der Abbildung zur Entstehung des Blickrichtungsnacheffekts sind die zeitlichen Verläufe für die Winkel 0° und 5° und 10° in die adaptierte und in die Gegenrichtung separat abgebildet. Der 10° -Blickwinkel in die Gegenrichtung der Adaptation wird nicht dargestellt, da für diesen Blickwinkel keine Unterschiede zwischen Pretest und TopUp-Phase bestehen. Auf der y-Achse ist der Anteil der „geradeaus“-Antworten abgetragen. Auf der x-Achse die laufende Blocknummer. Als Referenz werden zusätzlich jeweils die gemittelten Werte für den Pretest und die TopUp-Phase mittels einer Linie abgebildet.

In der Abbildung 7.3 a) sind die Ergebnisse für den 5° -Winkel in die Gegenrichtung der Adaptation dargestellt. Es zeigt sich, dass der Anteil der „geradeaus“-Antworten ab dem vierten Block des Posttest zwischen dem Mittelwert der TopUp-Phase und dem Mittelwert des Pretests schwanken. Die gefittete Kurve nähert sich dem Pretest-Niveau an, erreicht es jedoch im Verlauf der 32 Blöcke nicht. Die zweite Grafik stellt die Ergebnisse für den 0° -Winkel dar. Der Anteil der „geradeaus“-Antworten erreicht ab dem fünften Block das ursprüngliche Pretest-Niveau. Im Folgenden bewegen sich die Datenwerte um den gemittelten Pretestwert. Die gefittete Kurve erreicht zum Ende des Posttests das ursprüngliche Pretest-Niveau. In der Grafik 7.3 c) sind die Ergebnisse für den 5° -Winkel in die adaptierte Richtung abgebildet. Es zeigt sich, dass für diesen Winkel der Anteil der „geradeaus“-Antworten erst in den letzten vier Blöcken des Posttests das Pretest-Niveau erreicht. Aufgrund der Streuung der Daten erreicht die Fitting-Kurve das Pretest-Niveau innerhalb der 32 Posttestblöcke nicht. In Abbildung 7.3 d) sind die Ergebnisse für den 10° -Blickwinkel in die adaptierte Richtung dargestellt. Innerhalb der ersten 9 Blöcke des Posttests fällt der Anteil der „geradeaus“-Antworten auf das Pretest-Niveau ab. Die gefittete Kurve nähert sich im Verlauf des Posttests dem ursprünglichen Pretest-Niveau an. Insgesamt zeigt sich, dass wie bei der Entstehung des Blickrichtungsnacheffekts auch die zeitliche Rückbildung abhängig vom jeweiligen Blickwinkel verläuft. Für den 5° -Blickwinkel in die adaptierte Richtung nimmt die Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts die längste Zeit in Anspruch. Für die anderen drei Blickwinkel erreicht der Anteil der „geradeaus“-Antworten schneller das ursprüngliche Pretest-Niveau.

7.3 Ergebnisse

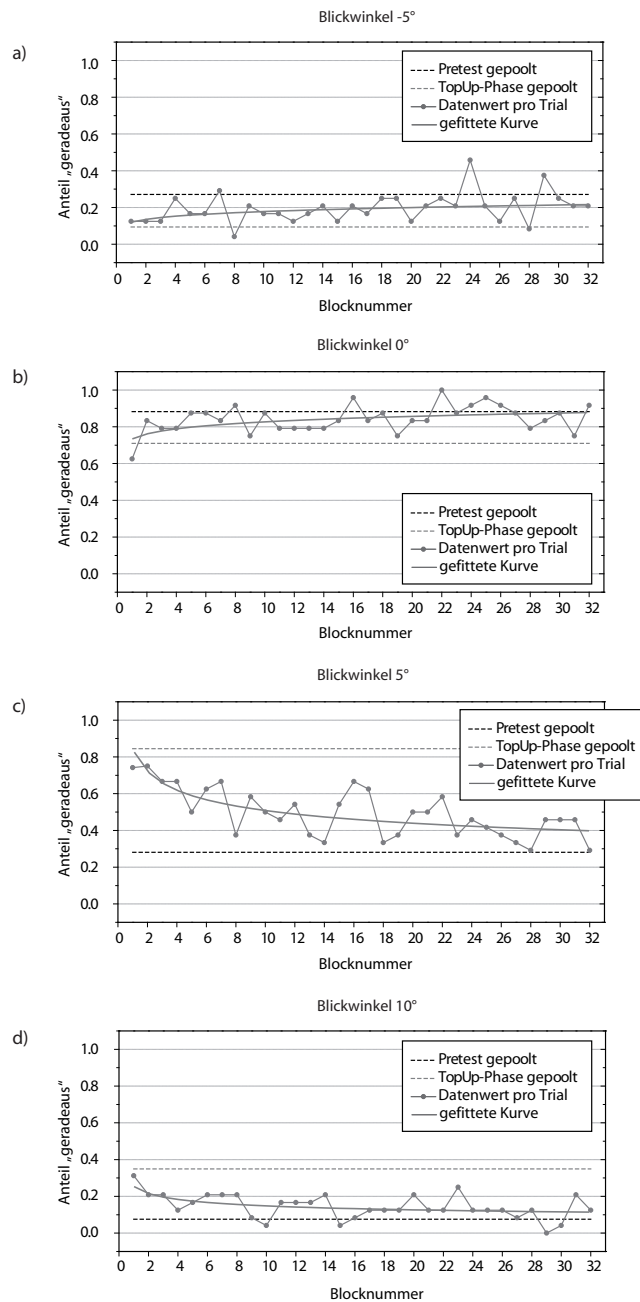


Abbildung 7.3: Dargestellt ist die zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts für die Winkel 5° in die Gegenrichtung, 0° und 5° und 10° in die adaptierte Richtung. Auf der y-Achse ist der Anteil der „geradeaus“-Antworten, auf der x-Achse die Blocknummer abgetragen. In jeder der Grafiken ist mittels einer schwarzen gestrichelten Linie der gemittelte Pretest-Wert als Referenz für das Pretest-Niveau eingezeichnet. Dasselbe gilt für den gemittelten TopUp-Wert. Dieser ist als hellgraue gestrichelte Linie abgebildet. Die Datenpunkte sind als dunkelgraue Linie mit rundem Symbol dargestellt. Zur Veranschaulichung des Verlaufs ist jeweils eine Fitting-Kurve eingezeichnet.

7.4 Diskussion

In diesem Experiment wurde die Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts untersucht. Zum einen konnten mittels der ersten beiden Experimentalphasen die Ergebnisse der bisherigen Versuche repliziert werden. Des Weiteren wurde der Posttest zur Analyse der Rückbildung des Nacheffekts ausgewertet. Es zeigte sich, dass der Effekt sich innerhalb von 4,5 Minuten so abschwächt, dass die Datenwerte das ursprüngliche Pretest-Niveau erreichen.

Mittels der varianzanalytischen Auswertung konnten zwei Befunde repliziert werden. Es tritt, entsprechend des dritten Experiments, kein Reihenfolgeeffekt auf. Es besteht also kein Unterschied in den Differenzwerten zwischen TopUp-Phase links plus Posttest und TopUp-Phase rechts plus Posttest. Dieser Befund ist auch erneut ein Hinweis darauf, dass es bei dem verwendeten Stimulusmaterial nicht zu Lerneffekten kommt. Als weiteren Aspekt kann in diesem Experiment erneut gezeigt werden, dass kein Unterschied zwischen den Adaptationsrichtungen links und rechts besteht. Dieser Befund entspricht den Ergebnissen des Kontrollexperimentes und des dritten Versuchs. Es zeigt sich also deutlich, dass entgegen der Annahme von Calder et al. (2008) der Blickrichtungsnacheffekt ein symmetrisches Phänomen ist. Für die Adaptation nach links und die Adaptation nach rechts ergibt sich kein Unterschied.

Die Auswertung des Posttests ergibt, dass sich eine Abschwächung des Blickrichtungsnacheffekts innerhalb der ersten Blöcke zeigt. Dabei ist der zeitliche Verlauf der Rückbildung abhängig vom analysierten Blickwinkel. Für den 5° -Blickwinkel in die Gegenrichtung, den 0° -Blickwinkel und den 10° -Winkel in die adaptierte Richtung erreichen die Werte innerhalb von 4-9 Blöcken das Ausgangsniveau. Für den 5° -Blickwinkel in die adaptierte Richtung zeigt sich eine langsamere Rückbildung des Nacheffekts. Ein Abfall des Anteils der „geradeaus“-Antworten auf das Pretest-Niveau findet sich erst zum Ende des Posttests im 28. Block. Insgesamt beträgt die zeitliche Dauer für die Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts in diesem Experiment ungefähr 4,5 Minuten. Nach diesem Zeitraum zeigt sich für alle betroffenen Blickwinkel eine Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts. Dieser Befund entspricht der Hypothese, dass die Rückbildung des Nacheffekts bei der Induktion durch eine TopUp-Phase kürzer ausfällt als bei der Induktion mit zusätzlicher Adaptationsphase. Nach Kloth und Schweinberger (2008) ist der Blickrichtungsnacheffekt nach der Induktion mittels Adaptationsphase noch nach 7 Minuten messbar. Die Dauer der Rückbildung der Adaptation ist also, wie bei der Adaptation an Gesichter (Leopold et al.,

2005), abhängig von der Dauer der Adaptation. Damit entspricht die Rückbildung eines Nacheffekts bei komplexen Merkmalen denen der Nacheffekte bei einfachen Merkmalen.

Die einzelnen Blickwinkel, für die sich durch die Adaptation ein verändertes Antwortmuster ergab, wurden gesondert ausgewertet. Dabei zeigten sich für die einzelnen Winkel, wie oben beschrieben, unterschiedliche zeitliche Verläufe. Für den 5° -Blickwinkel in die adaptierte Richtung ergibt sich der größte Unterschied des Anteils der „geradeaus“-Antworten zwischen Pretest und TopUp-Phase im Vergleich zu den anderen Blickwinkeln. Für diesen Winkel zeigt sich auch eine langsamere Rückbildung des Nacheffekts. Zu diesem Ergebnis kommen auch Kloth und Schweinberger (2008) in ihrer Untersuchung.

7 *Experiment 4: Zeitliche Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts*

8 Allgemeine Diskussion

8.1 Induktion und Charakteristika des Blickrichtungsnacheffekts

In der vorliegenden Arbeit wurde mittels verschiedener Experimente die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts untersucht. Im ersten Experiment wurde die Induktion mittels Adaptationsphase und TopUp-Phase mit einer Induktion ausschließlich durch die TopUp-Phase verglichen. Dabei konnte gezeigt werden, dass sich kein Unterschied des Nacheffekts durch die Induktionsarten ergibt. Der Blickrichtungsnacheffekt liegt bei beiden Vorgehensweisen in der selben Ausprägung vor. Es ist dementsprechend keine vorgeschaltete Adaptationsphase notwendig, um den Nacheffekt auszulösen. Die wiederholte Darbietung des TopUp-Displays reicht aus, um den Blickrichtungsnacheffekt zu induzieren. Es zeigt sich eine nicht-signifikante Tendenz, dass durch die Induktion mit vorgeschalteter Adaptationsphase eine stärkere Verbreiterung der Tuning-Kurve zustande kommt, als durch die Induktion ausschließlich mittels TopUp-Display. Offen bleibt dabei zunächst die Frage, welcher Mechanismus dem Nacheffekt zugrunde liegt. Das heißt, ob es sich auch bei dieser Induktionsart um einen adaptiven Prozess handelt. Im zweiten Experiment wird der Blickrichtungsnacheffekt unter Verwendung kürzerer Darbietungszeiten untersucht. Ausgehend von den Befunden des ersten Experiments wird keine separate Adaptationsphase vorgeschaltet. Es wird die Darbietungszeit des TopUp-Displays variiert. Dabei werden Abbildungszeiten von 1, 2, 4 und 8 Sekunden verwendet. Die Auswertung ergibt, dass der Blickrichtungsnacheffekt unabhängig von der Darbietungszeit des TopUp-Displays entsteht. Die Stärke der Ausprägung ist jedoch abhängig vom Blickwinkel und der Darbietungszeit verschieden. Bei einer Darbietungszeit des TopUp-Displays von 8 Sekunden ist der Blickrichtungsnacheffekt am stärksten ausgeprägt. Bei einer kurzen Präsentation des TopUp-Displays von 1 Sekunde zeigen sich lokal begrenzte Effekte auf die Blickwinkel in die adaptierte Richtung. Mittels des zweiten Experiments konnte gezeigt werden, dass eine kurze Darbietungszeit des TopUp-Displays von 1 Sekunde ausreicht, um den Nacheffekt zu induzieren. Nach Kohn (2007) können Adaptationsprozesse auch auf kurzen Zeitskalen ablaufen. Die im

8 Allgemeine Diskussion

vorliegenden Experiment verwendete TopUp-Phase umfasste 160 Trials, in denen jeweils der Adaptationsreiz für 1 Sekunde dargeboten wurde. Es ist davon auszugehen, dass durch die wiederholte Darbietung eine Zeller müdung der blickrichtungssensitiven Neuronenpopulationen im Sulcus temporalis superior stattfindet. Offen bleibt dabei die Frage, wie oft das TopUp-Display dargeboten werden muss, bis der Effekt in seiner vollen Ausprägung abzubilden ist (siehe dazu Abschnitt 8.2).

Wie schon beschrieben, findet sich zwischen den verschiedenen Induktionsmethoden mit und ohne vorgeschaltete Adaptationsphase kein signifikanter Unterschied in der Ausprägung des Blickrichtungsnacheffekts. Das gilt für alle verwendeten Blickwinkel. Die Betrachtung der Ergebnisse des ersten, zweiten und des Screening-Experiments für die einzelnen Blickwinkel ergibt Parallelen zu den Befunden von Jenkins et al. (2006), aber auch relevante Unterschiede. Für die Winkel der adaptierten Richtung ergeben sich die gleichen Befunde wie in den bisherigen Studien. Es zeigt sich ein erhöhter Anteil von „geradeaus“-Antworten nach der Adaptation. Für den 10° -Blickwinkel in die Gegenrichtung ergibt sich kein Unterschied. Auch das entspricht den bisherigen Befunden. Für den 5° -Blickwinkel in die Gegenrichtung der Adaptation und den 0° -Winkel wurden unterschiedliche Ergebnisse berichtet. Jenkins et al. (2006) fanden für den 5° -Winkel keinen Unterschied zwischen Pre- und Posttest. Im Gegensatz dazu berichteten andere Studien eine Reduktion des Anteils der „geradeaus“-Antworten für diesen Winkel (Calder et al., 2008; Kloth & Schweinberger, 2008). Ähnliches gilt für den 0° -Blickwinkel. Einerseits wird kein Unterschied bezüglich des Anteils der „geradeaus“-Antworten berichtet (Calder et al., 2008; Jenkins et al., 2006; Kloth & Schweinberger, 2008). Andererseits finden Seyama und Nagayama (2006) ein verändertes Antwortverhalten für diesen Blickwinkel. In den vorliegenden ersten Experimenten dieser Arbeit zeigen sich für beide Blickwinkel klare Veränderungen zwischen Pretest und TopUp-Phase. Für den 5° -Blickwinkel in die Gegenrichtung zur Adaptation findet sich eine klare Reduktion der „geradeaus“-Antworten. Dieser Winkel wird nach der Adaptation signifikant häufiger korrekt eingeschätzt. Für den 0° -Blickwinkel kommt es ebenso zu einer Reduktion der „geradeaus“-Antworten. Es ergibt sich also eine Verschiebung des neutralen Punktes in die Gegenrichtung der Adaptation. Zusammenfassend ist zu sagen, dass sich die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts nicht nur auf die Blickwinkel der adaptierten Richtung auswirkt, sondern auch auf den 0° -Winkel und den 5° -Blickwinkel in die Gegenrichtung der Adaptation. Implikationen dieses Befundes für zugrunde liegende neuronale Modelle werden im Abschnitt 8.3 diskutiert. In der Forschung zur Adaptation an Gesichter finden sich ähnliche Ergebnisse. Beispielsweise für den FDAE (siehe Kapi-

8.1 Induktion und Charakteristika des Blickrichtungsnacheffekts

tel 1.3.3) zeigt sich nach der Adaptation an verzerrte Gesichter, dass ein normales Gesicht in die Gegenrichtung der Adaptation verzerrt wahrgenommen wird (MacLin & Webster, 2001; Rhodes et al., 2004; Yamashita et al., 2005).

Im dritten Experiment wurde die Hypothese der impliziten Adaptation getestet. Dafür wurde die Richtung des TopUp-Displays von Trial zu Trial gewechselt. Es ergab sich in der TopUp-Phase für alle abgewandten Blickwinkel ein erhöhter Anteil von „geradeaus“-Antworten im Vergleich zum Pretest. Entsprechend der Befunde von Calder et al. (2008) kann man dieses Ergebnismuster dahingehend interpretieren, dass durch den Wechsel der Richtung des TopUp-Displays die Zellareale für links und rechts gerichtete Blicke simultan adaptieren. Durch die Zeller Müdung der Areale, die nach links gerichtete Blicke enkodieren, kommt es für diese Blickwinkel zu einem erhöhten Anteil an „geradeaus“-Antworten. Dasselbe gilt für die Blickrichtung rechts. Aus diesem Befund lässt sich ableiten, dass dem Blickrichtungsnacheffekt ein adaptiver Prozess zugrunde liegt. In diesem Experiment findet sich jedoch ein wichtiger Unterschied zu den Befunden von Calder et al. (2008). Bei einem reinen Adaptationsprozess müssten in diesem Paradigma beide Blickrichtungen simultan adaptieren. Das heißt, es müssten sich für die entgegengesetzten Blickwinkel links und rechts dieselben Werte ergeben. Es zeigt sich aber, dass sich für den 5°-Blickwinkel in die adaptierte Richtung ein signifikant stärkerer Effekt ergibt als für den 5°-Winkel in die Gegenrichtung der Adaptation. Ein Hinweis auf dieses Ergebnis findet sich auch in den Befunden von Calder et al. (2008). Die Autoren gingen methodisch anders vor. Sie wechselten die Richtung des Adaptationsreizes innerhalb eines jeden Trials mehrfach. Eine Auswertung bezüglich des jeweils letzten Adaptationsreizes ergab, dass die Richtung des jeweils letzten Adaptors einen Einfluss auf die Einschätzung des folgenden Testbildes hat. Dieses Phänomen könnte auch für den beschriebenen Befund verantwortlich sein. Abhängig von der Richtung des TopUp-Displays ergibt sich für den 5°-Winkel in diese Richtung ein erhöhter Anteil von „geradeaus“-Antworten über die simultane Adaptation hinaus. Dabei könnte es sich um eine kognitive Komponente, z.B. um einen Recency-Effekt, handeln. Der Recency-Effekt ist ein Gedächtniseffekt. Er besagt, dass ein im Vorfeld dargebotener Reiz im Kurzzeitgedächtnis gespeichert ist und dadurch bei einer nachfolgenden Aufgabe schneller enkodiert werden kann. Dieser Effekt ist auch bei visuellen Reizen, z.B. im Rahmen einer visuellen Suche, beobachtbar (vgl. Korner & Gilchrist, 2007). Es zeigt sich, dass vorher dargebotene Reize im Folgenden schneller entdeckt werden als neu dargebotene Reize. Der Recency-Effekt könnte insofern eine Rolle spielen, als dass mittels des TopUp-Displays vorher dargebotene 25° Blickwinkel noch im Kurzzeitgedächtnis gespei-

8 Allgemeine Diskussion

chert sind. Dann wird den Probanden ein 5° -Blickwinkel in dieselbe Richtung dargeboten. Für diese Blickwinkel zeigt sich schon im Pretest, dass sie mit einem Anteil von 30% als geradeaus gerichtet eingeschätzt werden. Der unmittelbare Vergleich des stark abgewandten Blickwinkels mit dem 5° -Winkel in dieselbe Richtung könnte zu einer erhöhten „geradeaus“-Verschätzung führen.

8.2 Zeitliche Eigenschaften des Blickrichtungsnacheffekts

In der vorliegenden Arbeit wurden zudem die zeitlichen Eigenschaften hinsichtlich der Entstehung und der Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekt untersucht. In der aktuellen Forschung findet sich eine Studie zur Rückbildung des Nacheffekts von Kloth und Schweinberger (2008). Dabei werden nur die 5° und 10° -Blickwinkel hinsichtlich ihrer Rückbildung untersucht. Wie sich in den vorangegangenen Untersuchungen gezeigt hat, sind durch die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts auch der 0° -Blickwinkel und der 5° -Winkel in die Gegenrichtung der Adaptation beeinflusst. Deshalb wurden in dieser Arbeit bei der Betrachtung von Entstehung und Rückbildung des Effekts auch diese beiden Blickwinkel untersucht.

Bei der Auswertung der Entstehung des Nacheffekts zeigt sich, dass die Differenzwerte innerhalb der ersten 12 Trials einer TopUp-Phase das TopUp-Niveau erreichen. Bei einer Darbietungszeit des TopUp-Displays von 8 Sekunden wurde der Adaptationsreiz dementsprechend 1,5 Minuten dargeboten, bis der Effekt seine volle Ausprägung erreicht. Dabei ergeben sich zeitliche Unterschiede für die einzelnen Blickwinkel. Für die beiden 5° -Blickwinkel zeigt sich der schnellste und stabilste Aufbau. Für diese Winkel erreichen die Werte nach 2-6 Trials, d.h. nach 16 bis 48 Sekunden Darbietungszeit des Adaptationsreizes, das TopUp-Niveau. Dabei ist der Aufbau für den 5° -Blickwinkel in die adaptierte Richtung mit 2 Trials am schnellsten. Für den 0° und den 10° -Blickwinkel zeigt der Anteil der „geradeaus“-Antworten stärkere Schwankungen im zeitlichen Verlauf und ungefähr ab dem 12. Trial eine Stabilisierung auf dem TopUp-Niveau.

Auch bei der Rückbildung des Nacheffekts ist der zeitliche Verlauf abhängig vom Blickwinkel. Für den 5° -Winkel in die Gegenrichtung, den 0° und den 10° -Blickwinkel fällt der Anteil der „geradeaus“-Antworten innerhalb von 9-10 Blöcken auf das Pretest-Niveau ab. Das entspricht einer Zeit von 1,5 Minuten nach Beendigung der TopUp-Phase und damit der Darbietung des letzten Adaptationsreizes. Für den 5° -Blickwinkel in die adaptierte Richtung ergibt sich ein längerer Verlauf der Rückbildung des Nacheffekts. Für diesen

8.2 Zeitliche Eigenschaften des Blickrichtungsnacheffekts

Blickwinkel zeigt der Anteil der „geradeaus“-Antworten stärkere Schwankungen und die Werte erreichen erst nach 28 Blöcken, d.h. 4,5 Minuten, das ursprüngliche Ausgangsniveau. Im Vergleich dazu berichten Kloth und Schweinberger (2008) eine Rückbildungszeit von mehr als 7 Minuten für die Blickwinkel in die adaptierte Richtung. Der gefundene Unterschied zwischen den Studien könnte im Experimentaldesign liegen. Kloth und Schweinberger (2008) verwenden, wie auch Jenkins et al. (2006), eine vorgeschaltete Adaptationsphase, was zu einer persistenteren Zellerermüdung führen könnte. Insgesamt ist der Blickrichtungsnacheffekt also ein sich schnell aufbauendes Phänomen. Für die vollständige Rückbildung nach der Adaptation werden mehrere Minuten benötigt.

Sowohl für den Aufbau des Nacheffekts als auch für die Rückbildung finden sich zeitliche Unterschiede in Abhängigkeit vom jeweiligen Blickwinkel. Insbesondere für den 5°-Blickwinkel in die adaptierte Richtung zeigt sich im Vergleich zu den anderen Blickwinkeln der schnellste Aufbau und die langsamste Rückbildung des Blickrichtungsnacheffekts. Einen Unterschied des zeitlichen Verlaufes zwischen den beiden Blickwinkeln in die adaptierte Richtung findet auch Kloth und Schweinberger (2008). Der 5°-Blickwinkel zeigt auch in deren Untersuchung eine langsamere Rückbildung als der 10°-Winkel. Kloth und Schweinberger (2008) begründen diesen Befund mit der Eindeutigkeit der Blickwinkel. Schon im Pretest zeigt sich, dass der 10°-Winkel eindeutig von den Probanden als abgewandt eingeschätzt werden kann. Für diesen Winkel ist der Blickrichtungsnacheffekt auch geringer ausgeprägt. Für den 5°-Blickwinkel ist die Einschätzung im Pretest nicht so eindeutig. Dieser wird mit einem Anteil von 30% als geradeaus gerichtet gewertet und der Nacheffekt zeigt seine stärkste Ausprägung. Eine weitere mögliche Erklärung resultiert aus dem zugrunde liegenden Adaptationsprozess. Durch die Adaptation kommt es zu einer Zellerermüdung der Neuronen, die in die adaptierte Richtung feuern. Wie schon in Abschnitt 1.4.4 beschrieben, kommt der Wahrnehmungseindruck durch die Verrechnung der Feuerraten aller blickrichtungssensitiven Neuronenpopulationen zustande. Durch die Adaptation entsteht eine Verschiebung der Tuning-Kurve in die adaptierte Richtung. Das Maximum der Kurve verschiebt sich vom 0°-Winkel auf den 5°-Blickwinkel der adaptierten Richtung. Außerdem wird die Tuning-Kurve durch die Adaptation breiter. Die besondere Rolle des 5°-Blickwinkels in die adaptierte Richtung zeigt sich auch im zweiten Experiment im Rahmen der Betrachtung der Stärke des Nacheffekts in Abhängigkeit von der Darbietungszeit des TopUp-Displays. Für diesen Blickwinkel zeigen sich keine Unterschiede zwischen den Darbietungszeiten. Unabhängig von der Präsentationsdauer des TopUp-Displays zeigt sich eine stabile Verzerrung. Für alle anderen, durch die Verzerrung

8 Allgemeine Diskussion

betreffenden, Winkel ergeben sich Unterschiede in Abhängigkeit von der Darbietungszeit. Der Vergleich der Befunde des zweiten und dritten Experiments ergibt ein ähnliches Bild. Gegenübergestellt wurde die kurzfristige und langfristige Einwirkung der TopUp-Displays auf die Blickwinkel in die adaptierte Richtung durch die bekannte Induktionsart mittels TopUp-Display im Vergleich zum Wechsel des TopUp-Displays von Trial zu Trial. Dabei zeigt sich für den 5°-Blickwinkel bereits bei der kurzfristigen Einwirkung ein stärkerer Verzerrungseffekt als für den 10°-Winkel.

Insgesamt zeigte sich, dass sich der Nacheffekt, insbesondere für kleinere Blickwinkel, schnell aufbaut und einer mehr minütigen Rückbildung unterliegt. Daraus ergibt sich die Frage, in wie fern der Blickrichtungsnacheffekt auch im alltäglichen Leben Relevanz hat. Nach Symons et al. (2004) werden Veränderungen der Blickrichtung schnell und präzise wahrgenommen. Ein derart ausgeprägter Blickrichtungsnacheffekt ist eher ein unerwartetes Phänomen. Den Experimenten, die zur Auswertung des zeitlichen Verlaufs des Effekts herangezogen wurden, liegt eine Darbietungszeit des TopUp-Displays von 8 Sekunden pro Trial zugrunde. Im zweiten Experiment wurde gezeigt, dass auch bei kürzeren Darbietungszeiten des TopUp-Displays der Blickrichtungsnacheffekt zustande kommt und sich in seiner Ausprägung nicht von den längeren Darbietungszeiten unterscheidet. Um die Relevanz für den Nacheffekt im Alltag zu überprüfen, könnte man in weiterführenden Untersuchungen noch kürzere Darbietungszeiten verwenden, die der Dauer eines Blickkontakts im Alltag entsprechen. Des Weiteren könnte, bei ausreichender Datenmenge, die Entstehung und Rückbildung des Nacheffekts unter Verwendung kürzerer Darbietungszeiten des TopUp-Displays untersucht werden.

8.3 Visuelle Repräsentation von Blicken: Zwei-Kanal-Modell versus Mehr-Kanal-Modell

In experimentellen Untersuchungen konnten Perrett et al. (1985, 1992) zeigen, dass für die Blickwahrnehmung beim Rhesusaffen Zellpopulationen im Sulcus temporalis superior verantwortlich sind. Auch für die menschliche Blickwahrnehmung scheint diese Region von Bedeutung zu sein (Grosbras et al., 2005; Puce & Perrett, 2003). Es wurden Zellpopulationen gefunden, die selektiv auf links und rechts gerichtete Blicke reagieren (Calder et al., 2002). Ausgehend von diesen Befunden wird in der aktuellen Forschung das der Blickwahrnehmung zugrunde liegende Modell diskutiert (z.B. Calder et al., 2008; Kloth

8.3 Visuelle Repräsentation von Blicken: Zwei-Kanal-Modell versus Mehr-Kanal-Modell

& Schweinberger, 2008). Dabei steht ein Zwei-Kanal-Modell einem Mehr-Kanal-Modell gegenüber. Ein Zwei-Kanal-Modell der Blickwahrnehmung würde zwei gegensätzliche Kanäle bzw. Neuronenpopulationen beinhalten. Einer der Kanäle würde auf links gerichtete Blicke reagieren. Der Andere würde rechts gerichtete Blicke enkodieren. Ein Mehr-Kanal-Modell würde drei oder mehr Kanäle umfassen, wobei jeder Kanal einen bestimmten Bereich der Blickrichtung verarbeitet. Im einfachsten Fall eines Mehr-Kanal-Modells wird von drei Kanälen ausgegangen, die die Blickrichtungen links, rechts und geradeaus repräsentieren. Beiden Modellen liegen unterschiedliche Annahmen zugrunde (Robbins et al., 2007). Bei einem Zwei-Kanal-Modell wird davon ausgegangen, dass zwei Kanäle mit einer großen Bandbreite vorliegen. Jeder der Kanäle feuert maximal an einem der entgegengesetzten Enden einer Dimension, wie z.B. der Blickrichtung. Des Weiteren überschneiden sich die Tuning-Funktionen beider Kanäle, so dass jeder Stimulus eine Aktivierung beider Kanäle hervorruft. Die visuelle Wahrnehmung resultiert aus der Verrechnung der beiden Kanäle. Bei der Adaptation der Zellen reduziert sich für jeden der beiden Kanäle die Feuerrate der Zellen. Die Reduktion der Feuerrate ist dabei abhängig von der ursprünglichen, unadaptierten Zellantwort auf den Adaptationsreiz. Der für ein Merkmal sensitivste Kanal zeigt die ausgeprägteste Adaptation. Im Gegensatz dazu sieht ein Mehr-Kanal-Modell vor, dass eine Dimension von drei oder mehr Kanälen kodiert wird. Dabei reagiert jeder Kanal anders sensitiv auf bestimmte Stimuli. Auch in diesem Modell ergibt sich die Wahrnehmung aus der Verrechnung aller Kanäle. Durch Adaptation wird die Feuerrate aller Kanäle reduziert. Auch in diesem Modell reduziert sich die Zellantwort am stärksten für den Kanal, der am sensitivsten auf das adaptierte Merkmal reagiert. Zwischen den beiden beschriebenen Modellen finden sich zwei grundlegende Unterschiede. Zum einen hat ein Zwei-Kanal-Modell einen wahren neutralen Punkt zwischen den beiden Polen der Dimensionen. Bei einem Mehr-Kanal-Modell ist das nicht der Fall. Des Weiteren ergibt sich zwischen den Modellen ein Unterschied bezüglich der Position des Adaptationsreizes. In einem Mehr-Kanal-Modell mit eher schmalen Kanälen zeigt sich vor allem für dem Adaptationsreiz ähnliche Stimuli ein Nacheffekt. Für Reize, die dem Adaptationsreiz unähnlich sind, zeigt sich kaum ein Effekt, da sich für deren Kanäle kaum eine Veränderung der Feuerrate ergibt. Bei einem Zwei-Kanal-Modell mit breiten Kanälen resultiert eine andere Vorhersage. Aufgrund der breiten Kanäle können auch Testbilder, die weit von dem Adaptationsreiz entfernt sind, einen Nacheffekt aufweisen. Zudem wird der Nacheffekt stärker, je weiter der Adaptationsreiz von dem neutralen Punkt entfernt ist. Das liegt daran, dass in diesem Fall die Differenz zwischen den Feuerraten der beiden Kanäle am größten ist.

8 Allgemeine Diskussion

In der aktuellen Forschung werden anhand von Adaptationsstudien die zugrunde liegenden Kanal-Modelle diskutiert. Im Bereich der Adaptation an Gesichter gehen verschiedene Forschergruppen davon aus, dass Merkmale von Gesichtern mittels eines Zwei-Kanal-Modells kodiert werden (Jiang, Blanz & O'Toole, 2006; Leopold et al., 2001). Bezüglich der Blickwahrnehmung nehmen Calder et al. (2008) in ihrer Untersuchung ein Mehr-Kanal-Modell an. Diese Annahme begründet sich auf verschiedenen Befunden. In einem ihrer Experimente verwenden die Autoren als Adaptationsreiz den 0° -Blickwinkel. Im Rahmen eines Zwei-Kanal-Modells sollte sich kein Unterschied des Anteils der „geradeaus“-Antworten im Vergleich zum Pretest ergeben, da die Auswirkungen des Adaptors auf beide Neuronenpopulationen gleich sind. Die Auswertung ergibt jedoch einen signifikant geringeren Anteil von „geradeaus“-Antworten für die beiden 5° -Blickwinkel. Nach Calder et al. spricht dieser Befund für das Vorliegen eines separaten Kanals für geradeaus gerichtete Blicke und somit für ein Mehr-Kanal-Modell. Als alternative Erklärung bieten die Autoren an, dass der im TopUp-Display dargebotene 0° -Winkel als Referenzreiz dient und eine präzisere Einordnung der abgewandten und uneindeutigen 5° -Blickwinkel ermöglicht. In diesem Fall ließe sich mittels dieses Versuchs keine Aussage über das zugrunde liegende Modell machen.

In einem weiteren Experiment vergleichen Calder et al. (2008) die Ausprägung des Blickrichtungsnacheffekts unter Verwendung zwei verschiedener abgewandter Adaptationsreize, einem 10° und einem 25° Blickwinkel. Für den stärker angewandten Adaptationsreiz finden sie einen stärkeren Effekt auf die Blickwinkel der adaptierten Seite und wenig Auswirkungen auf die Winkel der Gegenseite. Für den weniger abgewandten Adaptor, den 10° -Winkel, findet sich ein schwächerer Effekt für die Winkel der adaptierten Seite, aber eine größere Veränderung der Winkel der Gegenseite. Die Autoren werten diesen Befund als weiteren Beleg für das Vorhandensein eines Mehr-Kanal-Modells. Sie argumentieren, dass sich innerhalb eines Zwei-Kanal-Modells keine Unterschiede in der Ausprägung des Blickrichtungsnacheffekts durch die Induktion der unterschiedlichen Adaptationsreize ergeben dürften. Im Gegensatz dazu würde im Rahmen eines Mehr-Kanal-Modells der geradeaus gerichtete Kanal mehr durch die 10° Adaptation angesprochen und so würde sich ein Unterschied zwischen den Induktionsbedingungen ergeben. Kritisch ist anzumerken, dass sich in der aktuellen Forschung (Kloth & Schweinberger, 2008) und in den vorliegenden Experimenten Belege finden, dass auch die Adaptation mit einem um 25° abgewandten Blickwinkel zu Veränderungen des Antwortverhaltens bezüglich des 0° und des 5° -Blickwinkels in die Gegenrichtung führt. Aufgrund der widersprüchlichen Befundlage ist weitere For-

8.3 Visuelle Repräsentation von Blicken: Zwei-Kanal-Modell versus Mehr-Kanal-Modell

schung unter Verwendung verschieden stark abgewandter Adaptationsreize nötig, um zugrunde liegende Modelle in Bezug auf diesen Aspekt unterscheiden zu können. Hinsichtlich der Blickwinkel in die adaptierte Richtung finden Calder et al. einen stärkeren Effekt durch den stärker abgewandten Adaptationsreiz. Nach Robbins et al. (2007) spricht dieser Befund für ein Zwei-Kanal-Modell. Im Zwei-Kanal-Modell können auch weit vom Adaptor entfernte Teststimuli Veränderungen zeigen. Außerdem nimmt die Stärke des Nacheffekts zu, je weiter der Adaptationsreiz vom neutralen Punkt entfernt ist. Diese Annahmen spiegeln sich in den Befunden wieder.

Als letzte Untersuchung zur Differenzierung zwischen Zwei- und Mehr-Kanal-Modell nutzen Calder et al. (2008) eine simultane Adaptation. Dazu werden innerhalb einer Experimentalphase die Neuronenpopulationen für links und rechts gerichtete Blicke gleichzeitig adaptiert. Die Autoren gehen davon aus, dass sich im Rahmen eines Zwei-Kanal-Modells kein Unterschied für die verschiedenen Blickwinkel nach der Adaptation ergeben dürfte. Läge ein Mehr-Kanal-Modell vor, müsste der Kanal für die geradeaus gerichteten Blicke weniger adaptieren als die Kanäle der abgewandten Blickrichtungen. Davon ausgehend sollten in diesem Fall abgewandte Blicke vermehrt als geradeaus gerichtet wahrgenommen werden. Die Auswertung ihrer Daten ergibt eine Zunahme von „geradeaus“-Antworten für beide 5°-Blickwinkel und den 0°-Winkel. Somit spricht dieser Befund für das Vorliegen eines Mehr-Kanal-Modells.

Neben den diskutierten Aspekten finden sich zwei weitere Punkte, die für die Unterscheidung zwischen den Modellen relevant sind. Beide sprechen eher für das Vorliegen eines Zwei-Kanal-Modells. Das Mehr-Kanal-Modell unterliegt der Annahme, dass der Blickrichtungsnacheffekt stärker ist, je näher Adaptations- und Testreiz zusammen liegen. Die Adaptation mittels eines 25° abgewandten TopUp-Displays hat aber einen stärkeren Einfluss auf den 5°-Blickwinkel in die adaptierte Richtung, als auf den 10°-Winkel in die adaptierte Richtung. Des Weiteren zeigt sich ein Einfluss auf den 5°-Winkel in die Gegenrichtung der Adaptation und den 0°-Blickwinkel. Im Gegensatz zu den Versuchen von Jenkins et al. (2006), die zu anderen Ergebnissen kommen, können neben den hier berichteten Befunden auch Kloth und Schweinberger (2008) und Seyama und Nagayama (2006) einen Einfluss des Nacheffekts auf diese Winkel zeigen. Auch dieser Punkt spricht eher für ein Zwei-Kanal-Modell. Würden der Blickwahrnehmung mehrere schmale Kanäle zugrunde liegen, dürfte sich kein signifikantes Ausmaß auf diese Blickwinkel ergeben. Insgesamt sprechen die Befunde also eher für ein Zwei-Kanal-Modell der Blickwahrnehmung. Trotzdem kann aufgrund der aktuellen Befundlage auch ein Mehr-Kanal-Modell mit drei breiten

8 *Allgemeine Diskussion*

Kanälen nicht ausgeschlossen werden.

8.4 Zusammenfassung (gemäß § 22 (5) der Promotionsordnung)

In der vorliegenden Arbeit werden verschiedene, insbesondere zeitliche Aspekte des Blickrichtungsnacheffekts (gaze aftereffect) untersucht. Dieser Effekt besagt, dass nach längerer Betrachtung von Bildern, die Personen mit abgewandtem Blick zeigen, die Wahrnehmung von Blickrichtungen in Richtung des adaptierten Blickes verschoben ist. Betrachter halten dann zugewandte Blicke fälschlicherweise für in die Gegenrichtung verschoben, und Blicke in die Adaptationsblickrichtung fälschlicherweise für geradeaus, d.h. sie fühlen sich angeschaut, obwohl sie es nicht werden. In dieser Dissertation wird der Blickrichtungsnacheffekt mit vier psychophysischen Experimenten untersucht, in denen die Probanden einfache kategoriale Urteile über die Blickrichtung der Testbilder abzugeben hatten.

Das erste Experiment untersucht die Induktion des Blickrichtungsnacheffekts. Es wird gezeigt, dass keine separate Adaptationsphase für die Induktion des Nacheffekts notwendig ist. Auch die alleinige, relativ kurze Darbietung des zur Adaptation verwendeten Reizes (TopUp-Display) vor der Präsentation eines Testbildes führt im Laufe wiederholter experimenteller Darbietungen zu einer Verschiebung der allgemeinen Blickrichtungs-Tuningkurve, sowie zu ihrer Verbreiterung. In einem zweiten Experiment wird nachgewiesen, dass die Ausprägung des Blickrichtungsnacheffekts von der jeweiligen Darbietungszeit des Adaptationsreizes abhängt. Zwar ist der Nacheffekt umso stärker, je länger das TopUp-Display gezeigt wird. Aber auch bei sehr kurzen Darbietungszeiten von einer Sekunde kommt der Effekt bereits zustande, hier zeigt sich eine lokal begrenzte Wirkung. Die Auswertung des zeitlichen Verlaufs ergibt, dass sich der Effekt rasch vollständig aufbaut und bereits innerhalb der ersten Darbietungen entsteht. Das dritte Experiment zeigt, dass dem Nacheffekt sowohl kurzfristige Einwirkungen der direkt vor dem Testbild erfolgten Reizung zugrunde liegen, als auch langfristige Memory-Effekte, die über die im Laufe des Experiments gegebenen Wiederholungen akkumuliert werden. Bei Blickwinkeln von 5° halten sich kurzfristige und langfristige Einwirkungen in etwa die Waage. Bei Blickwinkeln von 10° aber sind nur knapp 20% kurzfristig, und etwa 80% langfristige Einwirkungen für den Effekt verantwortlich. In einem vierten Experiment wird die zeitliche Rückbildung des Effekts untersucht und gezeigt, dass sich der Blickrichtungsnacheffekt im Kontrast zu seiner schnellen Entstehung langsam, nämlich innerhalb mehrerer Minuten zurückbildet.

Die Diskussion der Ergebnisse kommt zu dem Schluss, dass die hier gefundene zeitliche Dynamik des Blickrichtungsnacheffekts Adaptationsprozesse auf höheren Schichten der visuellen Informationsverarbeitung als die zugrunde liegenden Mechanismen nahe legt.

Literaturverzeichnis

- Adams, J., R. B., & Kleck, R. E. (2003). Perceived gaze direction and the processing of facial displays of emotion. *Psychological Science, 14*(6), 644-7.
- Allison, T., Puce, A. & McCarthy, G. (2000). Social perception from visual cues: Role of the sts region. *Trends in Cognitive Sciences, 4*(7), 267-278.
- Ando, S. (2002). Luminance-induced shift in the apparent direction of gaze. *Perception, 31*(6), 657-74.
- Anstis, S. M., Mayhew, J. W. & Morley, T. (1969). The perception of where a face or television "portrait" is looking. *American Journal of Psychology, 82*(4), 474-89.
- Batki, A., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Connellan, J. & Ahluwalia, J. (2000). Is there an innate gaze module? evidence from human neonates. *Infant Behavior and Development, 23*, 223-229.
- Bayliss, A. P., Pellegrino, G. di & Tipper, S. P. (2004). Orienting of attention via observed eye gaze is head-centred. *Cognition, 94*(1), B1-10.
- Bayliss, A. P., & Tipper, S. P. (2006). Gaze cues evoke both spatial and object-centered shifts of attention. *Perception & Psychophysics, 68*(2), 310-8.
- Bestelmeyer, P. E., Jones, B. C., Debruine, L. M., Little, A. C., Perrett, D. I., Schneider, A. et al. (2008). Sex-contingent face aftereffects depend on perceptual category rather than structural encoding. *Cognition, 107*(1), 353-65.
- Biederman, I., & Cooper, E. E. (1991). Priming contour-deleted images: Evidence for intermediate representations in visual object recognition. *Cognitive Psychology, 23*(3), 393-419.
- Blakemore, C., & Campbell, F. W. (1969). On the existence of neurones in the human visual system selectively sensitive to the orientation and size of retinal images. *The Journal of Physiology, 203*(1), 237-60.
- Bock, S. W., Dicke, P. & Thier, P. (2008). How precise is gaze following in humans? *Vision Research, 48*(7), 946-57.
- Bruce, C., Desimone, R. & Gross, C. G. (1981). Visual properties of neurons in a polysensory area in superior temporal sulcus of the macaque. *Journal of Neurophysiology, 46*(2), 369-84.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology, 77* (Pt 3), 305-27.

- Buckner, R. L., Goodman, J., Burock, M., Rotte, M., Koutstaal, W., Schacter, D. et al. (1998). Functional-anatomic correlates of object priming in humans revealed by rapid presentation event-related fmri. *Neuron*, 20(2), 285-96.
- Buckner, R. L., & Koutstaal, W. (1998). Functional neuroimaging studies of encoding, priming and explicit memory retrieval. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95, 891-898.
- Calder, A. J., Beaver, J. D., Winston, J. S., Dolan, R. J., Jenkins, R., Eger, E. et al. (2007). Separate coding of different gaze directions in the superior temporal sulcus and inferior parietal lobule. *Current Biology*, 17(1), 20-5.
- Calder, A. J., Jenkins, R., Cassel, A. & Clifford, C. W. (2008). Visual representation of eye gaze is coded by a nonopponent multichannel system. *Journal of Experimental Psychology. General*, 137(2), 244-61.
- Calder, A. J., Lawrence, A. D., Keane, J., Scott, S. K., Owen, A. M., Christoffels, I. et al. (2002). Reading the mind from eye gaze. *Neuropsychologia*, 40(8), 1129-38.
- Campbell, R., Heywood, C. A., Cowey, A., Regard, M. & Landis, T. (1990). Sensitivity to eye gaze in prosopagnosic patients and monkeys with superior temporal sulcus ablation. *Neuropsychologia*, 28(11), 1123-42.
- Carandini, M. (2000). Visual cortex: Fatigue and adaptation. *Current Biology*, 10(16), R605-7.
- Carbon, C. C., Strobach, T., Langton, S. R., Harsanyi, G., Leder, H. & Kovacs, G. (2007). Adaptation effects of highly familiar faces: Immediate and long lasting. *Memory & Cognition*, 35(8), 1966-76.
- Chen, A. H., Zhou, Y., Gong, H. Q. & Liang, P. J. (2005). Luminance adaptation increased the contrast sensitivity of retinal ganglion cells. *Neuroreport*, 16(4), 371-5.
- Chokron, S. (2002). On the origin of free-viewing perceptual asymmetries. *Cortex*, 38(2), 109-12.
- Clifford, C. W. (2002). Perceptual adaptation: Motion parallels orientation. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(3), 136-143.
- Clifford, C. W., Webster, M. A., Stanley, G. B., Stocker, A. A., Kohn, A., Sharpee, T. O. et al. (2007). Visual adaptation: Neural, psychological and computational aspects. *Vision Research*, 47(25), 3125-31.
- Cline, M. G. (1967). The perception of where a person is looking. *American Journal of Psychology*, 80(1), 41-50.
- D'Entremont, B., Hains, S. M. & Muir, D. W. (1997). A demonstration of gaze following in 3- to 6-month-olds. *Infant Behavior and Development*, 20(4), 569-572.
- De Souza, W. C., Eifuku, S., Tamura, R., Nishijo, H. & Ono, T. (2005). Differential characteristics of face neuron responses within the anterior superior temporal sulcus of macaques. *Journal*

- of *Neurophysiology*, 94(2), 1252-66.
- Driver, J., Davis, G. & Ricciardelli, R. (1999). Gaze perception triggers reflexive visuospatial orienting. *Visual Cognition*, 6(5), 509-540.
- Eifuku, S., De Souza, W. C., Tamura, R., Nishijo, H. & Ono, T. (2004). Neuronal correlates of face identification in the monkey anterior temporal cortical areas. *Journal of Neurophysiology*, 91(1), 358-71.
- Emery, J. N. (2000). The eyes have it: The neuroethology, function and evolution of social gaze. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24, 581-604.
- Fang, F., Murray, S. O. & He, S. (2007). Duration-dependent fmri adaptation and distributed viewer-centered face representation in human visual cortex. *Cerebral Cortex*, 17(6), 1402-11.
- Farroni, T., Csibra, G., Simion, F. & Johnson, M. H. (2002). Eye contact detection in humans from birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(14), 9602-5.
- Friesen, C. K., & Kingstone, A. (1998). The eyes have it! reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(3), 490-495.
- Gamer, M., & Hecht, H. (2007). Are you looking at me? measuring the cone of gaze. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 33(3), 705-715.
- George, N., Driver, J. & Dolan, R. J. (2001). Seen gaze-direction modulates fusiform activity and its coupling with other brain areas during face processing. *Neuroimage*, 13(6 Pt 1), 1102-12.
- Gibson, J. J., & Pick, A. D. (1963). Perception of another person's looking behavior. *American Journal of Psychology*, 76, 386-94.
- Gibson, J. J., & Radner, M. (1937). Adaptation, after-effect and contrast in the perception of tilted lines. i. quantitative studies. *Journal of Experimental Psychology*, 20, 453-467.
- Goshen-Gottstein, Y., & Ganel, T. (2000). Repetition priming for familiar and unfamiliar faces in a sex-judgment task: Evidence for a common route for the processing of sex and identity. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 26(5), 1198-214.
- Grosbras, M. H., Laird, A. R. & Paus, T. (2005). Cortical regions involved in eye movements, shifts of attention, and gaze perception. *Human Brain Mapping*, 25(1), 140-54.
- Grunau, M. von, & Anston, C. (1995). The detection of gaze direction: A stare-in-the-crowd effect. *Perception*, 24(11), 1297-313.
- Hasselmo, M. E., Rolls, E. T., Baylis, G. C. & Nalwa, V. (1989). Object-centered encoding by face-selective neurons in the cortex in the superior temporal sulcus of the monkey. *Experimental Brain Research*, 75(2), 417-29.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A. & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223-233.

- Haxby, J. V., Hoffman, E. A. & Gobbini, M. I. (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. *Society of Biological Psychiatry*, 51(1), 59-67.
- Henson, R. N. (2003). Neuroimaging studies of priming. *Progress in Neurobiology*, 70(1), 53-81.
- Henson, R. N., Goshen-Gottstein, Y., Ganel, T., Otten, L. J., Quayle, A. & Rugg, M. D. (2003). Electrophysiological and haemodynamic correlates of face perception, recognition and priming. *Cerebral Cortex*, 13(7), 793-805.
- Hershenson, M. (1993). Linear and rotation motion aftereffects as a function of inspection duration. *Vision Research*, 33(14), 1913-9.
- Heyes, C. M. (1998). Theory of mind in nonhuman primates. *The Behavioral and Brain Sciences*, 21(1), 101-14; discussion 115-48.
- Heywood, C. A., & Cowey, A. (1992). The role of the 'face-cell' area in the discrimination and recognition of faces by monkeys. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 335(1273), 31-7; discussion 37-8.
- Hietanen, J. K. (1999). Does your gaze direction and head orientation shift my visual attention? *Neuroreport*, 10(16), 3443-7.
- Hietanen, J. K., Perrett, D. I., Oram, M. W., Benson, P. J. & Dittrich, W. H. (1992). The effects of lighting conditions on responses of cells selective for face views in the macaque temporal cortex. *Experimental Brain Research*, 89(1), 157-71.
- 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), 80-4.
- Hoffman, M. W., Grimes, D. B., Shon, A. P. & Rao, R. P. (2006). A probabilistic model of gaze imitation and shared attention. *Neural Networks: The Official Journal of the International Neural Network Society*, 19(3), 299-310.
- Hooker, C. I., Paller, K. A., Gitelman, D. R., Parrish, T. B., Mesulam, M. M. & Reber, P. J. (2003). Brain networks for analyzing eye gaze. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 17(2), 406-18.
- Horley, K., Williams, L. M., Gonsalvez, C. & Gordon, E. (2003). Social phobics do not see eye to eye: A visual scanpath study of emotional expression processing. *Journal of Anxiety Disorders*, 17, 33-44.
- Horley, K., Williams, L. M., Gonsalvez, C. & Gordon, E. (2004). Face to face: Visual scanpath evidence for abnormal processing of facial expressions in social phobia. *Psychiatry Research*, 127, 43-53.
- Itier, R. J., Alain, C., Kovacevic, N. & McIntosh, A. R. (2007). Explicit versus implicit gaze processing assessed by erps. *Brain Research*, 1177, 79-89.
- Itier, R. J., Latinus, M. & Taylor, M. J. (2006). Face, eye and object early processing: What is the

- face specificity? *Neuroimage*, 29(2), 667-76.
- Itier, R. J., Villate, C. & Ryan, J. D. (2007). Eyes always attract attention but gaze orienting is task-dependent: Evidence from eye movement monitoring. *Neuropsychologia*, 45(5), 1019-28.
- Jeffery, L., Rhodes, G. & Busey, T. (2007). Broadly tuned, view-specific coding of face shape: Opposing figural aftereffects can be induced in different views. *Vision Research*, 47(24), 3070-7.
- Jellema, T., Baker, C. I., Wicker, B. & Perrett, D. I. (2000). Neural representation for the perception of the intentionality of actions. *Brain and Cognition*, 44(2), 280-302.
- Jenkins, R., Beaver, J. D. & Calder, A. J. (2006). I thought you were looking at me: Direction-specific aftereffects in gaze perception. *Psychological Science*, 17(6), 506-13.
- Jiang, F., Blanz, V. & O'Toole, A. J. (2006). Probing the visual representation of faces with adaptation: A view from the other side of the mean. *Psychological Science*, 17(6), 493-500.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2002). *Applied multivariate statistical analysis* (5th ed ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Kanwisher, N. (2006). Neuroscience. what's in a face? *Science*, 311(5761), 617-8.
- 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), 4302-11.
- Kanwisher, N., & Yovel, G. (2006). The fusiform face area: A cortical region specialized for the perception of faces. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 361(1476), 2109-2128.
- Kato, C., Matsuo, K., Matsuzawa, M., Moriya, T., Glover, G. H. & Nakai, T. (2001). Activation during endogenous orienting of visual attention using symbolic pointers in the human parietal and frontal cortices: a functional magnetic resonance imaging study. *Neuroscience Letters*, 314(1-2), 5-8.
- Kawashima, R., Sugiura, M., Kato, T., Nakamura, A., Hatano, K., Ito, K. et al. (1999). The human amygdala plays an important role in gaze monitoring. *Brain*, 122, 779-783.
- Kleinke, C. L. (1986). Gaze and eye contact: A research review. *Psychological Bulletin*, 100(1), 78-100.
- Kloth, N., & Schweinberger, S. R. (2008). The temporal decay of eye gaze adaptation effects. *Journal of Vision*, 8(11), 4 1-11.
- Kobayashi, H., & Kohshima, S. (1997). Unique morphology of the human eye. *Nature*, 387(6635), 767-8.
- Kohn, A. (2007). Visual adaptation: Physiology, mechanisms, and functional benefits. *Journal of Neurophysiology*, 97(5), 3155-64.

- Kohn, A., & Movshon, J. A. (2003). Neuronal adaptation to visual motion in area mt of the macaque. *Neuron*, 39(4), 681-91.
- Kohn, A., & Movshon, J. A. (2004). Adaptation changes the direction tuning of macaque mt neurons. *Nature Neuroscience*, 7(7), 764-72.
- Korner, C., & Gilchrist, I. D. (2007). Finding a new target in an old display: Evidence for a memory recency effect in visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(5), 846-51.
- Kovacs, G., Zimmer, M., Banko, E., Harza, I., Antal, A. & Vidnyanszky, Z. (2006). Electrophysiological correlates of visual adaptation to faces and body parts in humans. *Cerebral Cortex*, 16(5), 742-53.
- Kovacs, G., Zimmer, M., Harza, I. & Vidnyanszky, Z. (2007). Adaptation duration affects the spatial selectivity of facial aftereffects. *Vision Research*, 47(25), 3141-9.
- Krekelberg, B., Boynton, G. M. & Wezel, R. J. van. (2006). Adaptation: From single cells to bold signals. *Trends in Neurosciences*, 29(5), 250-6.
- Langton, S. R. (2000). The mutual influence of gaze and head orientation in the analysis of social attention direction. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 53(3), 825-45.
- Langton, S. R., & Bruce, V. (1999). Reflexive visual orienting in response to the social attention of others. *Visual Cognition*, 6(5), 541-567.
- Langton, S. R., Watt, R. J. & Bruce, I. I. (2000). Do the eyes have it? cues to the direction of social attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(2), 50-59.
- Lennie, P. (2003). The cost of cortical computation. *Current Biology*, 13(6), 493-7.
- Leopold, D. A., O'Toole, A. J., Vetter, T. & Blanz, V. (2001). Prototype-referenced shape encoding revealed by high-level aftereffects. *Nature Neuroscience*, 4(1), 89-94.
- Leopold, D. A., Rhodes, G., Muller, K. M. & Jeffery, L. (2005). The dynamics of visual adaptation to faces. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B*, 272(1566), 897-904.
- Levinson, E., & Sekuler, R. (1976). Adaptation alters perceived direction of motion. *Vision Research*, 16(7), 779-81.
- MacLin, O. H., & Webster, M. A. (2001). Influence of adaptation on the perception of distortions in natural images. *Journal of Electronic Imaging*, 10, 100-109.
- Macrae, C. N., Hood, B. M., Milne, A. B., Rowe, A. C. & Mason, M. F. (2002). Are you looking at me? eye gaze and person perception. *Psychological Science*, 13(5), 460-4.
- Nicholls, M. E., Mattingley, J. B., Berberovic, N., Smith, A. & Bradshaw, J. L. (2004). An investigation of the relationship between free-viewing perceptual asymmetries for vertical and horizontal stimuli. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 19(3), 289-301.
- Oram, M. W., & Perrett, D. I. (1992). Time course of neural responses discriminating different views of the face and head. *Journal of Neurophysiology*, 68(1), 70-84.

- Patterson, M. L. (1982). A sequential functional model of nonverbal exchange. *Psychological Review*, 89(3), 231-249.
- Pelphrey, K. A., Morris, J. P., Michelich, C. R., Allison, T. & McCarthy, G. (2005). Functional anatomy of biological motion perception in posterior temporal cortex: An fmri study of eye, mouth and hand movements. *Cerebral Cortex*, 15(12), 1866-76.
- Pelphrey, K. A., Singerman, J. D., Allison, T. & McCarthy, G. (2003). Brain activation evoked by perception of gaze shifts: The influence of context. *Neuropsychologia*, 41(2), 156-70.
- Pelphrey, K. A., Viola, R. J. & McCarthy, G. (2004). When strangers pass: Processing of mutual and averted social gaze in the superior temporal sulcus. *Psychological Science*, 15(9), 598-603.
- Perrett, D. I., Hietanen, J. K., Oram, M. W. & Benson, P. J. (1992). Organization and functions of cells responsive to faces in the temporal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 335, 23-30.
- Perrett, D. I., Oram, M. W., Harries, M. H., Bevan, R., Hietanen, J. K., Benson, P. J. et al. (1991). Viewer-centred and object-centred coding of heads in the macaque temporal cortex. *Experimental Brain Research*, 86(1), 159-73.
- Perrett, D. I., Rolls, E. T. & Caan, W. (1982). Visual neurones responsive to faces in the monkey temporal cortex. *Experimental Brain Research*, 47(3), 329-342.
- Perrett, D. I., Smith, P. A., Potter, D. D., Mistlin, A. J., Head, A. S., Milner, A. D. et al. (1984). Neurones responsive to faces in the temporal cortex: Studies of functional organization, sensitivity to identity and relation to perception. *Human Neurobiology*, 3(4), 197-208.
- Perrett, D. I., Smith, P. A., Potter, D. D., Mistlin, A. J., Head, A. S., Milner, A. D. et al. (1985). Visual cells in the temporal cortex sensitive to face view and gaze direction. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 223(1232), 293-317.
- Priebe, N. J., Churchland, M. M. & Lisberger, S. G. (2002). Constraints on the source of short-term motion adaptation in macaque area mt. i. the role of input and intrinsic mechanisms. *Journal of Neurophysiology*, 88(1), 354-69.
- Priebe, N. J., & Lisberger, S. G. (2002). Constraints on the source of short-term motion adaptation in macaque area mt. ii. tuning of neural circuit mechanisms. *Journal of Neurophysiology*, 88(1), 370-82.
- 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.
- Puce, A., Allison, T., Bentin, S., Gore, J. C. & McCarthy, G. (1998). Temporal cortex activation

- in humans viewing eye and mouth movements. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 18(6), 2188-99.
- Puce, A., Allison, T. & McCarthy, G. (1999). Electrophysiological studies of human face perception. iii: Effects of top-down processing on face-specific potentials. *Cerebral Cortex*, 9(5), 445-58.
- Puce, A., & Perrett, D. (2003). Electrophysiology and brain imaging of biological motion. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 358(1431), 435-45.
- Puce, A., Smith, A. & Allison, T. (2000). Erps evoked by viewing facial movements. *Cognitive Neuropsychology*, 17, 221-239.
- Rhodes, G., & Jeffery, L. (2006). Adaptive norm-based coding of facial identity. *Vision Research*, 46(18), 2977-87.
- Rhodes, G., Jeffery, L., Clifford, C. W. & Leopold, D. A. (2007). The timecourse of higher-level face aftereffects. *Vision Research*, 47(17), 2291-6.
- Rhodes, G., Jeffery, L., Watson, T. L., Clifford, C. W. & Nakayama, K. (2003). Fitting the mind to the world: Face adaptation and attractiveness aftereffects. *Psychological Science*, 14(6), 558-66.
- Rhodes, G., Jeffery, L., Watson, T. L., Jaquet, E., Winkler, C. & Clifford, C. W. (2004). Orientation-contingent face aftereffects and implications for face-coding mechanisms. *Current Biology*, 14(23), 2119-23.
- Ricciardelli, P., Bricolo, E., Aglioti, S. M. & Chelazzi, L. (2002). My eyes want to look where your eyes are looking: Exploring the tendency to imitate another individual's gaze. *Neuroreport*, 13(17), 2259-64.
- Ristic, J., Friesen, C. K. & Kingstone, A. (2002). Are eyes special? it depends on how you look at it. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(3), 507-13.
- Robbins, R., McKone, E. & Edwards, M. (2007). Aftereffects for face attributes with different natural variability: Adapter position effects and neural models. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 33(3), 570-92.
- Rolls, E. T., Perrett, D. I., Caan, A. W. & Wilson, F. A. (1982). Neuronal responses related to visual recognition. *Brain*, 105 (Pt 4), 611-46.
- Sato, W., Kochiyama, T., Uono, S. & Yoshikawa, S. (2008). Time course of superior temporal sulcus activity in response to eye gaze: A combined fmri and meg study. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 3(3), 224-32.
- Sato, W., Okada, T. & Toichi, M. (2007). Attentional shift by gaze is triggered without awareness. *Experimental Brain Research*, 183(1), 87-94.

- Schacter, D. L., & Buckner, R. L. (1998). Priming and the brain. *Neuron*, 20(2), 185-95.
- Schuller, A. M., & Rossion, B. (2001). Spatial attention triggered by eye gaze increases and speeds up early visual activity. *Neuroreport*, 12(11), 2381-6.
- Schwaninger, A., Lobmaier, J. S. & Fischer, M. H. (2005). The inversion effect on gaze perception reflects processing of component information. *Experimental Brain Research*, 167(1), 49-55.
- Schweinberger, S. R., Casper, C., Hauthal, N., Kaufmann, J. M., Kawahara, H., Kloth, N. et al. (2008). Auditory adaptation in voice perception. *Current Biology*, 18(9), 684-8.
- Schweinberger, S. R., Kloth, N. & Jenkins, R. (2007). Are you looking at me? neural correlates of gaze adaptation. *Neuroreport*, 18(7), 693-6.
- Seyama, J. (2006). Effect of image orientation on the eye direction aftereffect. *Psychological Research*, 70(5), 367-74.
- Seyama, J., & Nagayama, R. S. (2006). Eye direction aftereffect. *Psychological Research*, 70(1), 59-67.
- Shapley, R., & Enroth-Cugell, C. (1984). Visual adaptation and retinal gain control. *Progress in Retinal Research*, 3, 263-346.
- Symons, L. A., Lee, K., Cedrone, C. C. & Nishimura, M. (2004). What are you looking at? acuity for triadic eye gaze. *Journal of General Psychology*, 131(4), 451-69.
- Taylor, M. J., Itier, R. J., Allison, T. & Edmonds, G. E. (2001). Direction of gaze effects on early face processing: Eyes-only versus full faces. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 10(3), 333-40.
- Tulving, E., & Schacter, D. L. (1990). Priming and human memory systems. *Science*, 247(4940), 301-6.
- Vecera, S., & Johnson, M. (1995). Gaze detection and the cortical processing of faces: Evidence from infants and adults. *Visual Cognition*, 2, 59-87.
- Veres-Injac, B., Schwaninger, A. & Hofer, F. (2007). The time course of processing external and internal features of unfamiliar faces. *Perception*, 36, 45.
- Watanabe, S., Miki, K. & Kakigi, R. (2002). Gaze direction affects face perception in humans. *Neuroscience Letters*, 325(3), 163-6.
- Watson, T. L., & Clifford, C. W. (2003). Pulling faces: An investigation of the face-distortion aftereffect. *Perception*, 32(9), 1109-16.
- Webster, M. A., Kaping, D., Mizokami, Y. & Duhamel, P. (2004). Adaptation to natural facial categories. *Nature*, 428(6982), 557-61.
- Webster, M. A., & MacLin, O. H. (1999). Figural aftereffects in the perception of faces. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6(4), 647-53.
- Webster, M. A., & Mollon, J. D. (1994). The influence of contrast adaptation on color appearance.

Vision Research, 34(15), 1993-2020.

- Wicker, B., Michel, F., Henaff, M. A. & Decety, J. (1998). Brain regions involved in the perception of gaze: A pet study. *Neuroimage*, 8(2), 221-7.
- Wiggs, C. L., & Martin, A. (1998). Properties and mechanisms of perceptual priming. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 8(2), 227-33.
- Yamashita, J. A., Hardy, J. L., De Valois, K. K. & Webster, M. A. (2005). Stimulus selectivity of figural aftereffects for faces. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 31(3), 420-37.
- Yin, R. K. (1969). Looking at upside-down faces. *Journal of Experimental Psychology*, 81(1), 141-145.
- Zhao, L., & Chubb, C. (2001). The size-tuning of the face-distortion after-effect. *Vision Research*, 41(23), 2979-94.