



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Einfluss der Gesichtsexpertise auf die mentale
Rotation im Vergleich zu alphanumerischen
Stimuli“

Verfasserin

Judith Anna Braunsteiner

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Psychologie (Mag.rer.nat.)

Wien, im Oktober 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A298

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Psychologie

Betreuer:

PD Dr. Claus-Christian Carbon

Danksagung

Mein besonderer Dank geht an den Betreuer meiner Diplomarbeit, PD Dr. Claus-Christian Carbon, der mit viel Engagement und immer neuen, kreativen Ideen Denkanstöße und Hilfe zum Vorangehen der Arbeit gegeben hat. Seine intensive Betreuung, die aufgrund der derzeitigen universitären Situation nicht selbstverständlich ist, ermöglichte es mit der Arbeit gut voranzukommen und immer wieder neue Arbeitsmotivation zu schöpfen.

Großen Dank schenke ich meiner „besten Studienfreundin“ (wie ich immer zu sagen pflege), Studienkollegin, guten Freundin und Diplomarbeitkollegin Beatrix, die mir in vielen offenen Fragen immer wieder weitergeholfen hat. Ich bin dankbar für die gute wechselseitige Zusammenarbeit und deine große Geduld bei manchmal vielleicht lästigen Dingen!

Mein Dank gilt auch allen Versuchspersonen, die sich die Zeit genommen haben, an dieser langwierigen Testung teilzunehmen.

Großes Dankeschön möchte ich meinen Eltern aussprechen, die mir durch ihre elterliche und finanzielle Unterstützung dieses Studium ermöglicht haben und mir immer, wo es für sie möglich war, geholfen haben.

Herzlichst bedanken möchte ich mich bei meiner lieben Freundin Nathalie und bei meinem ehemaligen Klassenvorstand der Hauptschule, Herrn Franz Exel, die sich die Zeit genommen haben meine Arbeit Korrektur zu lesen.

Großer Dank gilt auch Bernd für die Hilfe in statistischen Fragen und für das Korrekturlesen der statistischen Auswertung.

Ein herzliches Dankeschön schenke ich auch meinem Bär, der in Zeiten der Verzweiflung und Demotivation mich durch viel Liebe, Zuhören und Ablenkung immer unterstützt und wieder aufgebaut hat, der vor allem immer an mich geglaubt hat und der trotz sehr komplexer und für Laien sehr anspruchsvoller Diplomarbeit die Arbeit gelesen hat!

Abstract

In a mental rotation task (mirror-normal discrimination task), participants must determine whether two objects match when one undergoes a rotation in the picture plane or in depth relative to the other. The key evidence for mental rotation is the finding of a linear increase in response times as objects are rotated farther apart. Shepard and Metzler (1971) first researched this paradigm. Valentine and Bruce (1988) receive such increase, too, but on closer inspection of the graphic shown in this article, it is seen a sigmoid function of slope. Current studies suggest an increase but no linear increase of response times (Carbon, Grueter, Weber, Lueschow, 2007; Rilea, 2008). Carbon et al. assume a linear increase of response times of processing thatcherised faces only for participants with congenital prosopagnosia (cPA) while they suggest a sigmoid increase of response times for the control group. They reason these results as an effect of expertise, so that response times with objects in which we are experts have to be smaller than in objects in which we are no experts.

In the present study these contradictory findings in literature are discussed. We research the question whether expertise influences response times in mental rotation processes with objects rotated in the picture plane. Other important aspects which possibly affect reaction times questioned in this experiment are participants' sex and form of stimulus, because there is some evidence of effect from these sources (Amorim, Isableu & Jarraya, 2006; Rilea, 2008). It is often shown that men do better in mirror-normal discrimination tasks than women do, but sometimes researchers find no effect of sex.

In the present analysis we refute the key evidence of linear increase of response times like Carbon et al. (2007) assume in their work. But unlike Carbon et al. we show that function of increase seems to be quadratic for objects of expertise as well as for objects of non-expertise. Expertise, form of stimuli, angle of rotation but no sex influence performance in mental rotation tasks. But it is crucial to keep in mind that the present study shows many interactions of these factors, such as several other researchers show.

In summary, most of the studies do show response times increasing with slope of angular deviation regardless of function of slope as well as the present experiment. Expertise, form of object, angle of rotation and sex are a number of important factors in this manner, which are intermixed. In future research it is essential to examine these and further aspects, too.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	9
2 Wahrnehmung	11
2.1 Der physiologische Prozess der visuellen Wahrnehmung	14
3 Objekterkennung	15
3.1 Theorien der Objekterkennung	15
3.2 Gesichtserkennung und Gesichtsverarbeitung	19
3.2.1 Modelle der Gesichtsverarbeitung	20
3.2.2 Weitere Aspekte der Gesichtsverarbeitung	27
3.3 Erkennung von Buchstaben	31
3.4 Vergleich von Objekten, Gesichtern und Buchstaben/Wörtern	32
4 Begriffsbestimmungen	33
4.1 Mentale Rotation	34
4.1.1 Kriterien der mentalen Rotation	35
4.1.2 Operationalisierung und Aufgabentypen der mentalen Rotation	36
4.1.3 Prozessschritte der mentalen Rotation	39
4.2 Expertise	40
4.2.1 Gesichtsexpertise	43
4.2.1.1 Der Other-Race Effekt als ein Prädiktor der Gesichtsexpertise	45
4.2.2 Buchstaben-/ Wortexpertise	46
5 Experimentelle Erforschung des Phänomens der mentalen Rotation	47
5.1 Untersuchungen zur mentalen Rotation unter Verwendung verschiedener Stimulustypen	47
5.2 Messung der mentalen Rotationsfähigkeit mittels Mental Rotation Test (MRT)	50
5.3 Studien zur kortikalen Aktivität während mentaler Rotation	51
5.4 Mögliche Einflussfaktoren auf die Leistungen im mentalen Rotieren	51
5.5 Strategien der und anstelle von mentaler Rotation	61
6 Empirische Studie	64
6.1 Hypothesen	65
6.2 Methode und Durchführung	66
6.2.1 Versuchspersonen	66
6.2.2 Versuchsmaterial	66

6.2.3 Versuchsdesign	68
6.2.4 Versuchsablauf	69
6.3 Ergebnisse	70
6.3.1 Auswertung des Fragebogens	72
6.3.2 Analyse der Reaktionszeiten	74
6.3.3 Analyse der Anzahl korrekter und inkorrekt er Antworten	82
7 Allgemeine Diskussion	87
8 Literatur	92
9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	99
10 Anhang	106
10.1 Stimuli (Auswahl)	106
10.1.1 Chars	106
10.1.2 Faces	110
10.2 Fragebogen	115
10.3 Häufigkeiten korrekter und falscher Antworten	118
10.4 Auswertung des Fragebogens	121
10.5 Analyse der korrekten Antworten	128
10.5.1 Messwiederholungsberechnung der vier unabhängigen Variablen	128
10.5.2 Messwiederholungsberechnungen der einzelnen Effekte	142
10.5.3 Kurvenanpassungen	152
10.6 Analyse der inkorrekten Antworten	157
10.7 Analyse der Fehlerrate	163
10.7.1 Messwiederholungsberechnung über drei unabhängige Variablen	163
10.7.2 Kurvenanpassungen	172
11 Lebenslauf	179

1 Einleitung

In unserer alltäglichen Interaktion mit der Umwelt begegnen wir Objekten, die wir mehr oder weniger gut kennen. Bei Gesichtern beispielsweise kann man sagen, dass wir Experten bei der Erkennung von diesen sind. Ein Gesicht hat immer Augen, Nase und Mund (außer es bestehen krankheitsbedingte Anomalien), welche auch immer in derselben Anordnung zu finden sind. Dieser Aufbau ist uns sehr bekannt, doch es stellt sich die Frage, was geschieht, wenn ein Gesicht in der Bildebene (zweidimensional) gedreht wird. Sind Menschen dann noch in der Lage das vorliegende Gesicht genauso rasch zu erkennen, wie in seiner aufrechten Position? Die Merkmale und ihre Reihenfolge bleiben dabei objektiv unverändert, dennoch zeigt die Literatur eine längere Erkennungsdauer bei gedrehten Objekten (Yin, 1969). Ein alltägliches Beispiel verdeutlicht diesen Effekt sehr gut. Man stelle sich vor nach einem langen anstrengenden Arbeitstag nach Hause zu kommen, sich gemütlich auf die Couch vor den Fernseher zu setzen und eine Sendung mit seinen Lieblingsschauspielern anzusehen. In sitzender Position kann man die Gesichter der Schauspieler noch aufrecht betrachten, wenn man sich allerdings auf die Couch legt, weil man es sich noch gemütlicher machen möchte, so sind die Gesichter nicht mehr in ihrer aufrechten Position auf dem Bildschirm dargestellt. Je weiter nun der Blickwinkel von der aufrechten Orientierung abweicht, desto länger dauert die Erkennungszeit der Schauspieler, wenngleich es uns auch nicht bewusst ist. Trotzdem sind Menschen generell sehr gut in der Gesichtserkennung.

Wichtige Aspekte der Objekterkennung sind also die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit unseres Sehsinnes, wenn Objekte von verschiedenen Blickpunkten gesehen werden. In früheren Forschungsarbeiten dieses Bereichs konzentrierte sich die Diskussion primär darauf, ob Objekterkennung blickpunktabhängig oder blickpunktunabhängig ist. Dieser Schwerpunkt blieb sehr lange Zeit erhalten. Die längere Reaktionszeit wurde vor allem durch das gedankliche Rotieren des gegebenen Objekts zur Erkennung erklärt, doch die Literatur zeigt ebenfalls, dass ein gedrehtes Objekt nicht immer primär zu einer schlechteren Erkennungsleistung führt.

In der vorliegenden Diplomarbeit stellt sich die Grundfrage, ob die Reaktionsdauer bei der mentalen Rotation eine Frage der Expertise ist. Außerdem interessiert, ob sich zwischen den beiden verwendeten Objektklassen (Schriftzeichen, Gesichter) hinsichtlich der Erkennungszeit Unterschiede

abzeichnen, was möglicherweise wiederum als ein Effekt der Expertise interpretiert werden könnte.

Am Beginn der Arbeit steht eine Übersicht über die Objekterkennung, sowie die Gesichtswahrnehmung. Im Weiteren wird dann eine Begriffsdefinition der verwendeten Fachtermini „mentale Rotation“ und „Expertise“ gegeben. Anschließend werden Studien und deren Ergebnisse zur mentalen Rotation dargestellt. Der letzte Abschnitt, der empirischen Teil, berichtet ausführlich über das Experiment und dessen Ergebnisse. Eine allgemeine Diskussion bildet den Abschluss der Arbeit. Im Anhang finden sich eine Auswahl der Stimuli und die gesamte statistische Auswertung.

2 Wahrnehmung

Die Wahrnehmung stellt einen wichtigen Prozess unserer alltäglichen Kognitionen dar, ohne sie wäre es sicherlich sehr viel schwieriger alltägliche Situationen zu bewältigen. Die Literatur beschäftigt sich schon sehr lange mit der Wahrnehmung, trotzdem gibt es bis heute keine allgemein verbindliche Definition für diesen Prozess. Wenn von Wahrnehmung gesprochen wird, denken die meisten Menschen sofort an das Sehvermögen, allerdings bedeutet Wahrnehmen in der Psychologie viel mehr als nur sehen zu können. Alle Sinne, die wir besitzen, fallen unter den großen Begriff der Wahrnehmung. Dazu zählen Hör-, Geruchs-, Tast-, Geschmacks- und Sehsinn. Das Sehen ist mit Sicherheit aber jener Sinn, der am meisten ausgeprägt ist, da wir ihn ständig benutzen, sowohl bewusst, als auch unbewusst.

In der Literatur gibt es sehr viele Modelle und Theorien (z.B. Marr 1982; Biederman, 1987) (im Späteren wird eine Auswahl dargestellt), die die Wahrnehmung zu erklären versuchen. Dadurch erscheint der Wahrnehmungsprozess sehr klar und deutlich. Neben dem physiologischen Prozess der Wahrnehmung an sich spielen aber auch das Vorwissen sowie angeborene Faktoren der Person eine wesentliche Rolle. Um die gesamte Konzeption der Perzeption zu verstehen, ist es notwendig sich mit den einzelnen Prozessen auseinanderzusetzen.

Die Methoden zur Erfassung der Areale, die bei Wahrnehmungsprozessen im Gehirn aktiviert werden, sind in der heutigen Zeit gut entwickelt. Sie zeigen deutlich, dass bei unterschiedlichen Prozessen der Wahrnehmung verschiedene und mehrere Areale gleichzeitig aktiviert sind, sodass geschlussfolgert werden kann, dass die Wahrnehmung durch unterschiedliche Modalitäten gekennzeichnet ist und Wahrnehmungsprozesse nie isoliert für sich stattfinden.

Wir werden mit Informationen aus unserer visuellen Umwelt bombardiert (Eysenck & Keane, 2005). Allgemein gesehen ist daher die wichtigste Aufgabe der Wahrnehmung die ständig einströmenden Reize der inneren und äußeren Welt zu organisieren und danach zu filtern, was für die Person am bedeutsamsten ist, um nicht von Informationen überflutet zu werden. Die Wahrnehmung ist nicht allein das Eintreffen von Stimuli in unserem Auge, in unserem Ohr, im Gehirn etc. und die Identifizierung dieser, sondern besteht aus der Gesamtheit aller Prozesse, die notwendig sind, um Gegenstände und Ereignisse vollständig zu erfahren. In der allgemeinen Psychologie werden drei

Abschnitte der Wahrnehmungsprozesse (vorwiegend bezogen auf den Sehsinn) beschrieben (Anderson, 2007).

a) Die sensorische Empfindung:

In diesem ersten Schritt wird Licht transformiert, um als Information weitergeleitet werden zu können. Dabei wandeln lichtsensitive Rezeptorzellen in der Retina Licht in elektrische Aktivität um. Diese Rezeptorzellaktivität muss dann wiederum transformiert werden, was im Zentralnervensystem passiert. Dies ist notwendig, um Handlungen leiten zu können. (Bruce et al, 2003)

b) Wahrnehmung im engeren Sinn:

Hier spielen die inneren Repräsentationen eine wesentliche Rolle. Dabei geht es um Abschätzungen eines Gegenstandes, also einen Eindruck über die Merkmale der Figur und seine Einordnung in Raum und Richtung zu erlangen, etc. Bei diesen Berechnungen wird erworbenes Wissen aus der Vergangenheit mit den neu eintreffenden Informationen verbunden und integriert.

c) Die Klassifikation:

In diesem letzten Schritt erfolgt letztendlich die Organisation der Reize. Ereignisse und Gegenstände werden nun identifiziert und klassifiziert (nach z. B. Dimensionen wie Bekanntheit, Schönheit, Funktionalität, etc.). In diesem Abschnitt wird zwischen *top-down* und *bottom-up* Prozessen unterschieden. Top-down bezeichnet dabei die Verarbeitung von Daten aus der Umwelt und bottom-up meint die Interpretation von vorhandenem Wissen.

Neben diesen ersten grundlegenden Wahrnehmungsschritten gibt es eine andere wesentliche Aufgabe der Perzeption: die Ordnung von Objekten zu Einheiten. Dabei folgen wir bestimmten Prinzipien. In der Wahrnehmungspsychologie nennt man diese „*Gestaltgesetze der Wahrnehmungsorganisation*“.

Folgende Gesetzte kommen dabei zur Anwendung (vgl., Bruce, Green & Georgeson, 2003):

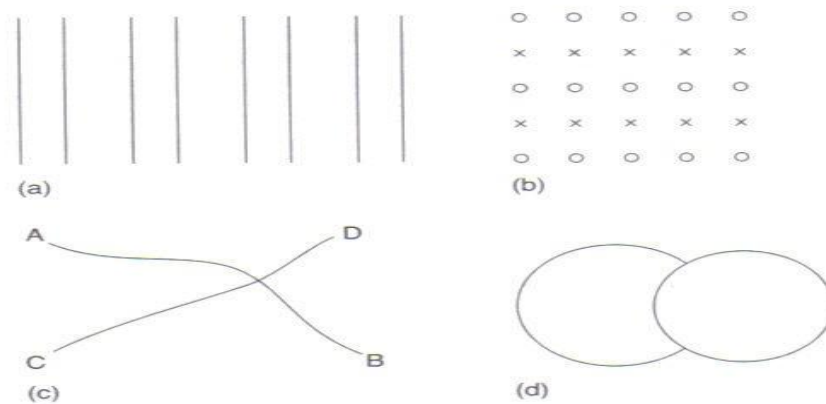


Abbildung 2-1: Veranschaulichung der Gestaltgesetze.

Das Prinzip der Nähe –dargestellt unter (a) – zeigt, dass wir nahe beieinander liegende Elemente zu Einheiten zusammenfassen. Wir sehen in (a) nicht einzelne 8 Linien, sondern jeweils 2 zusammengehörige senkrechte Linien. Unter (b) wird das Prinzip der Ähnlichkeit dargestellt. Dabei werden ähnliche Objekte zu einer Gruppe organisiert; in (b) werden nicht die einzelnen Elemente betrachtet, sondern wir nehmen abwechselnd eine Reihe Kreuze und eine Reihe Kreise wahr. Das Prinzip des glatten Verlaufs beschreibt, dass Menschen Geradliniges bevorzugen, während die Wahrnehmung von Wendepunkten und Ecken weniger gern vorgenommen wird. In (c) gehen wir sofort davon aus, dass die beiden Linien von A nach B und von D nach C gehen, obwohl die Linien an sich beispielsweise auch von A nach D und von C nach B führen könnten. Das Prinzip der Geschlossenheit und der guten Gestalt – veranschaulicht unter (d) – zeigt, dass wir Dinge als geschlossen wahrnehmen. Wir sehen in der Skizze einen Kreis, der einen anderen verdeckt, der nicht sichtbare Teil könnte aber auch etwas ganz anderes darstellen, es muss sich nicht um einen Kreis handeln.

2.1 Der physiologische Prozess der visuellen Wahrnehmung

Der Ablauf der visuellen Wahrnehmung ist bis heute sehr gut erforscht, der Vorgang wird in der Literatur einheitlich beschrieben (Anderson, 2007): In der visuellen Wahrnehmung fällt zuerst Licht auf unsere Augen. Anschließend durchquert es die Linse, strömt durch den Glaskörper und fällt dann auf die Netzhaut (Retina) an der Hinterseite des Auges. Die Retina beinhaltet Fotorezeptoren. Diese bestehen aus lichtempfindlichen Molekülen und verändern sich strukturell, wenn sie Licht ausgesetzt werden. Durch die Streuung des Lichtes, die auf dem Glaskörper entsteht, wird das anfängliche Bild unscharf. Das Gehirn hat somit die Aufgabe dem Bild Schärfe zu verleihen. Die Rezeptorzellen der Retina sind mit Bipolarzellen und diese wiederum mit Ganglienzellen verbunden. Die Axone der Ganglienzellen treten aus dem Auge aus und bilden den optischen Nerv, welcher die Verbindung zum Gehirn darstellt.

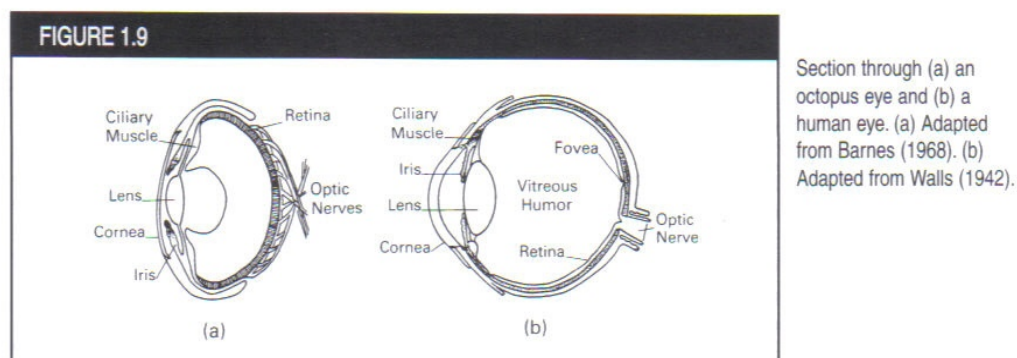


Abbildung 2-2: Schematische Darstellung des Auges (Bruce et al, 2003, S. 13)

Jede Ganglienzelle speichert Informationen aus einer kleinen Region der Netzhaut. Im Gehirn angelangt, sind die Fasern der Ganglienzellen mit unterschiedlichen subkortikalen Strukturen verbunden. An der visuellen Informationsverarbeitung sind mehrere Regionen des Gehirns beteiligt, einerseits kortikale andererseits subkortikale Bereiche. Über letztere gelangt die Information zur primären Sehrinde (visueller Kortex), welche an der Hinterseite des Gehirns angesiedelt ist.

Das visuelle Feld wird mittels *On-Off-* und *Off-On-Zellen* in den Ganglienzellen enkodiert; die On-Off- und Off-On-Zellen werden anschließend mittels höherer visueller Prozesse verknüpft, wodurch sich unterschiedliche Merkmale von der visuellen Welt abbilden. Es scheint, als würde der visuelle Reiz durch unser Gehirn in viele verschiedene und voneinander unabhängige Merkmale zerlegt und deren Anordnungen repräsentiert werden. Diese räumlichen

Repräsentationen von Merkmalen nennt man Merkmalskarten. Angenommen ein blaues Viereck bewegt sich, dann gibt es verschiedene Merkmalskarten, die die Eigenschaften blau, Viereck und Bewegung repräsentieren. Dabei können diese Karten in unterschiedlichen Bereichen des Gehirns liegen. An diesem Punkt ist die Wahrnehmung aber noch nicht vollständig. Das Auge macht nur eine 2D-Berechnung unserer Welt, während wir aber eine 3D-Abbildung benötigen. Für diese gibt es Hinweisreize, allerdings ist sehr schwer verständlich, wie diese Informationen durch das Gehirn verarbeitet werden. Dazu gibt es unterschiedliche Theorien – es kommen nun psychologische Theorien der Objekterkennung ins Spiel, von welchen im Folgenden eine Auswahl der Bekanntesten erklärt werden.

3 Objekterkennung

Die Erkennung von Objekten ist ein großer Teilbereich der Wahrnehmung, da unsere Umwelt unzählige verschiedene Gegenstände aufweist. Die Objekte der Umgebung können wir sekundenschnell erfassen, egal ob sie unscharf, weit entfernt, nicht vollständig sichtbar oder in Bewegung sind (Anderson, 2007). In älteren Forschungsarbeiten zum Thema Objekterkennung konzentrieren sich die Diskussionen primär darauf, ob Objekterkennung betrachterabhängig oder betrachterunabhängig ist (Carbon & Leder, 2006; Vanrie, Béatse, Wagemans, Sunaert & van Hecke, 2002). Bis heute bleibt diese Frage aber ungeklärt. Ob die blickpunktabhängige Speicherung – zweidimensionale Repräsentationen – oder die blickpunktunabhängige Enkodierung – dreidimensionale Repräsentationen – vorherrscht, ist heute weniger Gegenstand der Forschung, aufgrund der Tatsache, dass Studien für beide Möglichkeiten Evidenzen fanden. Vielmehr geht man in aktuellen Untersuchungen davon aus, dass es bei der Objekterkennung multiple Wege der Speicherung gibt.

3.1 Theorien der Objekterkennung

Nach Pinker (1984; zitiert nach Tarr & Pinker, 1989) werden die verschiedenen Modelle der Objekterkennung unter Berücksichtigung des Blickwinkels in drei

Gruppen eingeteilt: *Blickpunktunabhängige Modelle* (viewpoint-independent models) kennzeichnen sich dadurch aus, dass das Objekt dieselbe Repräsentation unabhängig von seiner Größe, Ausrichtung oder Lokation erhält. Zu dieser Gruppe gehören die Merkmalsmodelle, welche räumlich unabhängige Merkmale beinhalten, und strukturbeschreibende Modelle, wo das Objekt in hierarchischen Beschreibungen der dreidimensionalen räumlichen Beziehungen unter Verwendung eines Koordinatensystems, das das Objekt oder einen Teil dessen umgibt, repräsentiert ist. In *blickpunktabhängigen Modellen* (single-view-plus-transformation models) ist das Objekt repräsentiert in einer einzelnen Orientierung und für gewöhnlich ist diese determiniert durch die Perspektive des Betrachters. In diesen Modellen wird die Erkennung durch Transformation (mentales Rotieren) erreicht. In *Modellen der multiplen Blickwinkel* (multiple-view models) stellt sich ein Objekt repräsentiert in einem Set an Repräsentationen dar, welche jede einer bestimmten bekannten Orientierung entspricht. Ein Objekt wird durch Vergleichen mit einer dieser Repräsentationen erkannt. Es gibt aber viele Modelle, die mehrere dieser drei Aspekte kombinieren, eine strikte Trennung ist nicht immer möglich.

Die bekannteste und wichtigste Theorie der betrachterunabhängigen Modelle ist die These von Marr (1982). Der Wissenschaftler will Erkenntnisse der Neurophysiologie, der experimentellen Wahrnehmungspsychologie und der Computerwissenschaften verbinden. Marr unterscheidet in seiner Theorie 3 Stufen der visuellen Informationsverarbeitung. Im ersten Schritt wird der Input aufgenommen – das visuelle Bild wird mittels einer Vielzahl an Punkten unterschiedlicher Helligkeit beschrieben und zerlegt. Es werden parallele Kanten zu Balken (sog. bars) zusammengefasst. Balken, die eine festgelegte Endung besitzen, werden zu Flecken (sog. blobs) integriert. Diese erste Stufe ist unter dem Begriff *Primärskizze* (primal sketch) bekannt. Der zweite Teilprozess beinhaltet die Berechnung der räumlichen Tiefe und die Orientierung von sichtbaren Flächen. Es handelt sich hier um die sogenannte *2½-D Skizze*. In der dritten Stufe wird die *3-D Repräsentation* erstellt. Das Objekt wird dabei durch seine einzelnen Teile und deren räumliche Anordnung definiert. Marr macht außerdem in seiner Theorie den Vorschlag, dass vertraute Objekte als Kombination von einfachen röhrenförmigen Komponenten zu verstehen sind. Die folgende Abbildung zeigt die Gliederung von bekannten Objekten mittels dieser Zylinder.

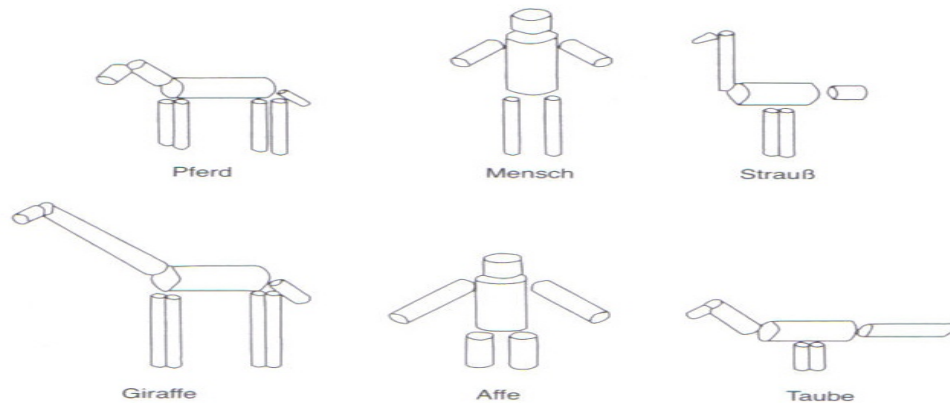


Abbildung 3-1: Vertraute Objekte durch Kombination von einfachen Zylindern in der Theorie von Marr und Nishihara (1978) (Anderson, 2008, S. 66).

Biederman (1987) postuliert einen etwas anderen Ansatz der Objekterkennung in seiner *recognition by components* (RBC)-Theorie. Nach seiner Idee können alle Objekte der Umwelt mittels eines Grundbestands an sogenannten geometrischen Ionen – als *Geons* (geometrical ions) bezeichnet – zusammengesetzt werden. Jedes der dreidimensionalen Geons bildet ein einzigartiges Muster auf der zweidimensionalen Retina ab. Insgesamt 36 verschiedene Geons genügen, nach Biederman, um alle möglichen Objekte der Welt darzustellen, wobei schon mittels Kombination von nur 3 Geons eine Vielzahl an verschiedenen Objekten abgebildet werden kann. Die geometrical ions, die in Gegenständen verwendet werden, sind in der räumlichen Anordnung unterschiedlich.

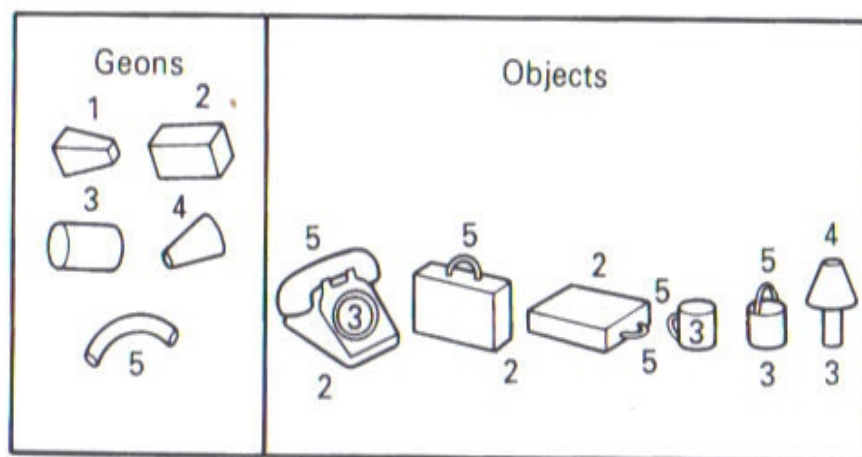


Abbildung 3-2: Eine Auswahl der Geons der Theorie von Biederman (1987) und mögliche Gegenstände, die damit erstellt werden können (Bruce et al., 2003, S. 282)

Durch die Anwendung dieser beiden Modelle (Marr und Biederman) entstehen allerdings einige Schwierigkeiten in der Praxis. Ein Problem stellt der Blickwinkel

der Betrachtung von Objekten dar. Dinge sieht man nicht immer nur in ein und derselben Ausrichtung, sondern häufig aus verschiedenen Blickwinkeln. Aufgrund dieser unterschiedlichen Sichtrichtungen kann sich wiederum ein subjektiv anderes Aussehen des Objekts ergeben. Nach Tarr und Pinker (1989) verfügen wir über mehrere Gedächtnisrepräsentationen dieser Ansichten (der Hauptperspektiven). Um die Erkennung des Objekts möglich zu machen, ist es notwendig das Vorstellungsbild des Gegenstandes mental zu transformieren, um festzustellen, ob es eine Übereinstimmung mit einer dieser Repräsentationen gibt. Nach deren Theorie kann beispielsweise eine Brille nur sowohl durch die Erkennung der passenden Kombination von Geons als auch die passende Kombination von Geons *aus einem bestimmten Blickwinkel* erkannt werden.

Der gesamte Ablauf der Wahrnehmung innerhalb des Sehens wird bei Anderson (2007) dargestellt: Es werden dabei drei Stufen der Theorie von Marr (1982) einbezogen. Zuerst erfolgt die Verwandlung von Lichtenergie in neuronale Information. Aus diesen ersten Ergebnissen werden Merkmale extrahiert, die zur Primärskizze von Marr führen. Die Tiefeninformation bringt die 2½-D Skizze, worauf die Anwendung der Gestaltprinzipien folgt: sie dienen der Gliederung von Elementen in Objekte. Die Verbindung von Objektmerkmalen und Kontextinformation führt letztendlich zur Erkennung von Objekten. Der Output der letzten Stufe (Abb. 3-3) ist der Bereich, der uns bewusst zugänglich ist. Er besteht aus einer Repräsentation der Objekte und ihrer Lage in der Umgebung. Dies wiederum stellt den Input für weitere höhere kognitive Verarbeitungsprozesse dar.

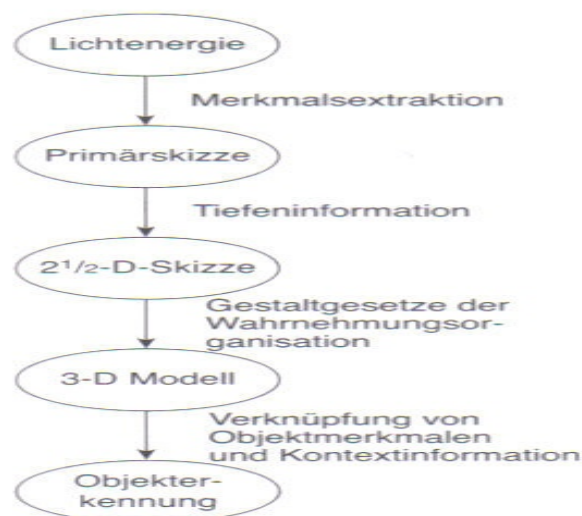


Abbildung 3-3: Ablauf der Verarbeitung von Wahrnehmungsinformationen (Anderson, 2008, S. 89)

3.2 Gesichtserkennung und Gesichtsverarbeitung

Das menschliche Gesicht besitzt eine einheitliche Struktur, die für alle Gesichter der gesamten Menschheit gilt: In der Mitte des Kopfes sitzen die Augen, zwischen diesen beginnt die Nase, welche sich in etwa bis zur Hälfte des unteren Bereichs des Gesichts zieht, und knapp unterhalb der Nase liegt der Mund. Trotz dieses einheitlichen groben Aufbaus besitzt jedes Gesicht Individualität, die es erst möglich macht, verschiedene Gesichter zu differenzieren. Die uniforme Anordnung der Gesichtsmerkmale, wie sie oben beschrieben ist, wird von Diamond und Carey (1986) als „*first order relationship*“ (oder primäre Merkmale) bezeichnet. Das spezifische Aussehen der einzelnen Merkmale/Features und die Beziehungen der Gesichtskomponenten zueinander bezeichnen die beiden Autoren als „*second order relationship*“ (oder sekundäre Merkmale), welche die individuellen Abstände der Komponenten innerhalb eines Gesichts beschreiben. Diese beiden Fachtermini sind in der Gesichtsforschung wesentlich.

Aus der Literatur gehen unterschiedliche Modelle sowie Verarbeitungsprozesse, die in der Gesichtserkennung eine Rolle spielen, hervor. In diesen wird häufig der Einfluss von primären und sekundären Komponenten sowie deren Beziehung zueinander untersucht, um den Ablauf des Prozesses der Gesichtswahrnehmung zu erfassen (z. B. Collishaw & Hole, 2000; Leder und Carbon, 2004). Bis heute besteht eine große Diskussion in der Literatur, welche Prozesse tatsächlich in der Gesichtserkennung vorherrschen. Freitag (2007) beschreibt, dass in der Literatur unter einem Verarbeitungsmechanismus die spezifische Art und Weise verstanden wird, wie die Gesichtskomponenten und deren räumlich-strukturelle Konfiguration erfasst und in Beziehung zueinander gesetzt werden. Es werden allerdings drei Verarbeitungsmechanismen, die sich qualitativ unterscheiden, postuliert. Welche, und wie diese drei Prozesse in der Gesichtserkennung agieren, und welche Modelle grundlegend sind, soll im Folgenden näher dargestellt werden.

3.2.1 Modelle der Gesichtsverarbeitung

Eines der bekanntesten Modelle der Gesichtsverarbeitung stellt das Modell von Bruce und Young (1986) dar. Die Autoren untersuchten, welche Mechanismen auf der einen Seite in der Gesichtserkennung involviert sind und auf der anderen dazu dienen, den Gesichtsausdruck, Geschlecht, Alter etc. zu analysieren. Sie unterscheiden 7 verschiedene Typen von Informationen, sogenannte *Codes*. Der *pictorial code* dient zur Beschreibung des Bildes, er umfasst verschiedene Details, wie Maserung, Helligkeit und eventuelle Fehler. Er befindet sich auf einem sehr abstrakten Level. Die Aspekte, die benötigt werden, um Gesichter voneinander zu unterscheiden, finden sich im *structural code* wieder. Folglich unterscheidet sich der structural code eines bekannten Gesichtes von dem eines unbekannten Gesichtes, was auf der Annahme beruht, dass sich der Code erst entwickeln muss. Dieser Code bezieht sich vor allem auf die informativen eher stabilen Regionen eines Gesichts. Weiters unterscheiden die Autoren den *visually derived semantic code*. Mit seiner Hilfe erlangen wir Information über eine Person, egal ob bekannt oder unbekannt. Dieser Code ist aber trotzdem vor allem bei unbekannten Gesichtern nützlich. Der *identity specific semantic code* dient zur Erfassung von ganz speziellen Informationen eines Gesichtes. Wir können beispielsweise aufgrund eines Gesichtsmerkmals nicht entscheiden, ob es sich um einen Musiker oder Schauspieler handelt, obwohl wir allgemein diese Personen sehr wohl differenzieren können. Hier geht es nun um die ganz spezielle Struktur eines Gesichtes und dessen Bedeutung. Das Modell enthält weiters einen Code für den Namen einer Person, den sogenannten *name code*. Der vorletzte Code, der *expression code* ist dafür zuständig, den Gesichtsausdruck zu interpretieren. Dadurch können wir erkennen, ob eine Person, wütend, traurig oder glücklich ist. Der *facial code* bringt uns Informationen über Bewegungen im Gesicht (Nase rümpfen, Lidbewegungen, etc.).

In der folgenden Abbildung ist das Modell als Boxdiagramm dargestellt, jede Box beschreibt dabei eine Verarbeitungseinheit:

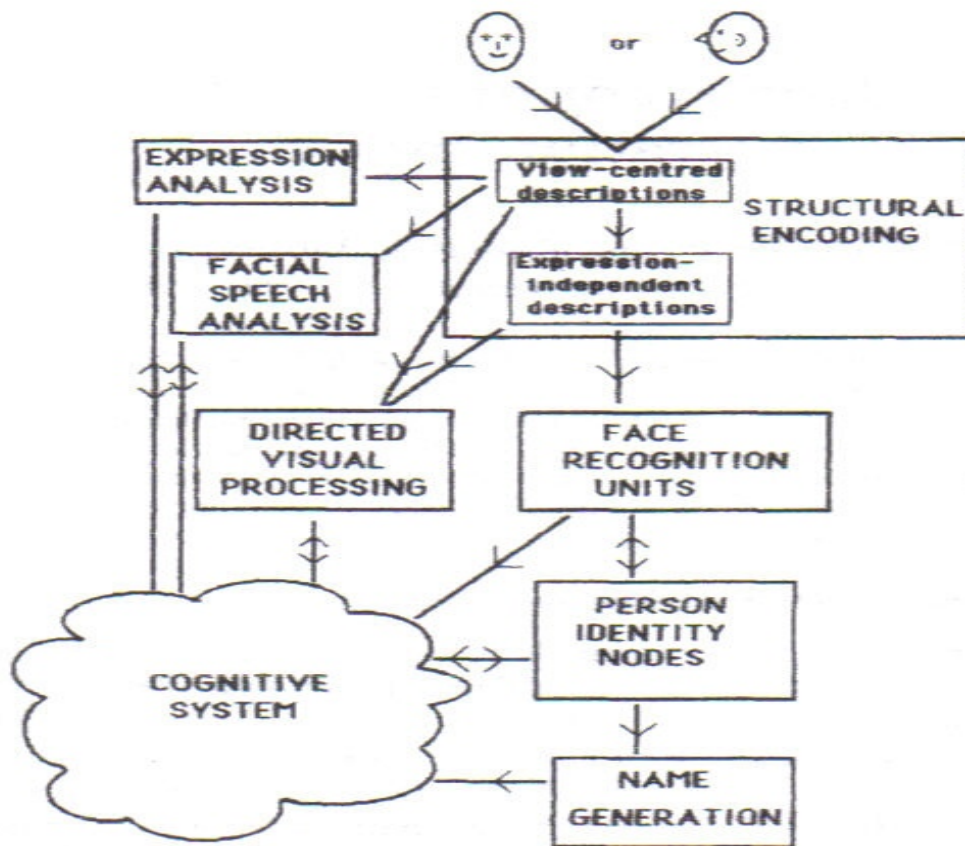


Abbildung 3-4: Funktionales Modell der Gesichtserkennung (Bruce & Young, 1986).

Das Modell stellt den Ablauf der Gesichtserkennung von bekannten Gesichtern als schrittweise Entschlüsselung dieser verschiedenen Codes dar. Je nach Stärke der Erkennung kommt es zu entsprechenden Signalen an das kognitive System, welches entscheidet, ob es ein bestimmtes oder nur ein ähnliches Gesicht ist. In der Theorie wird außerdem davon ausgegangen, dass die visuelle Wahrnehmung zu vielen Einheiten gelenkt werden kann und dadurch entsteht der strukturelle Entschlüsselungsprozess. Insgesamt gibt es in der Gesichtsidentifizierung in dem Modell von Bruce und Young drei sequentielle Schritte (Burton, Bruce & Johnston, 1990). Die „face recognitionen units“ (FRUs), welche die visuellen strukturellen Beschreibungen gespeichert haben, die „person identity node“ (PIN), welche Zugang zur semantischen Information über die Identität jeder bekannten Person erlaubt, und die Generierung des Namens, was für bekannte Personen wichtig ist.

Burton et al. (1990) beschreiben eine mögliche Erklärung und Erweiterung des Modells von Bruce und Young unter Verwendung des *IAC-Modell* (Interactive activation competition). Das interaktive Aktivationsmodell wurde anfänglich unter anderem von McClelland und Rumelhart (1981) entwickelt und erforscht, jedoch nicht im Zusammenhang mit Personen, sondern mit Buchstaben. Modelle dieser Art beschäftigen sich mit der kognitiven Verarbeitung und beinhalten eine Zahl von Units, welche in Pools organisiert sind. Die Units innerhalb eines Pools sind verschaltet mit gehemmten Verbindungen. Zwischen den Pools gibt es anregende Verbindungen, welche wiederum angegliederte Units zusammenfügen. Alle Verbindungen haben zwei Richtungen, obwohl die Stärke der Assoziationen nicht notwendigerweise in beiden Richtungen übereinstimmend sein muss.

Burton et al. (1990) verwenden in ihrer Untersuchung das IAC-Modell und erklären in ihrem Artikel den Kern, da es umso schwieriger wird die Aspekte der Theorie zu diskutieren, je mehr Dimensionen hinzugefügt werden. Aufbauend auf Bruce und Young (1986) verwenden sie drei zentrale Pools an Units. Einer beinhaltet FRUs, ein zweiter Pool die PINs und der dritte Topf besteht aus der semantischen Information. Die folgende schematische Darstellung zeigt das Grundgerüst der Theorie:

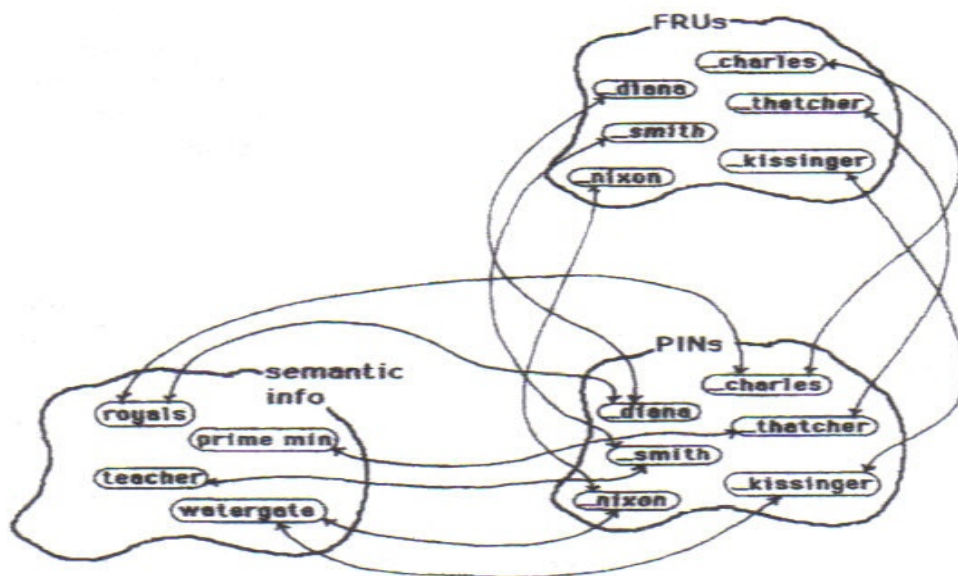


Abbildung 3-5: Der zentrale Aufbau des interaktiven Aktivationsmodell (Burton, Bruce & Johnston, 1990).

Im Gegensatz zu Bruce und Young machen Burton et al. (1990) explizit klar, dass die PINs Knotenpunkte sind, die den Zugang zu semantischer Information, welche wir in einem bestimmte Pool vorstellen, erlauben.

Abbildung 3-5 zeigt nur anregende Links, obwohl es aber auch hemmende Verbindungen innerhalb jedes Pools gibt. Die anregenden Verbindungen bestehen zwischen dem FRU und dem PIN einer Person. Weiters existieren anregende Links zwischen PINs und semantischer Information, die für die Person relevant ist. Die Autoren schlussfolgern, dass das System eine direkte Konsequenz seines globalen Aufbaus ist.

Burton und Bruce (1993) haben in weiterer Folge ein explizites IAC-Modell der Gesichtserkennung entwickelt. Sie postulieren in ihrer Arbeit *face recognition units* (FRUs). Für jedes bekannte Gesicht gibt es ein *FRU*, welche blickwinkelunabhängig sind. Für jede bekannte Person gibt es ein *PIN* (*personal identity nude*). Die *SIUs* (*semantic information units*) enthalten die Information über bekannte Personen, mehrere Menschen können sich ein SIU teilen, weil es Informationen gibt, die mehrere Personen betreffen. Die *WRUs* (*word recognition units*) sind jene Wörter, die Vor- und Nachnamen der Person, aber auch Menschen einer bestimmten Gruppe (z. B. Lehrer, Politiker, etc.) kodieren und direkt mit dem Pool der *NRUs* (*name recognition units*) verbunden sind. Die NRUs und die FRUs sind mit den PINs verknüpft. Am Ende des Modells befindet sich der *Lexical output*, dieser stellt eine Verbindung zwischen dem Prozess der Sprache und den anderen Sinnen her. Alle WRUs sind mit den units des Lexical outputs verschalten. WRUs hingegen, die nicht mit dem Namen übereinstimmen, stehen mit den SIUs in Verbindung.

In der folgenden Abbildung aus dem Artikel von Burton und Bruce findet sich eine Darstellung des Modells:

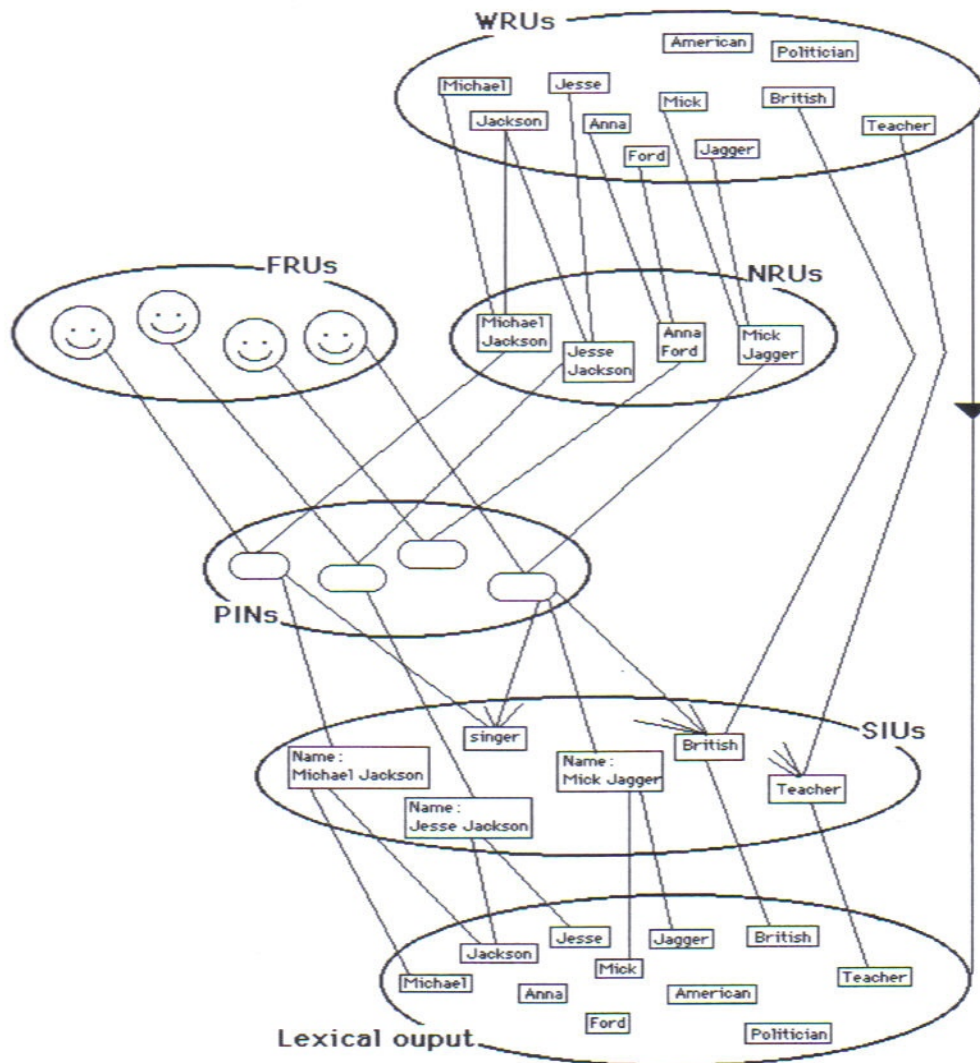


Abbildung 3-6: IAC Modell. Burton & Bruce (1993).

Burton, Bruce und Hancock (1999) beschreiben ebenso auf der Basis des IAC Modell der Personenerkennung eine Theorie zur Erkennung von bekannten Gesichtern. Die Wahrnehmung beschäftigt sich mit der Identifizierung von Gesichtern unter verschiedenen Bedingungen, während es in der Kognition um den Abruf von Informationen der Person geht. In ihrer Theorie werden die Wahrnehmungs- und die kognitive Komponente im Verarbeitungsprozess integriert. Dies erfolgt durch den Anhang eines Personenerkennungsmodells an eine anfängliche Verarbeitung. In weiteren Untersuchungen findet das IAC Modell in der Personenerkennung häufig Anwendung.

Das neuere Modell von Schwaninger, Lobmaier und Collishaw (2002) stellt ein weiteres integratives Modell dar. Der erste Schritt der Verarbeitung besteht aus der Abbildung von Gesichtern in den primär-visuellen Arealen. Diese entsprechen den pictoralen Aspekten des Gesichts. Anschließend werden lokale

einzelne Merkmale und deren Konfigurationen aus dem Gesicht gefiltert. Dadurch können sie in höheren Ebenen der visuellen Gebiete repräsentiert werden.

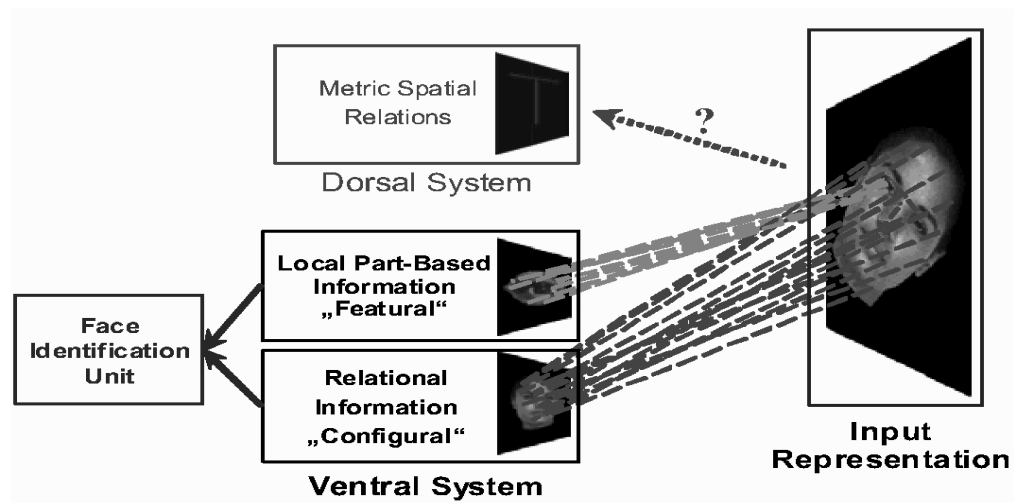


Abbildung 3-7: Das integrative Modell der Gesichtsverarbeitung (Schwaninger et al., 2002; Schwaninger, Carbon & Leder 2003)

Haxby, Hoffman und Gobbini (2000) postulieren ein neuronales Modell der Gesichtswahrnehmung. Sie gehen davon aus, dass es ein geteiltes neuronales System für die Gesichtsverarbeitung gibt, was bedeutet, dass unterschiedliche Gehirnregionen beteiligt sind. Dieses Modell teilt einige Elemente mit dem hierarchischen Modell von Bruce und Young (1986). Haxby et al. betonen, dass die Wahrnehmung des Gesichtsausdrucks, der Blickrichtung und der Bewegungen im Gesicht durch Sprechen einer gemeinsamen Repräsentation von veränderbaren Aspekten des Gesichts unterliegt. Diese ist unabhängig von der Repräsentation, die der Identitätserkennung zugrunde liegt. Das Modell ist verzweigt aufgebaut. Es betont die Unterscheidung zwischen Repräsentationen von unveränderbaren Merkmalen des Gesichts, welche der Identitätserkennung unterliegen, sowie der Repräsentation von veränderbaren Gesichtsaspekten, welche für die Wahrnehmung von Informationen über die Person, die soziale Kommunikation ermöglichen, grundlegend ist.

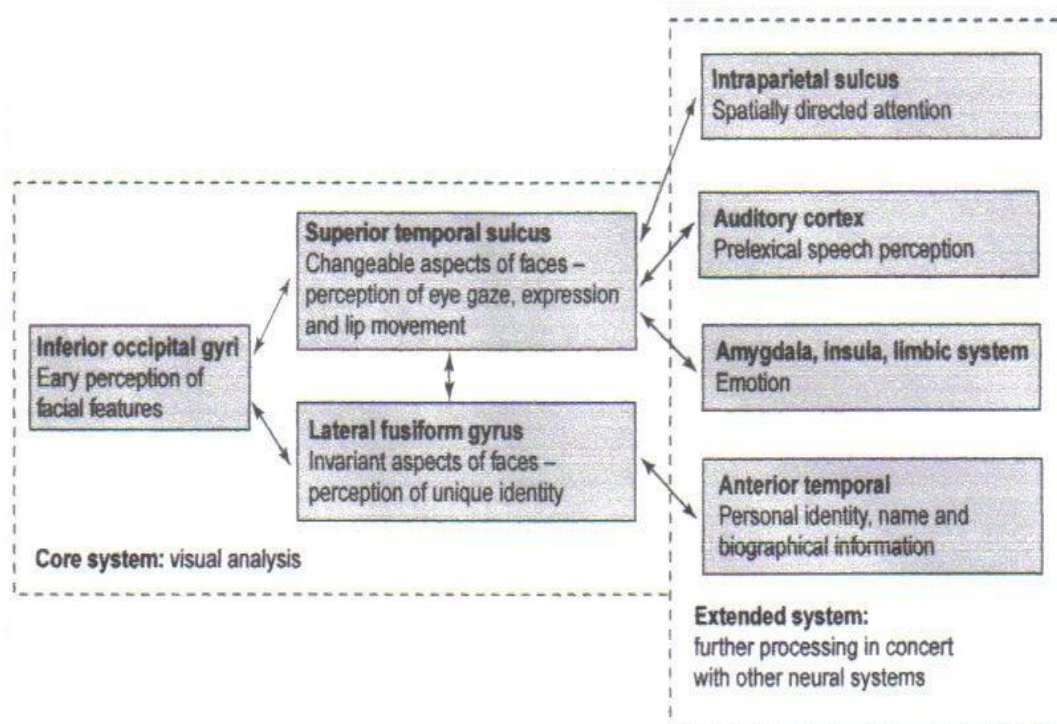


Abbildung 3-8: Neuronales Modell der Gesichtswahrnehmung (Haxby et al., 2000).

In weiterer Folge entwickeln Gobbini und Haxby (2007) ein neuronales System für die Erkennung von bekannten Gesichtern. Sie unterteilen genau wie Haxby et al. (2000) zwischen einem Kern- und einem erweiterten System. Das Kernsystem enkodiert dabei scheinbar das visuelle Erscheinen des bekannten Gesichts, während das erweiterte System Informationen über die Person und ihre emotionalen Reaktionen bietet. In dieser Version des funktionalen Modells stehen die verschiedenen Aspekte über Wissen einer Person und das emotionale Agieren dieser im Vordergrund. Diese beiden wesentlichen Faktoren stehen in wechselseitiger Beziehung zueinander. Die Gesamtheit der zugrunde liegenden Faktoren in dieser Theorie, nämlich die visuelle Erscheinung einer Person, die Informationen zu diesem Menschen und dessen Emotionen, führt folglich zur Erkennung einer bekannten Person.

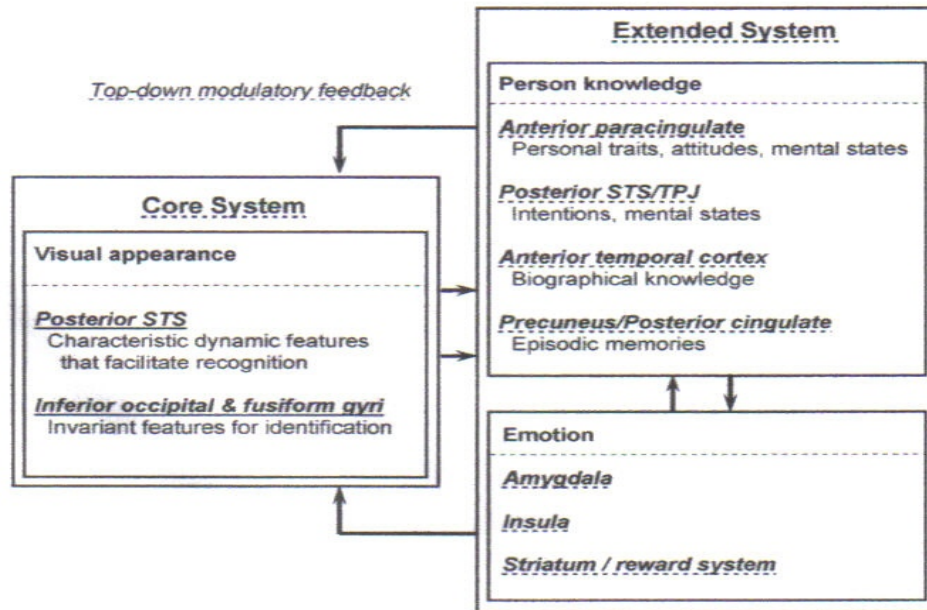


Abbildung 3-9: Neuronales System für die Erkennung von bekannten Gesichtern (Gobbini & Haxby, 2007).

Rakover und Teucher (1997) verfolgen einen anderen Ansatz als die bisherigen Modelle. Sie sprechen in ihrer Theorie von Schemata, welche hierarchisch aufgebaut sind. Dabei werden viele komplexe Reize in der Umwelt mittels Schemata im kognitiven System verarbeitet. Um ein Gesicht zu erkennen, wird ein Schema des gesamten Gesichts benötigt, dieses wiederum enthält Schemata von einzelnen Merkmalen. Die wichtigste Komponente dieser Schemata ist die räumliche Anordnung der Features: Der Mund liegt ganz unten, darüber befindet sich die Nase, oben sind die Augen angesiedelt. Oder: Der Mund besteht immer aus einer Unter- und Oberlippe, unterhalb befindet sich das Kinn.

3.2.2 Weitere Aspekte der Gesichtsverarbeitung

Die Unterscheidung von featuralen und konfiguralen Informationen in Gesichtern wurde erst durch die Invertierung von Gesichtern, wie es beispielsweise Carbon und Leder (2005a) vorgenommen hatten, gezeigt. Die Erkennung von verdrehten Gesichtern ist an sich schwieriger als von aufrechten Gesichtern, aber die Erkennung einer Missstellung von Merkmalen in sogenannten „thatcherized faces“ (Thompson, 1980), wenn diese um 180 Grad invertiert sind, ist sicherlich

nicht weniger schwierig. In einem „thatcherisierten“ Gesicht werden Augen und Mund auf den Kopf gestellt. Wird so ein Gesicht dann ebenfalls umgedreht, dann erscheint das Gesicht „normal“ – es scheint keine Veränderungen der Merkmale aufzuweisen. Der sogenannte „thatcher-effect“ führte zu den unzähligen Studien bezüglich der verschiedenen Verarbeitungsmechanismen.

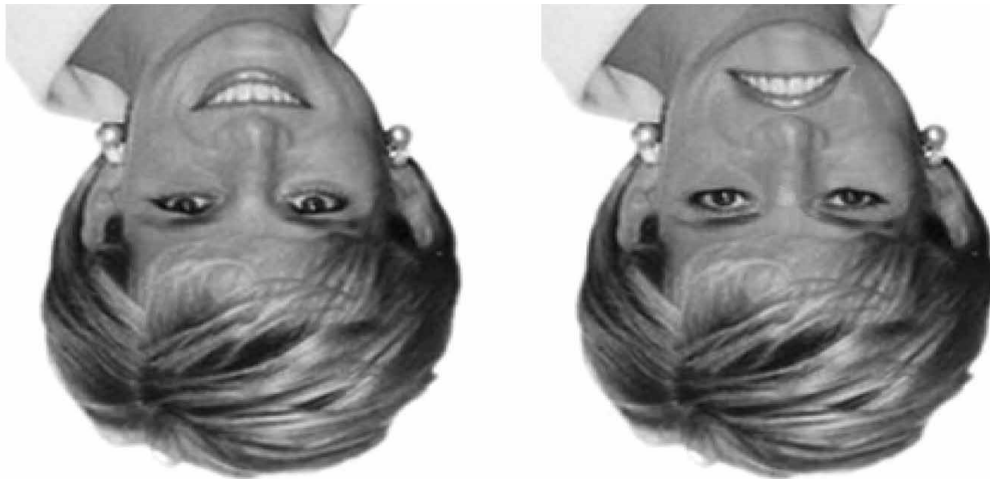


Abbildung 3-10: Links: Originalgesicht; rechts: thatcherisiertes Gesicht – beide um 180 Grad invertiert (Carbon & Leder, 2005a, S. 1121).

Die drei vorrangigen Verarbeitungsstile, die in der Gesichtserkennung Anwendung finden, sind die analytische, konfigurale und holistische Verarbeitung. Unter der analytischen Verarbeitung versteht man die Wahrnehmung und Speicherung von Gesichtern nur aufgrund des Aussehens der Einzelkomponenten eines Gesichts, also der primären Merkmale. Der analytische Prozess wird in der englischsprachigen Literatur „analytical, featural, componential oder piecemeal processing“ bezeichnet, Name, Mund, etc. werden einzeln betrachtet, ohne, dass dabei der Gesamtkontext des Gesichts interessiert. Die englischen Termini benennen ein- und denselben Prozess.

In der konfiguralen Verarbeitung stehen die „*second order relationships*“ im Vordergrund. Es geht also um die Erfassung der Beziehungen der Einzelkomponenten zueinander. Bei diesem Ansatz ist klar ersichtlich, dass eine Verarbeitung der Konfiguration ohne Betrachtung der Merkmale nicht möglich ist. Daher haben Maurer, Le Grand und Mondloch (2002; zitiert nach Freitag, 2007) drei Prozessstufen in der konfiguralen Verarbeitung beschrieben: Die primären Eigenschaften werden zur Einstufung des Gesichts als ein Gesicht verwendet. In der zweiten, holistischen Stufe werden alle Merkmale zu einer Gestalt integriert und im letzten Schritt erfolgt die Verarbeitung der sekundären Eigenschaften. Aus dieser „Definition“ ist bereits deutlich ersichtlich, dass eine strikte Trennung

in einzelne Prozesse der Gesichtserkennung schwierig ist, trotzdem wird sie häufig gemacht, um den Ablauf der menschlichen Gesichtsverarbeitung besser verstehen zu können. Außerdem wurden in der Literatur häufig Evidenzen gefunden, dass bei der Verarbeitung von konfiguraler und featuraler Information unterschiedliche Gehirnareale aktiviert sind, was für eine Trennung dieser Prozesse spricht.

Innerhalb des holistischen Verarbeitungsstils, wie er von Tanaka und Farah (1993; zitiert nach Tanaka & Sengco, 1997) bezeichnet wurde, werden Informationen über Gesichtskomponenten und deren Konfigurationen in der Gesichtsrepräsentation kombiniert. Das gesamte Gesicht geht in die Verarbeitung ein, jedes Gesichtsmerkmal in Abhängigkeit der umgebenden Features wird verarbeitet und erinnert, ohne dass dabei explizit einzelne Teile repräsentiert werden. Früher wurde dieser Prozess als eine Unterform der konfiguralen Verarbeitung angesehen. Neuere Untersuchungen sehen ihn als einen eigenständigen Stil (z. B. Carbon & Leder, 2006; Leder & Carbon, 2004). Der Unterschied zur konfiguralen Verarbeitung besteht nun in einem automatischen Prozess der Gesamterfassung des Gesichts, ähnlich den Gestaltprinzipien. Diese Beschreibung der holistischen Analyse führt den Leser zu dem Schluss, dass einzelne Merkmale völlig außer Acht gelassen werden. Ältere Studien sprechen immer wieder von einer rein holistischen Verarbeitung und Repräsentation von Gesichtern (Farah, Wilson, Drain & Tanaka, 1998; Tanaka, & Sengco, 1997). Murray (2002; zitiert nach Rauhofer, 2005) vertritt ebenfalls die Ansicht einer mehr holistischen Gesichtsverarbeitung. Ihre Ergebnisse zeigen eine wechselseitige Abhängigkeit von featuraler und konfiguraler Information in aufrechten und invertierten Gesichtern. Jedoch zeigen Carbon und Leder (2005a) andere Hinweise. Ihre Ergebnisse decken eine Verarbeitung der lokalen Gesichtsmerkmale vorausgehend der holistischen Verarbeitung auf. Es bestehen unterschiedliche Modalitäten der Gesichtsverarbeitung und die Autoren betonen deren Wichtigkeit in Abhängigkeit von der lokalen Ausrichtung des Gesichts. Ebenso zeigen Schwaninger et al. (2002), dass sowohl bei bekannten als auch bei unbekannten Gesichtern konfigurale und lokale Merkmale verarbeitet werden. Die Autoren sprechen eher von einer analytischen Verarbeitung. Rakover (2002) geht zwar von einer holistischen Speicherung des Gesichts aus, jedoch werden in der Gesichtsverarbeitung alle Arten an Informationen verwendet. Leder und Carbon (2004) schlussfolgern aufgrund ihrer Ergebnisse konfigurale und holistische Verarbeitung als zwei verschiedene Aspekte der Gesichtswahrnehmung, sowie den Einbezug von

einerseits spezifischen Merkmalen und andererseits Konfigurationen als einen Teil der holistischen Repräsentation. Wenngleich häufig Ergebnisse für eine Überlegenheit der holistischen Verarbeitung (*whole-to-part effect*) gegenüber anderer Prozesse sprechen, kann diese nicht verallgemeinert werden. Auch Leder und Carbon (2005) zeigen, dass es schwierig ist, irrelevante Merkmale einfach zu ignorieren. Die Versuchspersonen erbrachten bessere Leistungen bei ganzen Gesichtern, wenn sie vorher ganze Gesichter gelernt hatten und bessere Ergebnisse bei der Erkennung von Teilen des Gesichts, wenn sie vorher Teile des Gesichts lernten. Nach den Autoren ist das Ganze nur dann überlegen, wenn es einer Repräsentation im Gehirn entspricht. Das ganze Gesicht kann die Erkennung von Einzelteilen stören; die Teilung des Gesichts in seine Einzelteile erweist sich als schwierig, wenn zuvor das gesamte Gesicht gelernt wurde. Obwohl Gesichtserkennung an sich in Sekundenschnelle erfolgt, wird die visuelle Repräsentation des Gesichts nicht in einem Schritt – wie im holistischen Stil vermutet – erreicht, sondern wird stückweise aufgebaut. Generell gesehen gibt es also nicht einen Prozess, der bei der Gesichtserkennung entscheidend ist, sondern abhängig von unterschiedlichen Aspekten, werden auch verschiedene Strategien in der Erkennung angewendet.

Neben der Wahrnehmung von Gesichtern spielen in der Gesichtsverarbeitung auch die Speicherung bzw. die Repräsentationen von Gesichtern im kognitiven System eine wesentliche Rolle, da der Prozess einerseits aus der Wahrnehmungskomponente und andererseits aus einer kognitiven Komponente besteht. In älteren Untersuchungen wurde davon gesprochen, dass unsere Repräsentationen von Gesichtern sehr stabil sind. Jedoch stellt sich die Frage, warum es dann möglich ist, Personen auch nach 50 Jahren, in denen man sie nicht gesehen hat und sie sich stark verändert haben, wieder zu erkennen? Wären unsere Repräsentationen stabil, würde dies bedeuten, dass wir nur eine einzige Repräsentation eines Gesichts besitzen, welche schwer veränderbar ist und daher die Erkennung beeinträchtigen würde. Neuere Untersuchungen zeigen, dass Repräsentationen ganz und gar nicht stabil sind, eher sehr flexibel (Carbon & Leder, 2005b; Carbon, Strobach, Langton, Harsányi, Leder & Kovács, 2007) und erst dadurch die Wiedererkennung von Gesichtern auch unter ständigen Veränderungen möglich ist. Die Ergebnisse dieser Studien dokumentieren eine permanente Adaptierung von neuer Information durch das Gehirn und Integration mit bereits gespeicherten Repräsentationen auf sehr schnellem Weg. Für die Wiedererkennung von Gesichtern muss nach den Autoren auf der einen Seite die Repräsentation so stabil sein, um eine

Identifizierung möglich zu machen und auf der anderen Seite ist eine ausreichende Flexibilität des visuellen Systems notwendig, um neue Informationen zu integrieren. Das Modell von Haxby et al. (2000) spricht für diesen Adaptionsprozess, weil sie von einer Unterscheidung zwischen Repräsentationen der stabilen Gesichtsmerkmale und Repräsentationen der veränderbaren Merkmale ausgehen. Für diesen flexiblen Adaptionsmechanismus scheint außerdem sehr distinkte Information jedenfalls sehr wichtig zu sein (Carbon et al., 2007). Distinktheit (vom englischen Wort „distinctiveness“ - Ausgeprägtheit) bezeichnet den Grad der Abweichung zwischen einem Gesicht und dem Populationsdurchschnitt. Aus der Literatur geht hervor, dass sehr ausgeprägte Gesichter b

esser erkannt werden können (vgl. Bruce et al., 1994; Hancock, Bruce, Burton, 2000).

Genau wie in der Wahrnehmungskomponente gibt es nicht den bestimmten Prozess oder Ablauf in der Gesichtserkennung, sondern es stehen eher mehrere Verarbeitungsstrategien nebeneinander, laufen gleichzeitig oder hintereinander ab, abhängig vom Auftreten unterschiedlicher Bedingungen. Außerdem sind Gesichtsverarbeitung und Speicherung von Gesichtern unabhängig zu betrachten.

3.3 Erkennung von Buchstaben

Die Theorien zur Objekterkennung und zur Erkennung von Gesichtern sind sehr komplex. In der Literatur wird davon ausgegangen, dass sich die Erkennung von Buchstaben einfacheren Methoden der Identifizierung bedient, nämlich dem Schablonenabgleich und/oder der Merkmalsanalyse (vgl. Anderson, 2007):

Die Theorie des *Schablonenabgleichs* (oder auch template matching) geht von einem Abgleich des Netzhautbildes mit gespeicherten Mustern (Schablonen) im Gehirn aus. Nach dieser Annahme sollte das Wahrnehmungssystem das Bild eines Buchstaben mit allen Schablonen von Buchstaben vergleichen und die Schablone, die die meiste Übereinstimmung aufweist, anzeigen. Diese Theorie bringt allerdings einige Probleme mit sich. Es kann beispielsweise Buchstaben mit vielen Verzerrungen geben, oder welche, die größer als die vorhandene Schablone sind, sodass es zu keiner oder sehr geringer Übereinstimmung kommen kann und wir den Buchstaben mit dieser Vorgehensweise nicht mehr

erkennen können. Jedoch ist die Mustererkennung des Menschen sehr viel flexibler, als im Schablonenabgleich angenommen. Wir können unterschiedlich große, verdrehte, verwischte, unscharfe Schriftzeichen und sogar Wörter, die invertiert sind, erkennen (Anderson, 2007).

Aufgrund der Schwierigkeiten, die die Theorie des Schablonenabgleichs mit sich bringt, wurde die Theorie der Merkmalsanalyse (feature analysis) vorgeschlagen. Sie beschreibt die Mustererkennung durch die Kombination mehrerer grundlegender Merkmale. Buchstaben bestehen zum Beispiel aus verschiedenen vertikalen und horizontalen Linien. Beispiel: Ein „L“ kann man aus einem horizontalen Strich und einem längeren vertikalen Strich kombinieren. Zuerst werden die Eigenschaften eines Musters erkannt und anschließend die Kombinationen der Muster. Die Merkmale kommen für gewöhnlich in vielen verschiedenen Mustern zum Vorschein, was einen erheblichen Vorteil gegenüber dem Schablonenabgleich darstellt, weil dadurch viele Muster erkannt werden können und nicht nur solche, die in Übereinstimmung mit einer Schablone sind. Die Merkmalsextraktion und –kombination verlaufen unbewusst, bewusst sind uns nur die Muster (Anderson, 2007).

Ein hier wesentliches Modell, das schon in dem Absatz über die Gesichtserkennung kurz dargestellt wurde, ist das IAC-Modell. McClelland und Rumelhart (1981) beschreiben erstmals dieses Modell, das für die Buchstabenerkennung und vor allem die Worterkennung bedeutend ist. Es handelt sich dabei um ein konnektionistisches Modell. Es geht dabei um Mechanismen der Aktivierungsausbreitung innerhalb von Netzwerken. Demzufolge werden einzelne Merkmale (horizontale und vertikale Balken) zu Buchstaben und diese wiederum zu Wörtern kombiniert. Genau in dieser Richtung erfolgt die Aktivierung, sie kann aber auch von den Wörtern zu den Buchstaben gehen.

3.4 Vergleich von Objekten, Gesichtern und Buchstaben/Wörter

Die theoretisch zugrunde liegenden Annahmen über die Erkennung von Objekten, Gesichtern und Buchstaben/Wörtern differieren in der Weise, dass die Komplexität der Theorien unterschiedlich, wie auch die Komplexität der Stimuli verschieden ist. Farah, Wilson, Drain und Tanaka (1998) sprechen davon, dass Gesichter vorwiegend holistisch, Wörter vorwiegend featural und Objekte (Häuser) dazwischenliegend repräsentiert sind. Aktuelle Untersuchungen zeigen

– wie schon beschrieben – dass die Gesichtsverarbeitung nicht unbedingt rein holistisch stattfindet, daher kann geschlussfolgert werden, dass die Erkennung verschiedener Stimuli auch Gemeinsamkeiten aufweisen kann. Betrachtet man die Theorie der Merkmalsanalyse, so werden in der Buchstabenerkennung, vereinfacht gesagt, ebenso wie in der Gesichtsverarbeitung, sowohl analytische (Erfassung der Merkmale) als auch holistische Information (Erfassung derer Kombinationen) benützt. Die Beziehungen zwischen Eigenschaften in Gesichtern weisen aber mehr Komplexität auf als die Relationen bei Buchstaben und scheinbar auch bei Objekten. Generell kann also nicht von bestimmten Verarbeitungsmodi für jeweils eine Stimulusklasse gesprochen werden; vielmehr scheinen sich Menschen unterschiedlicher Verarbeitungsprozesse in verschiedenen Kombinationen zu bedienen. Dabei spielen neben der Komplexität des Stimulus noch zahlreiche andere Faktoren eine wesentlich Rolle, unter anderem auch die semantische Bedeutung eines Gegenstandes. In der Gesichtsverarbeitung weiß man, dass die semantische Bedeutung und der visuelle Input parallel verarbeitet werden. Bruce (1981) zeigte, dass dies auch für die Erkennung von Objekten und Wörtern gilt. Der Unterschied zwischen den Stimuli besteht allerdings darin, dass die semantische Bedeutung von Objekten, ohne deren Namen zu wissen, erkannt werden kann, während Wörter zuerst benannt und danach erst semantisch kategorisiert werden. Gesichter verhalten sich dabei ähnlich zu den Objekten.

Es bleibt die Frage offen, welche Prozesse unter welchen Umständen, in welcher Kombination bei welchen Stimuli verwendet werden. Zukünftige Forschungsarbeiten sind notwendig, wobei es sicherlich sehr schwierig ist, die tatsächlichen Erkennungsprozesse zu erforschen.

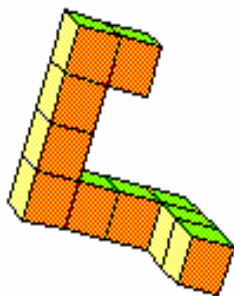
4 Begriffsbestimmungen

Um zu verstehen, wovon die vorliegende Diplomarbeit handelt, wird im Folgenden der Fachterminus „mentale Rotation“ sowie „Expertise“ genauer erläutert. Aus dem Alltagsverständnis heraus beschreibt der Begriff „mentale Rotation“ das Drehen eines Gegenstandes in der Vorstellung – im Denken. Unter „Expertise“ würden Laien das Fachwissen über einen bestimmten Bereich definieren. Diese Alltagsbeschreibungen sind allerdings für die vorliegende Arbeit zu wenig wissenschaftlich und umfangreich.

4.1 Mentale Rotation

Das Paradigma der mentalen Rotation wurde erstmals 1971 von Shepard und Metzler (Shepard & Metzler, 1971) postuliert. Shepard und Metzler untersuchten die Reaktionszeiten für das Erkennen von unbekannten Objekten – ähnlich den Figuren aus dem Computerspiel Tetris – die durch mehrere vertikale Rotationsgrade vom Vergleichsobjekt verschieden waren.

Standardobjekt: normal



Vergleichsobjekt: Rotation um 90 Grad

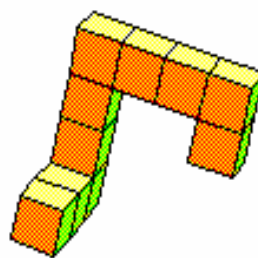


Abbildung 4-1: Nachbildung der Formen aus der Studie von Shepard und Metzler (1971)

Das Hauptergebnis dieser Forschungsarbeit war, dass sich die Reaktion mit steigender Winkelabweichung linear verlangsamt. Das bedeutet: Je weiter das Vergleichsobjekt vom aufrechten Objekt (Target) abweicht, desto länger brauchen die Versuchspersonen in dieser Studie, um die Figur zu erkennen. Shepard und Metzler gehen aufgrund dieser Ergebnisse davon aus, dass die Versuchspersonen quasi eine physikalische Rotation einer Figur in Gedanken simulieren. In der weiteren Literatur wird die mentale Rotation oft als ein Verarbeitungsmodus des Gehirns bezeichnet, bei dem bildhafte Vorstellungen entstehen (Kosslyn & Pomerantz, 1990; zitiert nach Bajric, 1999). Es zeigt sich deutlich, dass in der Literatur der Terminus „mentale Rotation“ für zwei Aspekte verwendet wird: Einerseits wird er als Paradigma (Versuchsanordnung) benutzt, andererseits dient er als Beschreibung eines kognitiven Prozesses, genauer gesagt, „...das gedankliche Drehen eines Objekts bis zur finalen räumlichen Ausrichtung (mentales Rotieren)“ (Bajric, 1999, S. 11).

4.1.1 Kriterien der mentalen Rotation

Wodurch lässt sich nun der Prozess der mentalen Rotation kennzeichnen? Welche Parameter beschreiben eine mentale Rotation? Dafür definieren Cohen und Kubovy (1993) in ihrer Arbeit zwei Kriterien, die erfüllt sein müssen, um von einer mentalen Rotation sprechen zu können:

a) Das Kriterium der positiven Steigung

Je größer die Winkelabweichung der beiden Vergleichsobjekte ist, desto länger benötigt man für die Erkennung. Die Reaktionszeit ist folglich eine monoton steigende Funktion der Winkeldisparität.

b) Das Kriterium der maximalen Rotationsgeschwindigkeit

Eine maximale Rotationsgeschwindigkeit nicht überstiegen werden. Nach Shepard und Cooper (1982) kann nicht von einer mentalen Rotation gesprochen werden, wenn eine maximale Geschwindigkeit überschritten wird.

Ein weiteres Kriterium, welches besonders auf diesen Prozess zutrifft, wird von Cooper bereits 1975 berichtet:

c) Das Kriterium der Händigkeitsentscheidung (Paritätsentscheidung)

Aufgabe der Versuchspersonen ist es, eine Händigkeits- oder Paritätsentscheidung zu treffen. Das geistige Drehen eines Objekts tritt nur dann auf, wenn sich die zu vergleichenden Objekte in deren Rotationsgraden voneinander unterscheiden und wenn die Versuchspersonen entscheiden sollen, ob das Vergleichsobjekt zum Target gespiegelt ist oder nicht.

Dieses dritte und wesentliche Kriterium deutet schon an, welche Aufgaben die Versuchspersonen bei der Untersuchung von mentaler Rotation zu lösen haben. Auf diese wird im Weiteren näher eingegangen.

4.1.2 Operationalisierung und Aufgabentypen der mentalen Rotation

Die mentale Rotation wird typischerweise durch „mirror-normal discrimination tasks“ untersucht (Cooper & Shepard, 1973b nach Cooper, 1975). Dabei werden in jedem Versuchsdesign ein Target und ein Vergleichsobjekt vorgegeben, welches gespiegelt oder ungespiegelt präsentiert wird, um diese Paritätsentscheidung über Gleichheit oder Ungleichheit zu evozieren.

Die Operationalisierung der mentalen Rotation erfolgt in der Literatur meist anhand der Reaktionszeit, also der Zeit, die vom Erscheinen der Vergleichsobjekte bis zur Antwort durch die Versuchsperson gebraucht wird, und der Fehlerrate, also der Anzahl der falschen und/oder der richtigen Antworten der teilnehmenden Personen. Obwohl die Erfassung der Reaktionszeiten und Fehlerraten über alle Studien meist gleich ist, so sind der Aufbau und Ablauf der Aufgaben doch unterschiedlich. Insgesamt gibt es drei verschiedene Aufgabentypen, zur Messung der mentalen Rotation, die von Cohen und Kubovy (1993) beschrieben werden:

a) Das Paradigma der simultanen Präsentation

Die beiden Vergleichsobjekte werden gleichzeitig präsentiert, dabei ist ein Objekt in seiner Ausrichtung gedreht und/oder gespiegelt. Die Versuchspersonen haben die Aufgabe bei Erkennen des Vergleichsobjekts die Antwort durch Drücken etc. zu geben.

Die Reaktionszeit ist die Summe von vier Prozessen: (1) Identifikation des Stimulus, (2) Suche nach übereinstimmenden Segmenten, um die Ausrichtung der Form zu erfassen, (3) mentales Rotieren, (4) Vergleich der beiden Objekte und geben der Antwort.

b) Das Paradigma der sukzessiven Präsentation

Dabei werden die beiden Vergleichsobjekte nacheinander auf demselben Platz abgebildet. Von den Versuchspersonen wird gefordert, das Target (Objekt in der aufrechten Position) zu studieren, anschließend durch das Vergleichsobjekt zu ersetzen und dann so schnell wie möglich die Antwort zu geben. Dadurch entstehen zwei Reaktionszeiten: die Zeit, die zum Lernen benötigt wird und die Zeit, bis zum Geben der Antwort.

c) Das Pfeilparadigma

Dabei gibt es drei Phasen: Standard, Pfeil und Probe. Die Personen sehen zuerst das Target. Anschließend erscheint ein Pfeil, der die Richtung in die das Vergleichsobjekt rotiert wurde, anzeigt. Die Versuchspersonen müssen nun das Target in der Orientierung des Vergleichsobjekts vorstellen (mentales Rotieren). Wenn sie dies getan haben, ersetzt das gedrehte Objekt das Target am Bildschirm. Allerdings können hier die Teilnehmer nicht mit korrekter oder falscher Antwort reagieren, daher müssen drei Bedingungen gegeben sein, die die Daten absichern, damit die mentale Rotation nicht weitergeführt wird: (1) die gleich/verschieden -Antwort muss exakt sein, (2) die Antwort muss schnell sein – kleiner/gleich 700ms (Bethell-Fox & Shepard, 1988) - , (3) die Antwort muss unabhängig vom Winkel sein.

In der folgenden Abbildung finden sich die drei Aufgabentypen schematisch dargestellt:

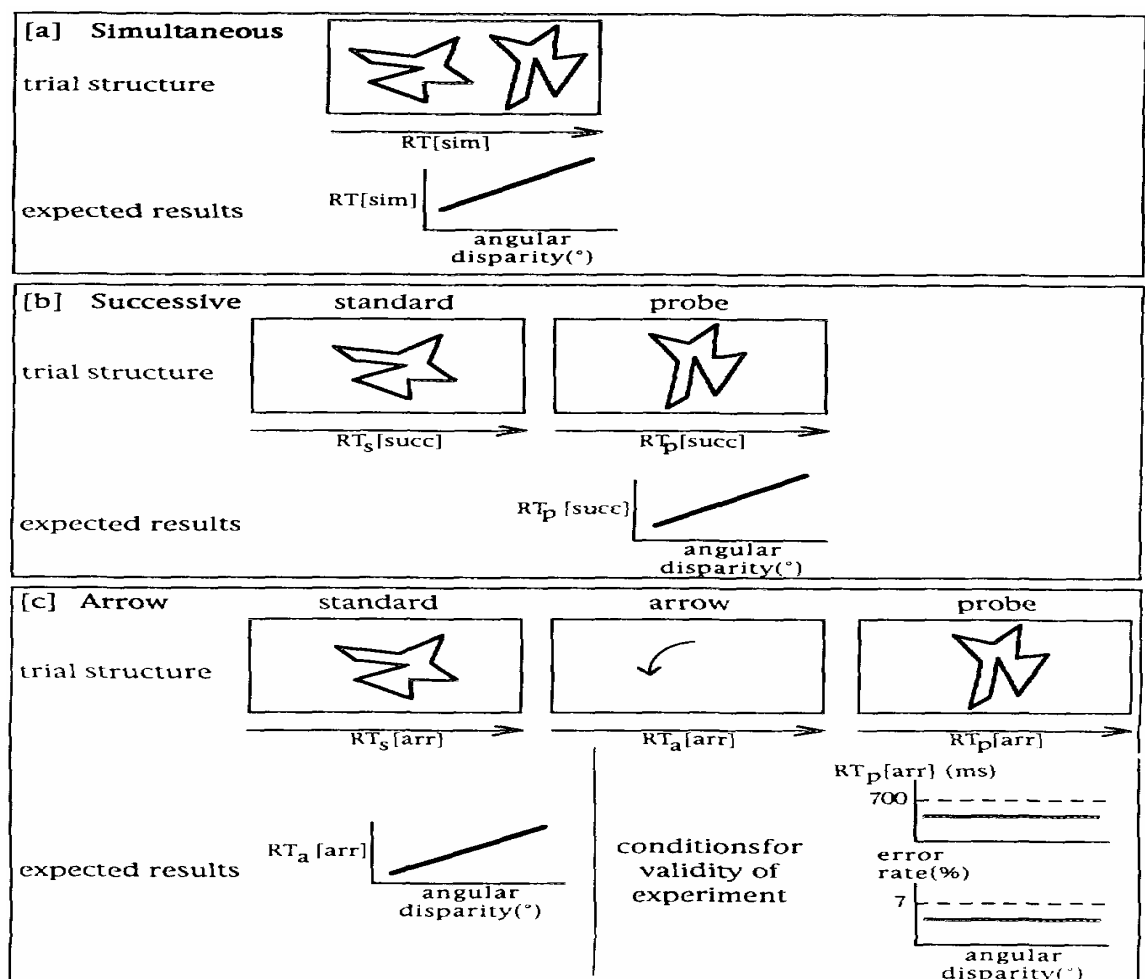


Abbildung 4-2: die Aufgabentypen zur Erfassung der mentalen Rotation nach Cohen und Kubovy (1993)

Diese unterschiedlichen Versuchsdesigns sind nicht standardisiert, zumal ja auch jede Untersuchung andere Stimuli verwendet. Es gibt allerdings auch ein standardisiertes Verfahren zur Erfassung der Fähigkeit zum mentalen Rotieren, das aber nicht die Reaktionszeit - wie in den klassischen mentalen Rotationsaufgaben - erfasst. Der Mental Rotation Test (MRT), der von Vandenberg und Kuse (1978) entwickelt wurde und später von anderen Autoren (Peters, Laeng, Lathan, Jackson, Zaiouna & Richardson, 1995) revidiert wurde, erfordert das gedankliche Drehen von dreidimensionalen Objekten zur Lösung der Aufgaben. Dabei wird bei jeder der 24 Testitems eine aus mehreren Würfeln zusammengesetzte Ausgangsfigur, vergleichbar mit den Formen von Shepard und Metzler, vorgegeben. Daneben stehen jeweils vier weitere Würfelfiguren, von denen genau zwei als Drehungen der Ausgangsfigur zu identifizieren sind. Nur wenn beide Figuren erkannt werden, wird die Antwort als richtig gewertet. Somit sind maximal 24 Rohpunkte zu erreichen. Deutlich ersichtlich ist der Unterschied zu den klassischen Rotationsaufgaben. Es wird hier die Fähigkeit zum mentalen Rotieren an sich standardisiert erfasst, dies sagt aber nichts über die Erkennungszeit bei unterschiedlichen Objektklassen aus und daher auch nicht, ob verschiedene Objekte in der Erkennungszeit differieren.

In der Literatur zur räumlichen Vorstellungsfähigkeit unterscheidet man mehrere Bereiche der Raumvorstellung. Ein Teilbereich dabei ist die räumliche Visualisierung und ein zweiter Bereich stellt die mentale Rotation dar (McGee, 1979; Linn & Petersen, 1985, zitiert nach Hirsch, Lehmann, Corth, Röhrle, Schmidt und Schipper, 2003). Beschäftigt sich die Forschung also mit der Untersuchung von räumlichem Vorstellungsvermögen, so ist der MRT sicherlich sehr gut geeignet, um Ergebnisse für die grundlegende Fähigkeit der mentalen Rotation zu erlangen. Für die vorliegende Arbeit ist die schon beschriebene Erfassung mittels Messung der Reaktionszeit von Bedeutung, doch im Zuge der Hintergrundliteratur sollte einmal auf verschiedene Möglichkeiten der Erfassung der mentalen Rotation eingegangen werden.

4.1.3 Prozessschritte der mentalen Rotation

In der Literatur zeigt sich, dass die mentale Rotation mehrere Prozessschritte beinhaltet, dabei unterscheiden verschiedene Autoren die gleichen Stufen.

Carpenter und Just (1978, zitiert nach Amorim, Isableu & Jarraya, 2006) beschreiben folgende vier Schritte:

- a)** die wahrnehmungsmäßige Speicherung der beiden Objekte – das Target und das Vergleichsobjekt
- b)** mentale Rotation des Vergleichsobjekts in die Position des Targets zum Vergleich der beiden Objekte
- c)** der tatsächliche Abgleich der vorliegenden Objekte
- d)** Entscheidung über die Gleichheit des Target und des Vergleichsobjekts.

Heil (2002) fügt in seiner Arbeit auch die Stufe der motorischen Prozesse hinzu:

- a)** Identifikation des Stimulus
- b)** Mentale Rotation
- c)** Gleichheitsbeurteilung
- d)** Antwortauswahl
- e)** Motorische Prozesse

In dieser Einteilung geht aber nicht hervor, inwieweit diese motorischen Prozesse eine Rolle spielen, es liegt die Vermutung nahe, dass diese Bewegungsprozesse hauptsächlich während der Stufe der mentalen Rotation stattfinden.

In der Arbeit von Cohen und Kubovy (1993) über die Aufgabentypen der mentalen Rotation scheinen die Schritte ebenfalls auf.

Die Reaktionszeiten, die aus diesen „mirror-normal discrimination tasks“ resultieren, setzen sich aus diesen vier bzw. fünf Prozessstufen zusammen. Dies verdeutlicht wiederum, dass rein der Prozess der mentalen Rotation selbst nicht erfasst werden kann, da es unmöglich scheint, ihn von den anderen Stufen zu lösen. Daher wird der Terminus der mentalen Rotation im Folgenden immer unter Einbezug aller Prozessstufen verwendet.

4.2 Expertise

Menschen sind in der Lage in vielen Dingen Expertise zu entwickeln, obwohl dies eigentlich für viele Gegenstände aus der Evolution und Geschichte heraus gar nicht vorgesehen war (Anderson, 2007).

Der Begriff „Experte“ bedeutet im Alltagsgebrauch für die meisten Menschen auf einem Gebiet Fachwissen zu haben. Umgangssprachlich ist der Terminus „Experte“ klar. Wissenschaftlich gesehen ist allerdings meist unklar, wodurch nun der Experte und/oder sein Expertenwissen gekennzeichnet sind. Definitionen von Autoren über Experten erfolgen explizit nur selten, und sie müssen daher meist aus den Operationalisierungen der Untersuchungen erst erschlossen werden (Gruber, 1994). Eine Definition gab zum Beispiel Posner (1988; zitiert nach Gruber, 1994). Er meinte, ein Experte ist eine Person, die auf einem Gebiet langfristig und stabil herausragende Leistungen erbringt. Camerer und Johnson (1991, S. 196, zitiert nach Carbon, 2003) beschreiben einen Experten als „a person who is experienced at making predictions in a domain and has some professional or social credentials“. Schwaninger (2004) beschreibt in seiner Arbeit Expertise nach dem American Heritage Dictionary als gegeben, wenn jemand einen hohen Grad an Fähigkeiten in oder Wissen von bestimmten Dingen besitzt.

Anhand dieser Definitionen wird klar, wenn manchmal auch nur indirekt, dass das wirksamste Merkmal zur Operationalisierung von Expertise die Leistung im relevanten Gegenstandsbereich zu sein scheint. Es gibt viele unterschiedliche Bereiche, in denen man Experte sein kann, daher sind die Expertisedefinitionen möglicherweise auch sehr breit und unterschiedlich. Eine generalisierte Expertisedefinition ist daher nur sehr schwierig zu realisieren. Innerhalb der Expertiseforschung liegt der Schwerpunkt auf dem Fachwissen, dem kognitiven Bereich, aber eher nur wenig auf dem Können, es geht vorwiegend um die Untersuchung von Wahrnehmung, Expertenwissen, Problemlösestrategien usw. (Gruber, 1994).

Seit dem Ende der 60er Jahre wurde der Fachbegriff in der psychologischen Forschung zu einem wesentlichen Aspekt meint der Autor weiters. Ab diesem Zeitpunkt wurden die Informationsverarbeitungsprozesse in die Untersuchungen mit einbezogen. Davor sah man Intelligenzkonzepte im Vordergrund, und es wurde versucht Kompetenz mit Begabung gleichzusetzen. Im Laufe des Fortschritts der Expertiseforschung haben sich unterschiedliche Ansätze gezeigt,

wie Expertise aufgefasst wird. Gruber (1994) beschreibt in seinem Buch „Expertise. Modelle und empirische Untersuchungen“ diese:

a) Expertise und Begabung

Auffassung von Expertise als personenintern verursachtes generelles Phänomen.

Eine Person, die eine sehr gute Leistung leicht und ohne langes Üben erbringt, gilt als Experte. Zu dieser Leistung ist eine andere, durchschnittliche Person nicht oder nur mit beträchtlicher Anstrengung imstande.

b) Expertise und Strategie

Auffassung von Expertise als generelles erlernbares Phänomen.

Eine Person, die über leistungsstarke Algorithmen verfügt und daher ein versierter genereller Problemlöser ist, gilt als ein Experte. Es gibt dabei keine Festlegung auf spezifische Bereiche, weil die Strategie auf viele Domänen transferierbar ist.

c) Expertise und Wissen

Auffassung von Expertise als domänenspezifisches, erlernbares Phänomen.

In der Expertise geht es um spezifische quantifizierbare Änderungen durch Erfahrung, Praxis oder angesammeltes Wissen im beobachtbaren Verhalten. Die dahinter stehende Idee dabei ist auch, dass man Expertise erwerben kann, und zwar in jeglichen Bereichen. Es werden bei diesem Ansatz ausschließlich quantitative Aussagen gemacht, welche auch für die Erklärung von Expertise ausreichen sollen.

d) Expertise und qualitative Unterschiede

Dieser Ansatz zeigt sich darin, dass Belege für qualitative Unterschiede im Vergleich zwischen Experten und Novizen in spezifischen Domänen gefunden werden sollen. Auch hier sind Komponenten der Leistung zentral.

Diese verschiedenen Ansätze der Expertiseforschung weisen einige Nachteile auf, die Gruber in seinem Werk ebenfalls beschreibt (1994): Während der erste Zugang einen viel zu weit gefassten und zu indifferenten theoretischen Rahmen einsetzte, und daher zu nur wenigen Ergebnissen über den Bereich der Expertise führte, war die Schwierigkeit im zweiten Ansatz der angestrebte große Transferwert, der nicht erreicht werden konnte. Im dritten Zugang zur Expertiseforschung

war die Gefahr, dass die alleinige Verwendung von quantitativen Aussagen zu Trivialität führen kann, während der gegenteilige und vierte Ansatz in der Forschung das Problem der Spezifizierung des Terminus Expertise mit sich bringt. Es gilt domänenspezifische Unterschiede zu erfassen, zu denen generelle Konzepte nur die Grundlage liefern können.

Um die Bedeutung des Begriffs „Experte“ besser zu verstehen, ist es sehr hilfreich Experten mit Laien zu vergleichen. Der Experte und der Novize stehen sich definitionsgemäß gegenüber, der Novize ist auf dem betrachteten Gebiet dem Experten gegenüber leistungsschwach. Experten sehen im wahrsten Sinne des Wortes Situationen ihres Expertenbereiches anders als Novizen (Didierjean & Gobet, 2008). Gisler, Guggenheim, Maranta, Pohl und Nowotny (2004) stellen in ihrem Buch fest, dass Fachwissen erst Bedeutung erhält, wenn jemand bereit ist seine Kenntnisse zur Verfügung zu stellen. Weiters halten sie fest, dass Experten erst über den Anspruch, über dieses Wissen zu verfügen, sichtbar werden. Es wäre sozusagen das Eine ohne das Andere undenkbar. Gruber (1994) beschreibt ebenfalls die Wichtigkeit des Vergleichs von Novizen und Experten und meint, dass sich dadurch die Grundlagenforschung Aufschlüsse über relevante Aspekte bei der Entwicklung von bestimmten Fähigkeiten erwartet. Natürlich ergeben sich durch diesen Ansatz der Expertiseforschung ebenfalls Nachteile (Gruber, 1994): Einerseits stellt sich die Frage, wie viel ein Experte wissen muss, um als solcher zu gelten oder noch ein Laie zu sein. Außerdem spielt die Aufgabenschwierigkeit eine wesentliche Rolle. Mittelschwere Aufgaben sind für Experten zu leicht, um ihr Potential völlig ausschöpfen zu können, schwere Aufgaben sind für Novizen zu schwer, um ihr Wissen zu erweitern. Zusätzlich ist der Begriff Expertise in seiner Vergleichbarkeit über mehrere Domänen sehr eingeschränkt. Wie soll ein Experte in der Psychologie mit einem herausragenden Golfspieler oder einem Handwerker verglichen werden? Ein großes Problem bei der Methode des Experten-Novizen-Vergleichs zur Definition von Expertise ist, dass diese Untersuchungen im Grunde Korrelationsstudien sind (Gruber, 1994). Die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen sagen eigentlich nichts über die Entwicklung von Expertise aus. Dieser Vergleich bringt nur einen Vorteil, wenn er innerhalb eines Modells der Entwicklung liegt, stellt der Autor weiters fest.

Trotzdem überwiegen bei dieser Methode die Vorteile, welche von Gruber zusammengefasst werden:

- a) Die Methode kann Aufschluss über Verarbeitungsprozesse geben – es ist möglich, ein Entwicklungsmodell zu formulieren und zu überprüfen.
- b) Die Methode ist wichtig bei der Beurteilung von eventuellen dispositionalen Merkmalen.
- c) Der Experten-Novizen-Vergleich erlaubt Untersuchungen, die Validität über das Labor hinaus besitzen.
- d) Eine Zuteilung zu einer Versuchsgruppe kann dabei durchaus eindeutig und valide sein.
- e) Sie hilft entwicklungspsychologische Fragestellungen über das Altern von Menschen angemessen zu verfolgen.

Gibt es nun auch Bereiche, in denen alle Menschen – oder zumindest die Mehrheit der Menschen – Experten sein können?

4.2.1 Gesichtsexpertise

Aus der Literatur geht hervor, dass Menschen Experten in der Gesichtserkennung sind. Wir können Gesichter innerhalb von 26ms identifizieren (Carbon & Leder, 2005a) und diese sogar noch nach 50 Jahren wiedererkennen (Bahrick, Bahrick & Wittlinger, 1975) ohne sie dazwischen gesehen zu haben (Carbon, Grueter, Weber & Lueschow, 2007). Gesichtsexpertise ist uns angeboren (Carbon, 2003; Carbon et al., 2007, Schwaninger, 2004), muss im Laufe des Lebens aber erst entwickelt werden, weil sie auf jahrelanger Erfahrung basiert (Carbon, 2003; Schwaninger, 2004). Beobachtet man beispielsweise sehr kleine Kinder, ist deutlich zu sehen, dass diese ihren Blick sehr häufig auf Gesichter richten. Diese sind scheinbar etwas, das die Aufmerksamkeit auf sich zieht. Einige Studien zeigen, dass Gesichter schon von Geburt an eine besondere Stimulusklasse darstellen (Mondloch, Lewis, Budreau, Maurer, Dannemiller, Stephens, Kleiner-Gathercoal, 1999; Simion, Valenza, Umiltà & Dalla Barba, 1998; Carmel & Bentin, 2002).

Die Art und Weise aber, wie Kinder Gesichter verarbeiten, hängt einerseits vom Alter, andererseits vom zu verarbeitenden Merkmal ab (Zauner & Schwarzer,

2003). Sehr junge Kinder, unter 8 Monaten, verarbeiten beispielsweise die Augen analytisch, unabhängig vom Gesichtskontext. Dies wiederum könnte einen Hinweis auf die noch nicht entwickelte Expertise in der Gesichtserkennung darstellen. Bei Kindern, vor allem in dieser Altersstufe, ist die Fähigkeit zur holistischen Verarbeitung noch nicht vollständig bzw. fast gar nicht ausgebildet, was zu einer längeren Reaktionszeit in der Erkennung von Gesichtern führt. Schwarzer (2000) konnte zeigen, dass sich die Verarbeitung von Gesichtern zwischen 6-7 und 10 Jahren von einer analytischen zu einer holistischen Verarbeitung verändert. Mit wachsender Erfahrung mit Gesichtern nimmt die Verarbeitung von relationalen Merkmalen zu (Mössle, 2005). Bis zur vollständigen Entwicklung der Gesichtsexpertise vergehen aber in etwa 10 Jahre (Carey & Diamond, 1994; Carbon et al., 2007), trotzdem bestehen auch Aspekte in der Gesichtserkennung, welche der Expertise teilweise widersprechen. Einige Untersuchungen gehen beispielsweise davon aus, dass die Expertise nur für aufrechte Gesichter gilt. Der Grund dafür ist möglicherweise, dass wir ständig mit „aufrechten“ Gesichtern konfrontiert sind, wir daher im Laufe unseres Lebens immer besser in der Gesichtserkennung werden. Aufrechte Gesichter scheinen für uns normal. Wird ein Gesicht aber gedreht, so sind wir nicht mehr so rasch in der Lage dieses zu erkennen, weil wir die gedrehten Ansichten nicht gelernt haben. Dies ist auch vergleichbar mit den sogenannten Umkehrbrillen, wo wir anfangs die Welt verkehrt sehen. Erst nach einigen Tagen haben wir gelernt, die Umwelt wieder in seine aufrechte Position zu bringen. Mit Stratton (1896) begannen diese Experimente und Kohler und Erismann haben in Österreich solche Untersuchungen später ebenfalls durchgeführt.

Trotzdem können wir generell Objekte erkennen, wenn sie nicht in ihrer Raum-Lage-Orientierung vorliegen. Bei bekannten Gesichtern können Menschen auch gedrehte Ansichten relativ schnell erkennen, im Vergleich zu unbekannten Gesichtern. Ein weiterer Aspekt, der in der Gesichtsexpertise Bedeutung hat, ist die Distinktheit. Generell sind wir zwar Experten in der Wiedererkennung von Gesichtern, innerhalb der Klasse allerdings zeigen sich wiederum Unterschiede in der Erkennung. Studien zeigen, dass besondere Gesichter genauer erkannt werden als typische (vgl. Bartlett et al., 1984; Light et al., 1979; Valentine & Endo, 1992, zitiert nach Bruce, Burton und Dench, 1994).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Mensch generell zwar Gesichtsexperte ist, innerhalb der Klasse der Gesichter es aber trotzdem Unterschiede in der Erkennungsgeschwindigkeit geben kann, je nach Bekanntheit und/oder Struktur des Gesichtes.

4.2.1.1 Der Other-Race Effekt als ein Prädiktor der Gesichtsexpertise bzw. Non-Expertise

Der Other-Race Effekt, in der Literatur auch Cross-Race Bias oder Own-Race Bias genannt, bezeichnet Unterschiede in der Wiedererkennensleistung von Gesichtern der eigenen ethnischen Gruppe gegenüber Gesichtern anderer ethnischen Gruppen. Dieser „Fehler“ zeichnet sich dadurch aus, dass Gesichter der eigenen ethnischen Gruppe besser wiedererkannt werden als Gesichter anderer Gruppen. Die beiden Begriffe Cross-Race Bias und Own-Race Bias definieren zwar das gleiche Phänomen, betrachten es jedoch aus unterschiedlichen Perspektiven (schlechtere bzw. besser Wiedererkennung bei Fremd- bzw. Eigengruppengesichtern). In der vorliegenden Arbeit findet der Begriff Other-Race Effekt Anwendung.

Malpass und Kravitz (1969; zitiert nach Gehrke, 2005) waren die Ersten, die bei Studenten eine Interaktion zwischen der Ethnie der Versuchspersonen und der Ethnie der Stimulusgesichter in einem Wiedererkennungstest nachweisen konnten. Die meisten Untersuchungen zum Other-Race Effekt verglichen weiße und schwarze Personen miteinander, und konnten dieses erste Resultat von Malpass und Kravitz replizieren. Sporer, Trinkl und Guberova (2007) hatten als Versuchspersonen österreichische und türkische Kinder zwischen 10 und 15 Jahren und konnten in einer Wahrnehmungsvergleichsaufgabe zeigen, dass türkische Kinder türkische Gesichter schneller erkennen als die österreichischen Kinder, während beide Gruppen deutsche Gesichter gleich gut zuordnen konnten. Sporer (1999; zitiert nach Gehrke, 2005) untersuchte den Other-Race Effekt mit türkischen und deutschen Versuchspersonen. Dabei zeigt sich, dass die türkischen Teilnehmer keine Unterschiede in der Wiedererkennung aufweisen, während die deutschen Personen besser in der Erkennung von deutschen Gesichtern abschneiden als in der von türkischen. Die Ergebnisse dieser beiden Studien könnten möglicherweise damit zu tun haben, dass türkische Menschen mehr Erfahrungen mit deutschen Personen haben, weil viele von ihnen in Deutschland leben, während dies umgekehrt nicht der Fall ist (und österreichische Kinder bei der Erkennung von deutschen Gesichtern keine Schwierigkeit haben, weil die meisten deutschen Kinder ebenso wie die österreichischen Kinder aus dem kaukasischen Kulturkreis stammen). Dieser Gedanke steht im Einklang mit der Untersuchung von Tanaka, Kiefer und Bukach (2004), welche zeigen, dass Erfahrung für die holistische Gesichtsverarbeitung wichtig ist und dass Erfahrung mit der eigenen Rasse holistische Verarbeitung

begünstigt. Ihre kaukasischen Versuchspersonen verarbeiten kaukasische Gesichter holistisch und asiatische Gesichter analytisch.

Die Unbekanntheit von Gesichtern bzw. die Erfahrungen, die wir mit bestimmten Ethnien nicht haben, führen dazu, dass wir bei diesen keine Expertise aufweisen, obwohl wir generell Profis bei der Erkennung von Gesichtern sind.

4.2.2 Buchstaben-/Wortexpertise

Zweifelsohne sind ein Großteil der Menschen Experten in der Schriftsprache, im Lesen und Schreiben von Buchstaben und Wörtern. Dies ist natürlich nur für die Schrift der Fall, die im eigenen Land Anwendung findet. Im Gegensatz zu Gesichtern ist die Schrift aber nicht etwas, das von Geburt an besondere Aufmerksamkeit erhält. Buchstaben und Wörter zu lesen und zu schreiben muss in der Kindheit erlernt werden und erfordert gewisse Vorläuferfertigkeiten, von denen man weiß, dass sie für die Fähigkeiten im Lesen und Rechtschreiben notwendig sind und dass sie schon vor dem Erwerb der Schriftsprache gebildet werden (Marx & Weber, 2006).

Bezüglich der Leistungen in der Schriftsprache gibt es auch Personen, welche weniger gut abschneiden. Dazu zählen Menschen mit unterschiedlichen Lese- und Rechtschreibschwierigkeiten, sogenannte Dyslektiker, aber auch Analphabetiker oder Personen mit einer Alexie, wobei sich die beiden letzten Gruppen durch das völlige Unvermögen zu lesen auszeichnen. Rusiak, Lachmann, Jaskowski & van Leeuwen (2007) beispielsweise haben in ihrer Untersuchung gezeigt, welche Schwierigkeiten Personen mit Dyslexie unter anderem aufweisen.

5 Experimentelle Erforschung des Phänomens der mentalen Rotation

Im Laufe der Zeit gab es in der Literatur einige Studien zum Thema „mentale Rotation“. Diese unterschieden sich allerdings in vielen Aspekten, sodass die Experimente im Folgenden aufgrund verschiedener Aspekte zusammengefasst werden.

5.1 Untersuchungen zur mentalen Rotation unter Verwendung verschiedener Stimulustypen

Shepard und Metzler (1971) gelten als Beginn der systematischen Erforschung von mentalen Rotationsphänomenen. Die beiden Autoren hatten das Ziel zu erläutern, wie Menschen bei der Identifizierung von Formen, die verschieden präsentiert sind, vorgehen. Deren Erklärungsversuche waren 1971, dass, um einen Vergleich zwischen zwei Objekten anstellen zu können, beide in dieselbe Lage gebracht werden müssen. Dazu ist es notwendig sich die Drehung, die durch diesen Abgleich entsteht, vorzustellen, bis zu dem Grad, in dem das Vergleichsobjekt dargestellt ist. Shepard und Metzler gaben 8 Erwachsenen in ihrem Experiment 1600 Paare an Objekten vor. Wenn die Teilnehmer erkannten, dass die 3D-Formen gleich waren, hatten sie die Aufgabe einen rechten Hebel zu ziehen, andernfalls einen linken. Die Rotationen lagen in 20 Grad-Abständen vor, sodass jede der 10 Formen in 18 verschiedenen Ansichten repräsentiert war. Es wurden die Reaktionszeiten vom Erscheinen der beiden Vergleichsobjekte bis zum Ziehen des Hebels gemessen. Das Hauptergebnis der Arbeit war, dass die Reaktionszeiten mit steigender Winkeldifferenz zwischen den beiden Vergleichsobjekten linear anstiegen. Dies war sowohl bei Drehungen in der Bildtiefe („rotations at depth“ – drei Dimensionen) als auch bei Drehungen in der Bildebene („rotations at picture plane“ – zwei Dimensionen) der Fall.

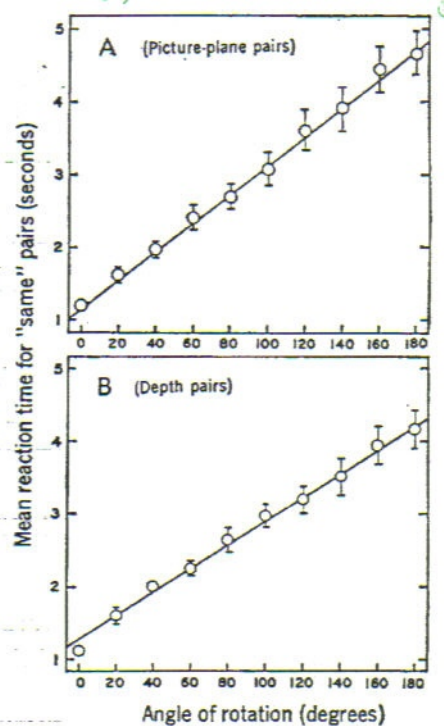


Abbildung 5-1: Lineare Funktion der mentalen Rotation nach Shepard und Metzler (1971)

Dieses Ergebnis konnte in weiterer Folge auch von Shepard und Judd (1976) bestätigt werden. In diesen ersten typischen Untersuchungen zur mentalen Rotation ist deutlich ersichtlich, dass bei Vorgabe von 3D-Formen die Erkennung umso schwieriger wird, je weiter weg das Vergleichsobjekt vom Target gedreht wird. Die anfänglichen Untersuchungen beschäftigten sich vor allem mit der Identifizierung von Objekten in 3D-Form, ähnlich Tetris-Figuren. In der Literatur gab es einige Experimente, die eine Untersuchung der mentalen Rotationsfähigkeit unter anderem bei 3D-Objekten durchführten (Amorim et al., 2006; Dror, Ivey & Rogus, 1997; Hayward, Zhou, Gauthier & Harris, 2006; Heil, Rösler, Link & Bajric, 1998; James, Humphrey & Goodale, 2001; Jordan, Wüstenberg, Heinze, Peters und Jäncke, 2002; Köhler, Hoffmann, Dehnhardt & Mauck, 2005; Roberts & Bell, 2003; Vanrie et al., 2002).

In der Folge wurden dann einige weitere Experimente unter Verwendung anderer Stimuli durchgeführt. So setzte beispielsweise Cooper (1975) in ihrer Untersuchung im Gegensatz zu Shepard und Metzler 2D-Formen ein, da sie die Vermutung anstellte, dass diese möglicherweise leichter zu erkennen sind und daher schnellere Reaktionszeiten zu erwarten wären.

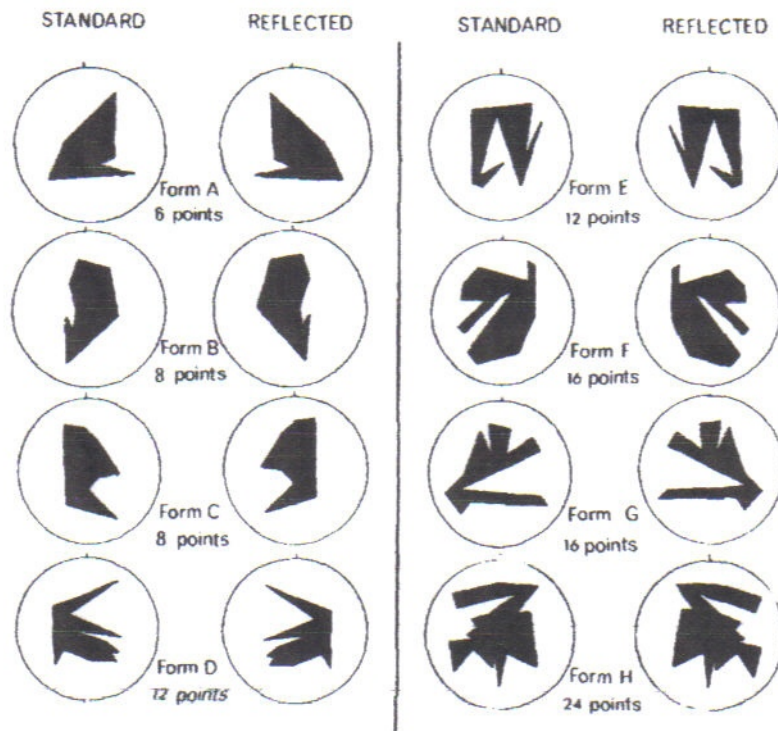


Abbildung 5-2: Stimulusmaterial bei Cooper (1975).

Diese Vermutung bestätigte sich in ihrer Untersuchung. Die durchschnittlichen Reaktionszeiten waren etwas schneller als bei Shepard und Metzler, trotzdem zeigte die Autorin wieder einen linearen Anstieg der Reaktionszeiten mit der Winkeldisparität. Andere Autoren, die in ihren Studien 2D-Stimuli einsetzten, waren Cohen und Polich (1989), Jordan et al. (2002), Rilea (2008) und Roberts und Bell (2003).

Weiters wurden oftmals Buchstaben (Cohen & Polich, 1989; Jordan et al., 2002; Koriat & Norman, 1985; Rilea, 2008; Rusiak et al., 2007; White, 1980), Gesichter (Bäumel, Schnelzer, & Zimmer, 1997; Carbon et al., 2007; Schwaninger 2004; Valentine & Bruce, 1988), Körper oder körperähnliche Stimuli (Amorim et al., 2006; Overney, Michel, Harris & Pegna, 2005; Rilea, 2008; Roberts & Bell, 2003; Zacks, Rypma, Gabrieli, Tversky & Glover, 1999;) und Tiere einerseits als Stimulusmaterial (Jansen-Osmann & Heil, 2006) und andererseits als „Versuchspersonen“ (Deliuss & Hollard, 1995; Köhler et al., 2005, Mauck & Dehnhardt, 1997; Parr & Heintz, 2006) verwendet.

5.2 Messung der mentalen Rotationsfähigkeit mittels Mental Rotation Test (MRT)

Auch der Mental Rotation Test (Vandenberg & Kuse, 1978) wurde mehrfach zur Messung der mentalen Rotationsfähigkeit herangezogen, meist aber zur Untersuchung von Geschlechtsunterschieden in den Leistungen beim mentalen Rotieren, welche häufig in der Literatur angenommen werden. Diese Geschlechtsunterschiede werden in der Literatur oftmals beschrieben: Männer schneiden um einiges besser in den Aufgaben zur mentalen Rotation als Frauen ab. Die Items des MRT bestehen nur aus 3D-Objekten, sodass sich die Frage stellt, ob die Art der Stimuli eine Rolle bei der Fähigkeit zur Erkennung spielt. Collins und Kimura (1997) haben sich für diese Frage interessiert und zusätzlich zum MRT zweidimensionale Formen aus einem anderen Verfahren eingesetzt. Die Ergebnisse der Untersuchung waren, dass die Fähigkeit von Frauen bei 3D-Aufgaben stärker sank als bei Männern, während dies bei 2D-Aufgaben nicht der Fall war. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass die großen Geschlechtsunterschiede eine Funktion der Aufgabenschwierigkeit sind (Berg, Hertzog und Hunt, 1982). Auch Parsons, Larson, Kratz, Thiebaut, Bluestein, Buckwalter und Rizzo (2004) konnten wie erwartet Geschlechtsunterschiede in der mentalen Rotationsfähigkeit mittels MRT zeigen.

Weiters interessiert auch, ob bestimmte Personengruppen Defizite in der mentalen Rotationsfähigkeit aufweisen, um zu identifizieren, welche Störungen diesen Menschen zugrunde liegen. Hirsch et al. (2003) stellten die Hypothese auf, dass Parkinson-Patienten in der mentalen Rotationsfähigkeit, ebenfalls gemessen mit dem MRT, schlechtere Ergebnisse als gesunde Personen erzielen, weil sie im Allgemeinen bei der mentalen Rotation nicht so gut sind, aufgrund einer globalen Störung des räumlichen Koordinatensystems (Lee, Harris & Calvert, 1998; zitiert nach Hirsch et al., 2003). Es zeigte sich in der Untersuchung, dass Parkinson-Patienten schlechter abschnitten als die Versuchspersonen der Kontrollgruppen. In dieser Studie ergibt sich auch ein bedeutsamer Interaktionseffekt zwischen Gruppe und Geschlecht. In der Kontrollgruppe erreichten die Frauen signifikant schlechtere Ergebnisse im MRT, während unter den Parkinson-Patienten dies deutlich schwächer ausgeprägt war. Möglicherweise schaltet die generell schlechtere Rotationsfähigkeit der Patienten den Geschlechtsunterschied aus.

5.3 Studien zur kortikalen Aktivität während mentaler Rotation

Neuere Studien zur mentalen Rotation, die sich mit der Gehirnaktivität während mentalen Rotierens befassen, zeigen wiederum andere Ergebnisse als eine lineare Funktion der Reaktionszeiten. Cohen, Kosslyn, Breiter, DiGirolamo, Thompson, Anderson, Bookheimer, Rosen, & Belliveau (1996), Gauthier, Hayward, Tarr, Anderson, Skudlarski und Gore (2002), sowie Vanrie et al. (2002) und Wilson und Farah (2006) untersuchten welche Gehirnaktivität der mentalen Rotation zugrunde liegt. Die Experimente zeigen, dass bei der mentalen Rotation der rechte Parietallappen aktiviert ist, grundsätzlich werden solche Aufgaben rechtshemisphärisch gelöst. Auf der anderen Seite gibt es Hinweise, dass je nach Anwendung einer bestimmten Strategie im mentalen Rotieren unterschiedliche Gehirnareale arbeiten. Die Studie von Jordan et al. (2002) zeigt einen rechtshemisphärischen Vorteil der Männer, während Frauen eher bilaterale Aktivitäten aufweisen. Die Autoren schlussfolgern, dass diese unterschiedliche kortikale Aktivität an der verschiedenen Verwendung der Strategien zwischen Männern und Frauen liegt. Frauen sollten demnach eine schrittweise und Männer eine holistische Strategie in „mirror discrimination tasks“ anwenden. Allerdings kann diese Annahme nur vermutet werden.

5.4 Mögliche Einflussfaktoren auf die Leistungen im mentalen Rotieren

Seit Beginn der Wahrnehmungsforschung wird angenommen, dass mentale Rotation in der Formerkennung ein Schlüsselprozess ist (Hayward et al., 2006). Shepard und Metzler (1971) waren die Ersten, die sich mit der Untersuchung dieses Prozesses beschäftigten. Die Autoren arbeiteten vorrangig mit der Rotation von unbekannten Figuren, ähnlich Tetris-Figuren, die im Laufe der Zeit in solchen Studien immer wieder verwendet wurden. Ihr Ergebnis war, dass bei diesen typischen 3D-Figuren die Reaktionszeit mit der Winkeldisparität zwischen den beiden Formen linear ansteigt. In weiterer Folge konnte dieses Ergebnis immer wieder von Autoren auch bei anderen Stimulustypen repliziert werden (Amorim et al., 2006; Cooper, 1975; Dror et al., 1997; Heil et al., 1998; Jordan et al. 2002; Shepard & Judd, 1976; Valentine & Bruce, 1988; Schwaninger, 2004), wobei einige dieser Untersuchungen auch einen linearen Anstieg der Fehlerzahl

mit der Winkelabweichung zeigten (Amorim et al., 2006; Dror et al., 1997). In ihren Grafiken stellen die Autoren eine lineare Funktion dar. Nach einer genaueren Betrachtung ist aber zu erkennen, dass die postulierte Annahme nicht immer haltbar ist. Carbon et al. (2007) haben in ihrer Studie Prosopagnosiepatienten mit gesunden Personen hinsichtlich rotierten, tacherisierten Gesichtern verglichen und gezeigt, dass eine lineare Funktion, wie in der Literatur oftmals gefunden, nur bei den Prosopagnosiepatienten auftritt, während in der Kontrollgruppe die Funktion eher sigmoid anmutet.

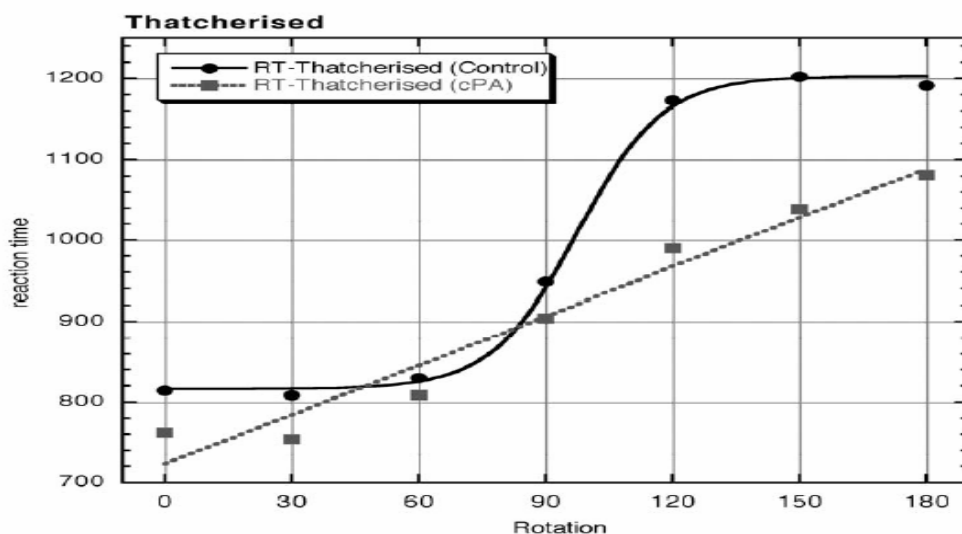


Abbildung 5-3: Lineare Funktion der Prosopagnosiepatienten im Vergleich zur sigmoiden Funktion der Kontrollgruppe (Carbon et al., 2007).

Die Autoren beschreiben diesen Unterschied als eine Auswirkung der Expertise. Da Personen mit Prosopagnosie generell Gesichter nicht erkennen können, wird dies auch umso schwieriger, je weiter das Gesicht von der aufrechten Position weggedreht wird. Im Gegensatz dazu haben gesunde Personen erst ab einem gewissen Rotationsgrad Schwierigkeiten bei der Erkennung von bekannten Gesichtern. Die Autoren haben erstmals direkt die Möglichkeit des Einflusses der Gesichtsexpertise auf die Rotation postuliert, wenngleich auch schon lange davor einige Studien andere Funktionen als Lineare zeigen konnten. Valentine und Bruce (1988) beispielsweise sprachen damals von einer linearen Funktion bei der Erkennung von Gesichtern, jedoch bei genauerer Betrachtung scheint dies nicht der Fall zu sein.

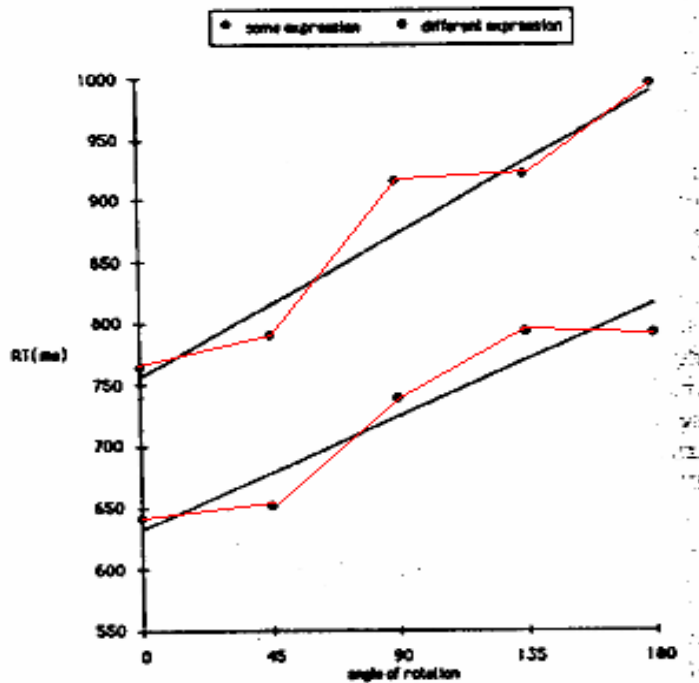


Abbildung 5-4: Lineare Funktion der RTs bei gedrehten Gesichtern (Valentine & Bruce, 1988) x-Achse: Rotationswinkel, y-Achse: RTs in ms; rote Linie: Darstellung einer möglichen sigmoiden Funktion.

Viele Wissenschaftler legten durch die eingezeichneten Punkte ihrer Grafiken eine gerade Linie, sodass die Bestimmung einer linearen Funktion naheliegt. Wird allerdings ein genaues Verbinden der Punkte vorgenommen, so ist die neu entstandene Funktion einer linearen gar nicht mehr ähnlich, so wie auch in der Grafik von Valentine und Bruce. Durch direktes Verbinden der Punkte entsteht eine sigmuide Funktion, die der bei Carbon et al. (2007) ähnelt.

Cooper und Shepard (1973) fanden schon damals für bekannte Objekte eine andere Beziehung als für 3D-Figuren. Sie sprachen davon, dass bei kleinen Winkelabweichungen die Reaktionszeit nur sehr langsam steigt und später bei größeren Rotationsgraden steil nach oben geht. Koriart und Norman (1985) sprachen von einer kurvilinearen Funktion der Reaktionszeit bei „normalen“ Buchstaben und einer linearen Funktion bei gespiegelten Buchstaben. Schon in den Anfängen der Rotationsforschung konnte daher die Möglichkeit der Gesichtsexpertise bzw. allgemein Expertise als ein Einfluss auf die mentale Rotation gezeigt werden, jedoch wurde diese Möglichkeit, die erst viel später ausgesprochen wurde, nicht gesehen. Eine neuere Studie von Rilea (2008) verdeutlicht den Einfluss der Expertise sehr stark. Die schnellste Erkennungszeit resultierte bei den Aufgaben mit den Strichmännchen, gefolgt von den

Buchstaben und den 2D-Formen. Auch die Fehlerzahl war bei den menschenähnlichen Stimuli am kleinsten und bei den zweidimensionalen Objekten am größten.

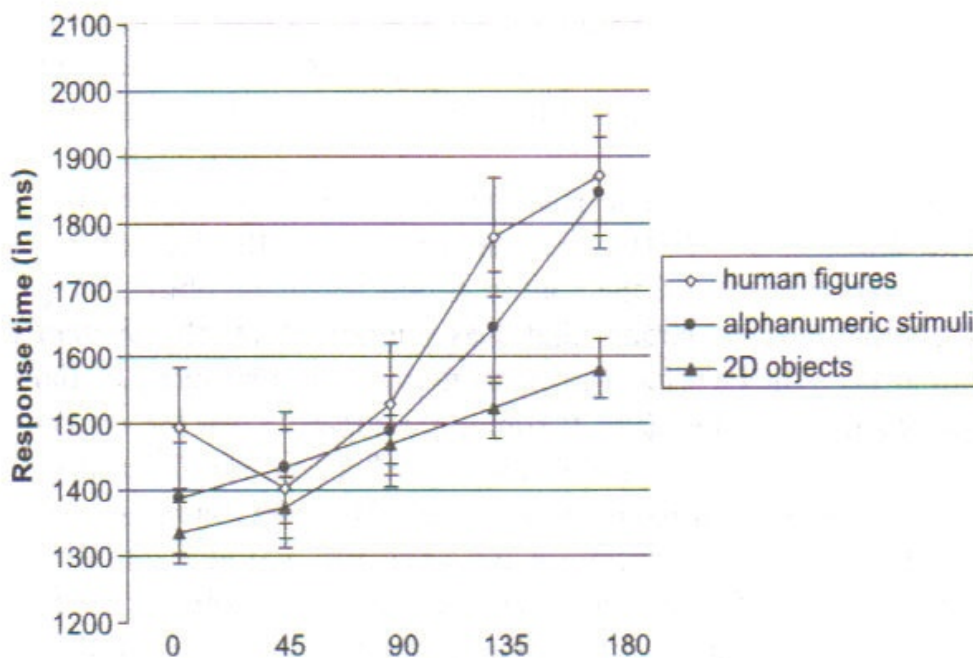


Abbildung 5-5: Reaktionszeiten in Abhängigkeit der Rotationswinkel (Rilea, 2008).

Die Autorin erwähnt den Aspekt zwar nicht in ihrer Arbeit - sie spricht von „bekannten“ Objekten (was der Expertise ähnlich ist), die besser erkannt werden – doch wir wissen, dass Menschen Experten bei menschlichen Figuren und Buchstaben sind und daher in der Erkennungsleistung besser abschneiden, allerdings nicht bei unbekannten Formen. Ganz im Gegensatz zu einigen Untersuchungen spricht die Autorin eindeutig nicht von linearen Funktionen, weder in der Reaktionszeit noch in der Fehlerquote.

Sehr schön zeichnet sich der Einfluss der Expertise auch in der Untersuchung von Rusiak et al. (2007) ab. Sie befassten sich mit dem Vergleich der Fähigkeit in der mentalen Rotation von Buchstaben bei Dyslektikern und „normalen“ Personen und konnten zeigen (wenngleich der Hintergrund der Untersuchung ein anderer war), dass die Kontrollgruppe bei den rotierten Buchstaben schnellere Reaktionen erzielten als die Dyslexiepatienten, während bei den abstrakten Formen in der Leistung kein Unterschied zu verzeichnen war. Insgesamt wurden jedoch Buchstaben wiederum schneller erkannt als die abstrakten Formen. In ihrer Untersuchung ist von einem Anstieg der Reaktionszeit und der Fehlerrate mit der Winkelabweichung die Rede, allerdings wird nicht beschrieben, welche Funktion diese Steigung bildet. Die Grafiken muten nicht linear an.

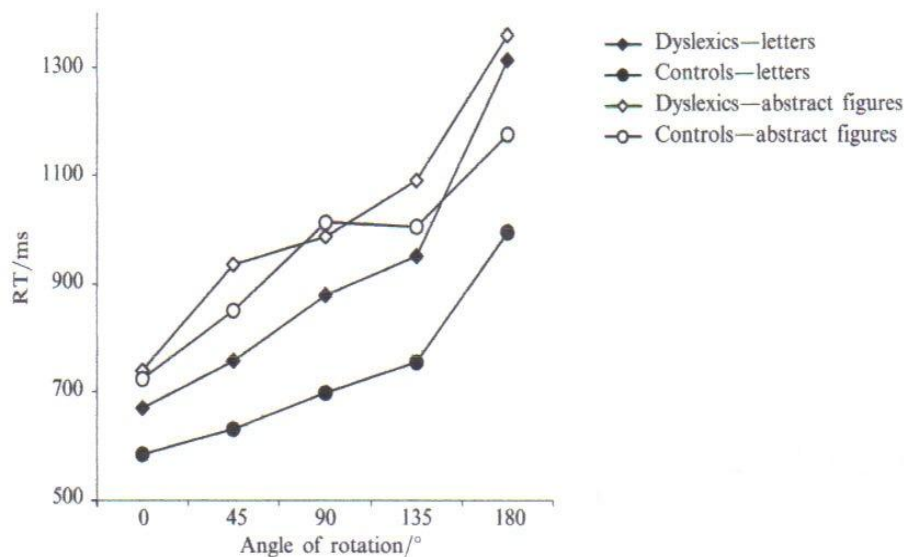


Abbildung 5-6: Durchschnittliche Reaktionszeiten als eine Funktion des Rotationswinkels für Dyslektiker und die Kontrollgruppe (Rusiak et al., 2007).

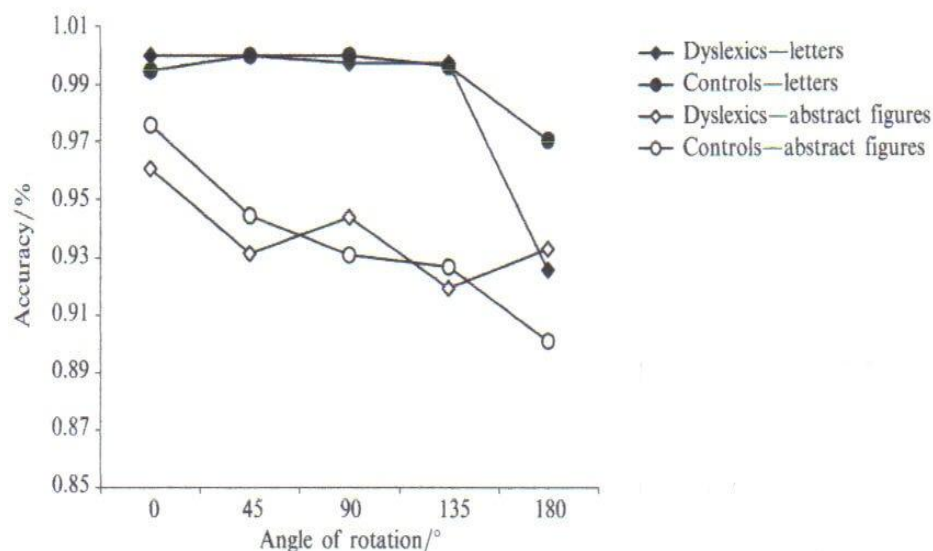


Abbildung 5-7: Genauigkeitsrate als eine Funktion des Rotationswinkels für Dyslektiker und die Kontrollgruppe (Rusiak et al., 2007).

Neben dem Einflussfaktor „Expertise“ spielt auch die Art des Stimulus eine Rolle. Schon im ersten Teil der vorliegenden Arbeit wird deutlich sichtbar, wie viele verschiedene Objekttypen in den Studien verwendet wurden, was natürlich zu dem Gedanken eines möglichen Einflusses führt. Der direkte Vergleich von Stimulusarten innerhalb eines Experiments zeigt immer wieder, dass es deutliche Unterschiede in der Erkennungszeit gibt, wenn diese verdreht sind (Amorim et al., 2006; Cohen & Polich, 1989; Jordan et al., 2002; Rilea, 2008; Rusiak et al., 2007). Zusammenfassend lässt sich nun schließen, dass Objekte, die uns

vertraut sind, einfach schneller erkannt werden, was einerseits für den Expertisefaktor und andererseits für den Stimulustyp spricht. Doch was sagt die Art des Stimulustyps über die Leistungen in der mentalen Rotation aus? Welche Merkmale weisen Stimuli auf und welche dagegen nicht, dass sie schneller erkannt werden und welche Merkmale führen zu einer schlechteren Erkennungsleistung? Einerseits spricht die Literatur von der Distinktheit oder Besonderheit/Deutlichkeit, vor allem im Zusammenhang mit Gesichtern. Besonders deutliche Gesichter im Gegensatz zu sehr typischen Gesichtern können schneller erkannt werden (Bruce et al., 1994; Hancock, Bruce, Burton, 2000). Nur ein besonderes Merkmal (wie zum Beispiel ein Muttermal), das eine Person mit sich trägt, reicht aus, jemanden innerhalb kürzester Zeit wiederzuerkennen, auch wenn andere Merkmale sich im Laufe der Zeit stark verändert haben. Für diesen Aspekt spricht auch der Karikatur-Effekt. Karikaturen können wir schnell identifizieren, da in diesen eine überzeichnete Distinktheit herrscht.



Abbildung 5-8: Links: Originalbild. Rechts: Karikatur.

Dadurch wird der Unterschied zwischen einem Gesicht und dem Durchschnitt aller Gesichter erst hervorgehoben (Hancock et al., 2000). Die Besonderheit spielt folglich auch in der mentalen Rotation von Gesichtern eine Rolle und unser alltäglicher Verstand sagt uns natürlich, dass diese Besonderheit auch auf andere Objekte übertragbar ist. Ein Baum, dessen Stamm in zwei Teile auseinandergewachsen ist, wird sicherlich leichter zu erkennen sein, wenn er gedreht ist, als ein ganz gewöhnlicher Baum mit nur einem Stamm. Eley (1982; zitiert nach Tarr & Pinker, 1989) konnte zeigen, dass buchstabenähnliche Formen, die ein stark hervorstechendes Merkmal haben (zum Beispiel ein kleiner Schnitt in einer Ecke des Buchstabens) in allen Ausrichtungen gleich schnell erkannt wurden.

Auf der einen Seite berichten Hall und Friedmann (1994, zitiert nach Amorim et al., 2006), dass Personen ein Paar von 3D-Objekten wie bei Shepard und Metzler durch den Vergleich ihrer Eckpunkte abgleichen und dadurch schneller sind. Auf der anderen Seite könnte der Grund für die langsamsten Reaktionen bei 3D-Objekten sein, dass diese Formen wenig distinktiv sind, im Vergleich zu anderen Stimuli und daher generell schwerer erkannt werden, weil Erkennung gefordert ist, die auf der gesamten Struktur des Objekts basiert (Hayward et al., 2006).

Eckpunkte bestimmen laut einigen Wissenschaftern die Komplexität eines Objekts. Attneave (1957, zitiert nach Cooper, 1975) meint, dass es eine lineare Beziehung zwischen dem Logarithmus der Zahl der Eckpunkte und der beurteilten Komplexität gibt. Je mehr Eckpunkte ein Stimulus aufweist, desto komplexer ist er. Jedoch wird in Untersuchungen hinsichtlich komplexer Gegenstände nicht auf dieses Verhältnis verwiesen, vielmehr bleibt meist unklar, welche Features ein komplexes Objekt kennzeichnen. Je komplexer etwas allerdings ist, desto schwieriger scheint es zu erkennen zu sein, je weiter es von seiner aufrechten Position (canonical view) weggedreht ist. In einigen Studien zeigte sich, dass die Rotation von 3D-Formen im Vergleich zu anderen Stimuli am längsten dauert und zu den meisten Fehlern führt (Collins & Kimura, 1997; Jordan et al., 2002; Roberts & Bell, 2003; Vanrie et al., 2002). Dass dieser Unterschied aus der Komplexität des Stimulusmaterials resultiert, kann man allerdings nur indirekt schließen. Die typischen 3D-Formen sind scheinbar nicht nur wenig distinktiv, sondern auch sehr komplex. Eine explizite Messung der Reaktionszeiten hinsichtlich der Komplexität der Objekte führten Cohen und Polich (1989), Cooper (1975) und Roberts und Bell (2003) durch. Letztere zeigten, dass die Errorraten bei 3D-Figuren höher waren als bei 2D-Figuren und dies war bei Frauen noch stärker als bei Männern. Die Komplexität in ihrer Untersuchung definierte sich durch die Rotation über drei Achsen (along three planes). Cooper hat fünf Levels der Komplexität zusammengestellt, bezogen auf die Beschreibung der Komplexität von Attneave. Die Figuren mit mehreren Eckpunkten waren in ihrer Erkennungszeit nicht signifikant im Nachteil. Es muss kritisch angemerkt werden, dass die Autorin nur vier Rotationsstufen (0, 60, 120, 180 Grad) in ihrer Untersuchung eingesetzt hat. Möglicherweise ergibt sich dieses nicht signifikante Ergebnis aufgrund des wenig differenzierten Versuchsdesigns. Trotzdem zeigt sich – ersichtlich aus der Grafik - eine gewisse Tendenz zum Einfluss der Komplexität.

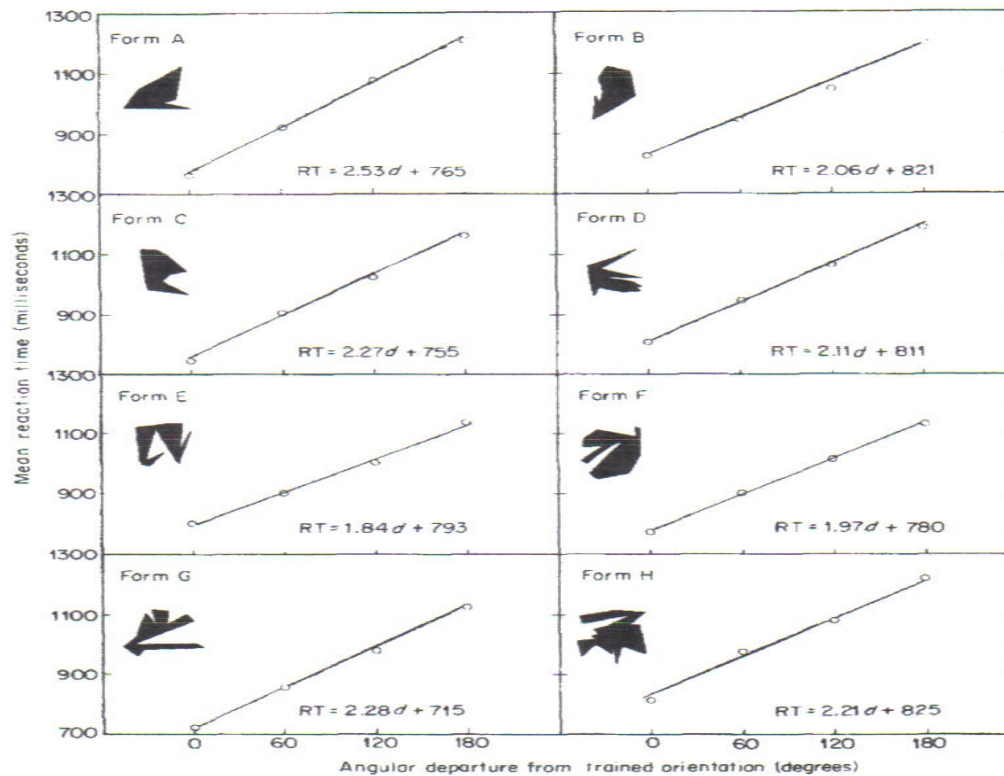


Abbildung 5-9: Reaktionszeiten für die einzelnen Stimuli unterschiedlicher Komplexität (=Anzahl der Eckpunkte) (Cooper, 1975).

Collins und Kimura, die die mentale Rotation mittels MRT gemessen haben, schließen aufgrund der ähnlichen Unterschiede der Geschlechter zwischen 2D- und 3D-Formen, dass die Komplexität und nicht die Dimension des Stimulus bzw. die Aufgabenschwierigkeit für die schlechteren Leistungen bei 3D-Formen verantwortlich ist.

Rilea (2008) beschreibt als ein wesentliches Merkmal der Stimulusart die semantische Bedeutung eines Objekts. Dinge, die keine semantische Bedeutung haben, wie zum Beispiel abstrakte 2D-Formen oder Tetris-Figuren, können nicht so schnell erkannt werden wie bedeutungsvolle Gegenstände. Dabei können auch Formen, die zwar abstrakt, aber möglich sind (weil deren 3D-Linienzeichnung geometrisch korrekt ist und sie ein vorzustellendes Objekt darstellen), bedeutungsvoll sein (Dror et al., 1997; Roberts & Bell, 2003). Nach Rilea sind Stimuli mit semantischer Bedeutung, die Anwendung in Studien zur mentalen Rotation fanden: Buchstaben (Cohen & Polich, 1989; Jordan et al., 2002; Rusiak et al., 2007; White, 1980) Körper und Körperteile (Amorim et al., 2006; Overney et al., 2005; Zacks et al., 1999). Gesichter zeichnen sich ebenfalls durch eine semantische Bedeutung aus (man kann sie zu den Körperteilen zählen) und auch sie wurden in Untersuchungen zur mentalen Rotation mehrfach eingesetzt. Smith und Dror (2001) schlossen aus ihren Ergebnissen, dass bedeutungsvolles

Material schneller gedreht wird als bedeutungsloses aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Strategien. Semantisches Material wird den Autoren zufolge schrittweise verarbeitet, was viel schneller als die holistische Verarbeitung bei bedeutungslosem Material erfolgt. In der Literatur wird allerdings „bedeutungsvoll“ und „familiär“ als gleich verstanden, sodass der Gedanke naheliegt, dass es zu Konfundierungen zwischen Expertise und Bedeutung kommen kann, da wir in den bedeutungsvollen Stimuli – Buchstaben, Körperteile und Gesichter, die sehr familiär sind – mit Sicherheit Expertise aufweisen. Das allerdings bedeutet, dass für zukünftigen Forschungsarbeiten anzuraten ist, mehr Objekte, die für uns bedeutungsvoll und/oder bekannt sind, aber worüber wir keine Expertise besitzen, zu verwenden. Eine Trennung zwischen diesen Termini bzw. Definitionen, welche Objekte bedeutungsvoll und/oder bekannt sind, vorzunehmen, ist mit Sicherheit sehr schwierig und darum wurden in Untersuchungen nur selten genau diese Objekte eingesetzt. Eine Möglichkeit wäre die Rotation von Tieren wie bei Jansen-Osmann und Heil (2006), da diese uns bekannt sind, wir aber keineswegs Expertise aufweisen.

Das Geschlecht der Versuchspersonen spielt in der mentalen Rotation eine wesentliche Rolle. Die Ergebnisse sind aber inkonsistent. Untersuchungen haben gezeigt, dass vor allem bei 3D-Aufgaben die Frauen schlechter abschneiden als die Männer (Collins & Kimura, 1997; Hirsch et al., 2003; Parsons et al., 2004; Roberts & Bell, 2003). Geschlechtsunterschiede konnten in Studien aber auch für 2D-Objekte gefunden werden, jedoch sind diese weniger konsistent als bei dreidimensionalen Gegenständen. Es zeigten sich in diesen Untersuchungen signifikante Haupteffekte, von der Art oder Unterschieden in der Funktion allerdings war meist keine Rede, sowie auch in dem Experiment von Rilea (2008). Die Autorin beispielsweise kam zu dem Ergebnis, dass Männer bei zweidimensionalen Objekten sowie Buchstaben weniger Fehler machten als die Frauen, während bei den körperähnlichen Stimuli keine Differenzen zu verzeichnen waren. Es lässt sich dadurch schlussfolgern, dass Geschlechtsunterschiede wiederum mit der Art des Stimulus konfundiert sind. Möglicherweise führen Expertise, Bedeutung etc. zu einer Ausschaltung von Differenzen zwischen den Geschlechtern. Bei Parkinsonpatienten fanden sich keine Unterschiede zwischen Männern und Frauen im MRT im Gegensatz zur Kontrollgruppe (Hirsch et al., 2003), weil diese Erkrankung generell zu einer schlechteren Rotationsleistung führt. Die Frage ist dann allerdings, warum Jordan et al. (2002) in ihrer Untersuchung keine signifikanten Geschlechtsunterschiede hinsichtlich zumindest der Tetrisformen zeigen konnten, es war

lediglich eine Tendenz zu verzeichnen, dass die Frauen insgesamt langsamer waren und mehr Fehler machten als die Männer. Scheinbar besteht eine starke Vermischung vieler Faktoren, die für die Leistungen der Geschlechter verantwortlich sind.

So wie jede Fähigkeit durch Übung und Training verbessert werden kann, ist dies auch bei den Leistungen in der mentalen Rotation der Fall. Durch die Bearbeitung von mehreren Aufgaben mit immer denselben Stimuli werden die Objekte geübt, dadurch kommt es im Verlauf der Testsituation zu schnelleren Reaktionen hinsichtlich der Stimuli. Ältere Studien, wie zum Beispiel Bethell-Fox und Shepard (1988) machten deutlich, dass mit dem Training die Reaktionszeiten sinken. In neueren Untersuchungen wurde dieses Ergebnis repliziert. Heil et al. (1998) hatten in ihrer Untersuchung eine Versuchsgruppe, die verschiedene Übungsphasen und anschließend Testphasen zu durchlaufen hatte, und eine Kontrollgruppe, die nur die Testphasen absolvieren musste. Sie konnten zeigen, dass zwar über die Übungsphasen hinweg die Reaktionszeiten sanken, alleine durch die Testphasen selbst, ohne spezielles Training, konnten schon Verbesserungen erzielt werden. Die Fähigkeit muss nicht unbedingt explizit trainiert werden, auch das inzidentelle Lernen führt zu Steigerungen der Leistungen. James et al. (2001) untersuchten den Effekt einer physikalischen Rotation auf die mentale Rotationsleistung, da in der Literatur davon ausgegangen wird, dass eine mentale Rotation einer physikalischen Rotation gleicht, einerseits vom Bewegungsablauf her und andererseits von der Zeit, die benötigt wird, diese durchzuführen. Die Ergebnisse lassen schließen, dass durch Einüben der Objekte, indem sie am Bildschirm von den Versuchspersonen selbst rotiert werden, spätere Diskriminationsaufgaben besser bewältigt werden, als wenn Objekte nur in verschiedenen Ansichten, ohne die Rotation dieser mitverfolgen zu können, gelernt werden.

Es ist deutlich ersichtlich, dass viele verschiedenen Faktoren Einfluss nehmen, sodass diese meist auch nicht klar voneinander abgegrenzt werden können. Die Aspekte, die mit Sicherheit nicht die einzigen, aber die wesentlichsten Einflussfaktoren sind, sind Expertise, die Art des Stimulus, die Distinktheit, die Komplexität der Stimuli, die semantische Bedeutung, das Geschlecht, sowie auch Lerneffekte. Das Paradigma der mentalen Rotation ist sehr komplex, es müssen viele Subprozesse und Strukturen berücksichtigt werden.

5.5 Strategien der und anstelle von mentaler Rotation

In den Anfängen der mentalen Rotationsforschung war immer vorrangig von linearen Funktionen in Studien zur mentalen Rotation die Rede, bzw. wurden andere Ergebnisse als eine lineare Funktion so betrachtet, dass diese eben keine mentale Rotation mehr darstellen (Cohen & Kubovy, 1993; Simion, Bagnara, Roncato & Umiltà, 1982; White 1980), sondern einen anderen Verarbeitungsprozess. Das Kriterium der positiven Steigung nach Cohen und Kubovy wird durch Ergebnisse, die einer linearen Funktion widersprechen, verletzt. Demnach müsste bei allen Objekten, deren Reaktionszeiten keinen linearen Verlauf aufweisen, die mentale Rotation nicht mehr angewendet werden. In früherer Literatur wird selten beschrieben, wann keine mentale Rotation stattfindet, was natürlich auch damit zusammenhängt, dass Grafiken meist als lineare Funktion interpretiert wurden. Ausgenommen bei White (1980), der schon damals explizit davon spricht, dass Kategorisierung und die Benennung von alphanumerischen Stimuli keine mentale Rotation erfordert. Es könnte aber trotzdem eine mentale Drehung durch die Versuchspersonen stattgefunden haben, wenngleich auch die Funktion eine andere war.

Zusammenfassend müssten wir bei bekannten, bedeutungsvollen, distinkten, einfachen Gegenständen und Objekten der Expertise keine mentale Rotation anwenden, da diese in der Literatur durch nichtlineare Funktionen gekennzeichnet sind. Vielen Untersuchungen ist aber gemein, dass, egal welche Materialien, welcher Hintergrund der Untersuchung und welche Art der Erfassung verwendet wird, die Reaktionszeiten irgendwann im Verlauf der Funktion ansteigen (Amorim et al., 2006; Bäuml et al. 1997; Carbon et al., 2007; Cohen & Polich, 1989; Cooper, 1975; Cooper & Shepard, 1973; Dror et al., 1997; Gauthier et al., 2002; Heil et al., 1998; Jordan et al., 2002; Köhler et al., 2005; Koriat & Norman, 2005; Overney et al., 2005; Rilea, 2008; Rusiak et al., 2007; Schwaninger, 2004; Shepard & Judd, 1976; Shepard & Metzler, 1971; Valentine & Bruce, 1988; Vanrie et al., 2002; White, 1980), wenngleich sich die Funktionen häufig grundlegend unterscheiden und meist auch nicht linear sind, obwohl von den Autoren oft angenommen.

Das Kriterium der linearen Funktion ist aus diesen Gründen zweifelhaft. Im Folgenden wird es bei der Beschreibung von verschiedenen Methoden, die beim Abgleich von zwei gleichen, verdrehten Objekten, angewendet werden, außer Acht gelassen.

Es ist natürlich sehr schwierig festzustellen, welche Verarbeitungsprozesse im Gehirn wirklich bei der Erkennung von verdrehten Objekten stattfinden, da die mentale Rotation nur indirekt über die Messung von Reaktionszeiten und Fehlerquoten zu erfassen ist. Daher können nur Vermutungen angestellt werden, welche Prozesse tatsächlich stattfinden. Unterschiedliche Autoren beschreiben Methoden und Strategien der Formerkennung. Einige Untersuchungen sprechen von holistischen versus schrittweisen (analytischen) Strategien (Jordan et al., 2002; Rilea, 2008), die scheinbar nicht nur in der Wahrnehmung sondern auch in der mentalen Rotation Anwendung finden. Unter Verwendung eines stückweisen Prozesses wird die Reaktionszeit verlangsamt. Früher, unter Anwendung von dreidimensionalen Objekten hingegen, fand man zwischen diesen beiden Strategien - der ganzheitlichen und der schrittweisen Rotation – keine Unterschiede, was möglicherweise auf das Stimulusmaterial zurückzuführen war, da wir bei 3D-Objekten generell schlechter sind, sodass die angewandte Strategie zu keinen Verschlechterungen mehr führt. Die Fehlerrate ist bei der ganzheitlichen Rotation jedenfalls sensitiver als bei der schrittweisen. Erst bei Shepard und Bethell-Fox (1988; zitiert nach Heil et al., 1998) konnte gezeigt werden, dass die schrittweise Strategie der mentalen Rotation zu längeren Reaktionen führt, weil unbekannte Objekte in einzelne Teile zerlegt und rotiert und bekannte Gegenstände als Ganzes gedreht werden.

Cohen und Kubovy (1993) berichten, dass Personen Formen orientierungsgebunden speichern, das bedeutet, sie kodieren sie in der Ausrichtung, in der sie sie geboten kriegen. Die Erkennung des Objekts erfolgt anschließend in dieser Ausrichtung am besten. Orientierungsfreie Speicherung bedeutet hingegen, dass die Figur ohne externale Koordinatenbezugsrahmen gespeichert wurde, sodass die Erkennung in allen Ausrichtungen gleich schnell abläuft. Der mentalen Rotation sind also mentale Repräsentationen zugrunde liegend. Dieser Aspekt wurde in der neueren Literatur allerdings nicht explizit verfolgt. Spinnt man diesen Gedanken aber weiter, so besteht die Möglichkeit, dass man bei bekannten Objekten und Objekten der Expertise mehrere Ausrichtungen gespeichert hat, sodass man bei Verdrehung dieser nur mehr die kodierte Repräsentation aus dem Gehirn abruf und diese mit dem Target vergleicht. Dies allerdings entspricht nicht der mentalen Rotation, es handelt sich hier lediglich um einen Abruf- und

Abgleichprozess. Hayward et al. (2006) beschreiben, dass viele Untersuchungen zeigen, dass bekannte Objekte, die in der Bildebene gedreht wurden, nicht durch mentale Rotation erklärt werden können, möglicherweise fand genau so ein Abrufprozess statt. Trotzdem bleibt die Möglichkeit, dass die mentale Rotation der Erkennung von qualitativ ähnlichen Objekten und Figuren mit wenig distinktiven Merkmalen zugrunde liegt.

Grundsätzlich wird angenommen, dass die mentale Rotation im rechten Parietallappen des Gehirns stattfindet (Cohen et al., 1996; Gauthier et al., 2002; Vanrie et al., 2002; Wilson & Farah, 2006). Tatsache ist allerdings, die Gehirnaktivität ist eine andere bei den verschiedenen Strategien. Männer und Frauen zeigen unterschiedliche kortikale Aktivitäten (Jordan et al., 2002; Rilea, 2008; Roberts & Bell, 2003), da sie verschiedene Strategien anwenden. Die Evidenzen der Gehirnaktivitäten zeigen deutlich, dass bei „mirror-normal discrimination tasks“ unterschiedliche Methoden angewendet werden, was Köhler et al. (2005) in ihrer Untersuchung mit Affen zu beweisen versuchen.

Unabhängig von den zitierten Strategien beim Abgleich verdrehter Objekte kann zusammengefasst werden: Mentale Rotation ist in der Formerkennung zweifellos ein wichtiger Prozess. Er wird allerdings nicht notwendigerweise zur Objekterkennung an sich benötigt, umgekehrt wird die Objekterkennung nicht für die mentale Rotation gebraucht (Hayward et al. 2006; Tarr & Pinker, 1989).

Daher gelten folgende Aussagen vermutlich aber als besonders zutreffend: a) Formerkennung ist ein sehr komplexer Verarbeitungsprozess, der einerseits aus gespeicherten Ausrichtungen von Objekten besteht, und in dem andererseits mentale Transformationen eine wichtige Rolle spielen (Tarr & Pinker, 1989), vor allem bei neuen Objekten. b) Es herrschen multiple Arten der Speicherung bei der Erkennung von Formen.

6 Empirische Studie

Wie bereits in früheren Kapiteln dieser Arbeit erwähnt, gibt es eine weite Forschungsliteratur, die sich mit der mentalen Rotation beschäftigt. Das erste zentrale Ergebnis dieser Studien zeigten eine lineare Funktion der Reaktionszeiten sowie der Fehlerrate mit steigender Winkeldisparität bei dreidimensionalen unbekannten Formen (Shepard & Metzler, 1971). Dieses Ergebnis konnte auch für andere Stimuli gezeigt werden (vgl. Cooper, 1975). In weiterer Folge wurden in den Untersuchungen unterschiedliche Stimulusarten zur Überprüfung herangezogen, ob diese Einfluss auf die dabei entstehende Funktion der Reaktionszeit haben. Immer häufiger sprachen Studien von linear ansteigenden Reaktionszeiten und Fehlerraten auch bei Objekten, die bekannter waren als die verwendeten Stimuli bei Shepard und Metzler, und Cooper. Dem entgegen gab es einige Untersuchungen, die einen linearen Anstieg nicht belegen konnten.

Carbon et al. (2007) machten in ihrer Studie zum ersten Mal deutlich, dass die bisher gefunden Linearitäten nicht linear anmuten, wenn die Punkte innerhalb des Punktschwarms direkt verbunden werden und nicht einfach nur eine Gerade durch den Schwarm gelegt wird. Die sich so ergebenden Funktionen scheinen eher sigmoid. Die Autoren konnten in ihrer Untersuchung zeigen, dass Prosopagnosiepatienten schlechtere Leistungen in der Rotation von Gesichtern erbrachten, ihre Reaktionszeiten stiegen linear an. Im Gegensatz dazu bildet sich in der Kontrollgruppe eine sigmoide Funktion. Die Ergebnisse sprechen für einen Einfluss der Expertise bzw. Non-Expertise. Ausgehend von dieser Studie soll in der folgenden Arbeit untersucht werden, ob Expertise zu besseren mentalen Rotationsleistungen führt.

Der anfängliche Grund für die Untersuchungen der mentalen Rotation, nämlich die Sichtweise, dass Transformation ein notwendiger Prozess der Objekterkennung sei, wird heute nicht mehr bestätigt. Mentale Rotation ist zwar ein wichtiger Prozess in der Wahrnehmung, jedoch kein notwendiger in der Objekterkennung (Hayward et al., 2006; Tarr & Pinker, 1989). Trotzdem wird in neueren Untersuchungen immer wieder gezeigt, dass die unterschiedlichen Rotationsleistungen aufgrund von verschiedenen Verarbeitungsstrategien in der Wahrnehmung zustande kommen. Angenommen wird, dass bei unbekannten Objekten eine schrittweise Verarbeitung stattfindet, was zu einer schlechteren Erkennensleistung führt. Bei bekannten Gegenständen (Objekten der Expertise) sollten wir schon mehrere Repräsentationen dessen in unserem Gehirn

gespeichert haben, sodass eine ganzheitliche Verarbeitung zu schnelleren Reaktionen führt. Diese Frage, welche Strategien in der mentalen Rotation angewendet werden, wird ebenfalls in der vorliegenden Arbeit thematisiert.

Zur Überprüfung der Annahmen wurde ein Experiment unter Verwendung sowohl von Schriftzeichen als auch von Gesichtern der Expertise und Non-Expertise durchgeführt. Schriftzeichen und Gesichter sind sehr homogene Objektklassen und in diesen weisen Menschen an sich schon hohe Expertise auf. Innerhalb dieser können allerdings trotzdem wieder Objekte unterschieden werden, in denen wir mehr oder weniger gute Leistungen erbringen. Wird für Non-Expertiseobjekte eine schlechtere Erkennensleistung erwartet, so sollte sich dies in den durchschnittlichen Reaktionszeiten und Fehlerraten in dem Sinne ausdrücken, dass bei Expertiseobjekten schnellere Reaktionszeiten zu erkennen sind. In diesem Falle kann auch von einer schrittweisen Verarbeitung der Stimuli der Non-Expertise und einer eher ganzheitlichen Verarbeitung der Objekte der Expertise ausgegangen werden. Außerdem werden eine Differenz der Ergebnisse hinsichtlich der Art des Stimulus (der Objektklasse) und ebenso ein Einfluss des Geschlechts mit besseren Leistungen der Männer in allen möglichen Versuchsbedingungen erwartet. Diese theoretischen Annahmen, die aus der Literatur begründet werden, sollen im Folgenden ebenfalls thematisiert werden.

6.1 Hypothesen

H_0^{1a} : Es gibt keine unterschiedlichen Reaktionszeiten zwischen den Gruppen abhängig von den Rotationswinkeln.

H_1^{1a} : Es gibt signifikant unterschiedliche Reaktionszeiten zwischen den Gruppen in Abhängigkeit von den Rotationswinkeln.

H_0^{1b} : Die Fehlerraten sind nicht unterschiedlich zwischen den Gruppen in Abhängigkeit von den Rotationswinkeln.

H_1^{1b} : Die Fehlerraten sind signifikant unterschiedlich zwischen den Gruppen abhängig von den Rotationswinkeln.

H_0^{2a} : Objekte der Expertise führen nicht zu schnelleren Reaktionszeiten.

H_1^{2a} : Objekte der Expertise führen zu signifikant schnelleren Reaktionszeiten.

H_0^{2b} : Objekte der Expertise führen nicht zu niedrigeren Fehlerraten.

H_1^{2b} : Objekte der Expertise führen zu signifikant niedrigeren Fehlerraten.

H_0^{3a} : Frauen und Männer unterscheiden sich nicht in den Reaktionszeiten.

H_1^{3a} : Frauen und Männer unterscheiden sich signifikant in den Reaktionszeiten.

H_0^{3b} : Frauen und Männer unterscheiden sich nicht in den Fehlerraten.

H_1^{3b} : Frauen und Männer unterscheiden sich signifikant in den Fehlerraten.

6.2 Methode und Durchführung

6.2.1 Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen 99 Personen (größtenteils Psychologie-Studenten und einige wenige berufstätige Personen mit und ohne Matura) im Alter von 18-35 Jahren teil. Das durchschnittliche Alter betrug $M= 23.1$ Jahre ($SD= 3.1$). Alle Versuchspersonen waren Freiwillige, sie unterzeichneten eine Einverständniserklärung, in der alle Rechte und Pflichten formuliert waren. Die Testpersonen hatten keinerlei Vorerfahrung oder Vorwissen mit der mentalen Rotation und der Erkennung von Gegenständen.

6.2.2 Versuchsmaterial

Für die Untersuchung wurden Bilder von Schriftzeichen, Gesichtern und Tieren (3 Objektklassen) verwendet. Die Expertiseklasse für Gesichter stellte vier Gesichter aus dem kaukasischen Kulturkreis dar. Die Non-Expertiseklasse setzte sich aus je zwei Gesichtern des asiatischen Raums und von dunkelhäutigen Personen zusammen. Die Non-Expertise der Gesichter wurde begründet durch den Other-race Effekt, der besagt, dass wir Gesichter eines anderen Kulturkreises schlechter erkennen können als jene des eigenen (siehe Kapitel 5). Die Expertise der Schriftzeichen stellte 4 Großbuchstaben aus dem lateinischen Alphabet dar (G, S, R, B), die Non-Expertise setzte sich aus 4 chinesischen Schriftzeichen¹ zusammen, mit der Begründung diese in unserem Kulturkreis nicht gelernt zu haben. Die Fotos der Gesichter wurden aus einer bereits für frühere Untersuchungen erstellten Fotodatenbank des Instituts für allgemeine

¹ 水 = Wasser, 夫 = Ehemann, 女 = Ehefrau, 力 = Kraft; Quelle: Internetrecherche

Psychologie der Universität Wien entnommen. Die Auswahl der Gesichter erfolgte anhand der Qualität des Bildes, der Ansicht des Gesichts, der Distinktheit, sowie dem Faktor, dass Haare nicht ins Gesicht fallen sollten. Bei der Auswahl der chinesischen Zeichen wurde auf eine nicht zu große Komplexität geachtet, es wurden nur solche, die aus einem Teil bestanden, verwendet.

Die dritte Objektklasse setzte sich aus vier Bildern von Tieren (Meerschweinchen, Hase, Hund und Schmetterling) für die Expertiseklasse und vier Abbildungen von sogenannten „Wolpertingern“ (Wahrzeichen von Bayern, wobei ein Tier aus unterschiedlichen Teilen von echten Tieren zusammengesetzt wird – meist ausgestopft) zusammen².

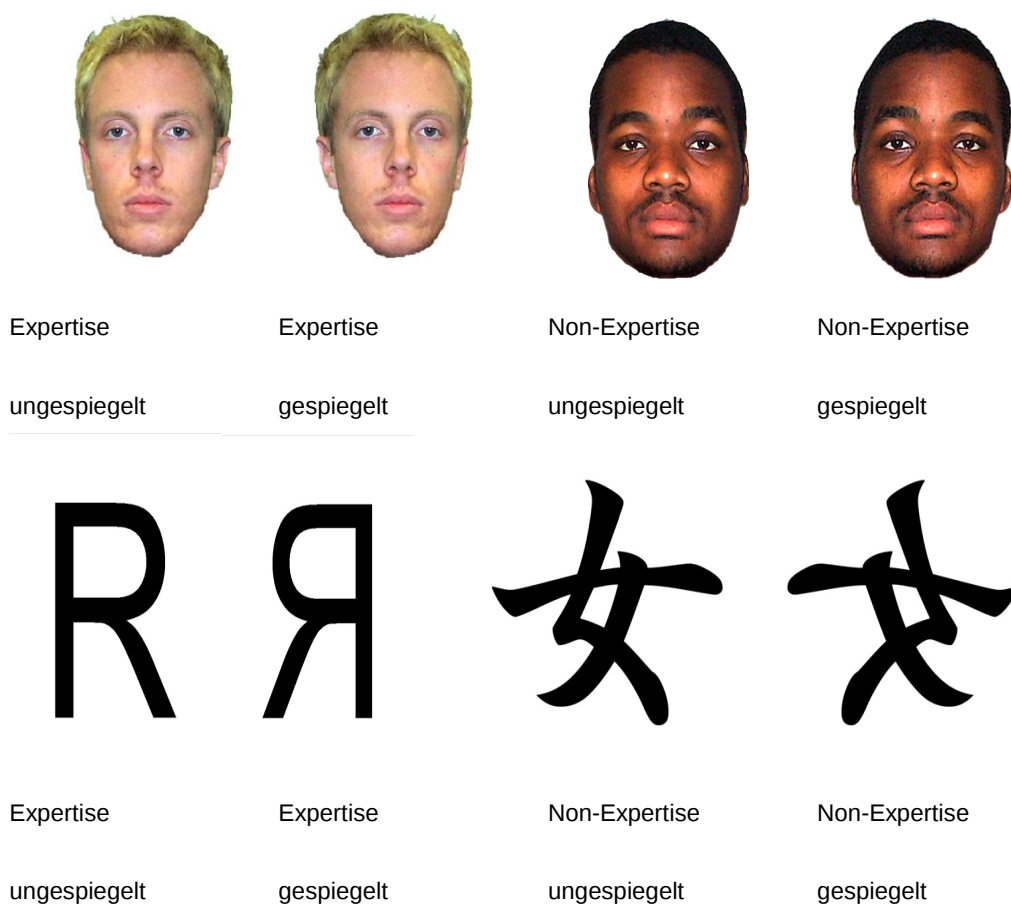


Abbildung 6-1: Auswahl des Stimulusmaterial für die beiden Objektklassen Gesichter und Schriftzeichen.

Die Gesichter wurden in ihrer Frontalansicht zur Verfügung gestellt, ebenso waren die Schriftzeichen in ihrer aufrechten Position vorhanden. In einem

² Diese letzte Objektklasse, sowie die Auswertung der Daten dieser, wird hier nicht näher beschrieben, da sie in die Analyse der vorliegenden Diplomarbeit nicht eingeht (siehe Diplomarbeit von Frau Stagl).

weiteren Schritt wurden die Fotos mit Adobe ® Photoshop 7.0 bearbeitet. Um Rotationen in der Bildebene zu ermöglichen, wurden die Bilder in 15°-Abständen vervielfältigt, sodass jedes Bild in 13 verschiedenen Ausrichtungen vorhanden war (0°-180°). Positionen zwischen 180° und 360° wurden weggelassen, da diese zu genau gegenteiligen Ergebnissen (die Reaktionszeiten müssen genau umgekehrt zurückgehen) führen. Ausrichtung von 360° nach 180° gehend sollten demnach genau die gleichen Ergebnisse erzielen wie von 0° nach 180° wandernd, sodass eine Erfassung nicht notwendig ist. Um eine Entscheidung über Gleichheit zu evozieren, wurden weiters alle Positionen der Bilder gespiegelt, was letztendlich jedes Bild in 26 verschiedenen Möglichkeiten darstellte. Die Spiegelung gleicht der üblichen Vorgehensweise in der mentalen Rotation, wonach sogenannte „mirror discriminations tasks“ Anwendung finden. Insgesamt entstanden somit 624 (24x13x2) verschiedene Stimuli für die gesamte Testung. In der Analyse der vorliegenden Arbeit gingen nur die Gesichtsstimuli und die Schriftzeichen ein, wodurch eine Reduzierung der Items auf 416 (16x13x2) erfolgte.

In einem abschließendem Schritt wurden alle Bilder mit der gleichen Bildgröße versehen, sowie die Größen der dargestellten Objekte an sich in eine einheitliche Größe gebracht, da durch die Drehungen Verkleinerungen und Vergrößerungen im Gesicht/Schriftzeichen zustande kamen. Zusätzlich wurde der Hintergrund der Bilder standardisiert, um externe Unterscheidungsmerkmale möglichst auszuschließen.

6.2.3 Versuchsdesign

Das Design der Untersuchung wurde im Computerprogramm PsyScope (Cohen, MacWhinney, Flatt & Provost, 1993) programmiert. PsyScope ist eine Software, die speziell für die experimentelle Psychologie entwickelt wurde. Sie ermöglicht eine exakte Messung der Reaktionszeiten von Versuchspersonen. Die vorab bearbeiteten Bilder wurden in das Programm übertragen und in die Programmierung des Versuchs eingebettet.

6.2.4 Versuchsablauf

Die Versuchspersonen lasen zuerst Einverständniserklärungen, unterzeichneten diese und füllten einen Bogen über Angaben zur eigenen Person aus.

Vor der eigentlichen Untersuchung war es Aufgabe der Versuchspersonen, vier Tests unter Anleitung des Testleiters zu bearbeiten. Diese dienten zur Erfassung von etwaigen Sehschwächen, der Händigkeit und der Äugigkeit. Vorgegeben wurden der Sehschärfetest, der Ishihara Kurztest zur Identifizierung von Farbschwäche, der Äugigkeitstest und der Edinburgh Händigkeitstest.

Das Experiment selbst bestand aus 6 Blöcken, die durch die Versuchspersonen zu bearbeiten waren. Insgesamt bestand die Untersuchung aus 624 Items, 5 Pausen wurden in *Psyscope* programmiert. Jeweils nach 104 bearbeiteten Items wurde eine Pause angeboten. Die Länge dieser Pausen konnte von den Teilnehmern selbst bestimmt werden, durch Knopfdruck wurde die Testung fortgesetzt.

Zu Beginn der Untersuchung erhielten die Versuchspersonen zwei Instruktionstafeln. Durch Drücken einer beliebigen Taste wurden sie jeweils zur nächsten Tafel weitergeleitet. Wenn sie diese gelesen hatten, konnten sie durch Knopfdruck mit der eigentlichen Testung beginnen, dabei wurde bereits die erste Aufgabe vorgegeben.

Den Versuchspersonen wurde in der linken oberen Hälfte des Bildschirms ein Target (Bild einer Stimulusklasse in seiner aufrechten Position) und gleichzeitig in der rechten unteren Hälfte ein Vergleichsobjekt gezeigt, das rotiert (in Abständen von 15° bis maximal 180°) und/oder gespiegelt oder ungespiegelt war. Das Vergleichsobjekt stellte niemals einen völlig anderen Gegenstand als das Target dar. Die Unterscheidung der beiden zu vergleichenden Bilder war lediglich durch die Spiegelung zu treffen, so wie es in den „mirror-normal discrimination tasks“ immer der Fall ist. Aufgabe der Teilnehmer war es, so schnell aber auch so genau wie möglich zu entscheiden, ob das Vergleichsbild vom Target verschieden (also gespiegelt) ist oder nicht. Dabei spielte für die Entscheidung über Verschiedenheit die Rotation keine Rolle. Die Tastenbelegung für gleich und verschieden waren die Buchstaben „m“ und „x“ auf der Tastatur, wobei die Belegung, welche Taste „gleich“ und welche „verschieden“ bedeutete, den Versuchspersonen zufällig zugeteilt wurde, um einen Einfluss der Tastenbelegung zu vermeiden. Diese wurde den Versuchspersonen am unteren Rand des Bildschirms während der gesamten Testung angezeigt, sodass es zu

keinen Verwechslungen beim Drücken der passenden Taste kommen konnte. Nach Drücken von „m“ oder „X“ durch die Teilnehmenden erschien auf dem Bildschirm sofort die nächste Bearbeitungsaufgabe.

Gemessen wurden die Zeiten, die die Personen vom Erscheinen der Bilder bis zum Drücken der Taste brauchten, sowie die Anzahl an richtigen und falschen Antworten. Die Versuchspersonen erhielten kein Feedback, ob die Beantwortung richtig war oder nicht.

In einem letzten Schritt sollten die Versuchspersonen einen Fragebogen in Bezug auf Expertise bearbeiten. Es wurden Fragen bezüglich möglicher Lese- und Rechtschreibungsschwierigkeiten der Personen, sowie Bekanntheit der vorgekommenen Gesichter und Wissen über die afrikanische bzw. asiatische Kultur gestellt. Dieser Fragebogen sollte ausschließen, dass unter den Versuchspersonen Teilnehmer zu finden waren, welche in bestimmten Bereichen Expertise aufwiesen. In diesem Falle wurde ein Ausschluss der Daten dieser Person vorgenommen.

Das Experiment dauerte je nach Versuchsperson durchschnittlich zwischen 45 und 60 Minuten.

6.3 Ergebnisse

Nach Beendigung der Testung wurden die Daten sortiert, Anschließend in Microsoft Excel übertragen und die Anzahl der falschen und richtigen Antworten für jede Versuchsperson berechnet.

Die extrahierten Daten wurden mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS 15.0 analysiert. Außerdem wurden die Werte bereinigt: Alle Werte, die zwei individuelle Standardabweichungen unter oder über dem personenspezifischen Mittelwert lagen, wurden aus der Analyse ausgeschlossen.

Weiters wurden einzelne Variablen für eine detaillierte Analyse in neue Datenfiles kopiert und die für die Auswertung notwendigen neuen Variablen konstruiert.

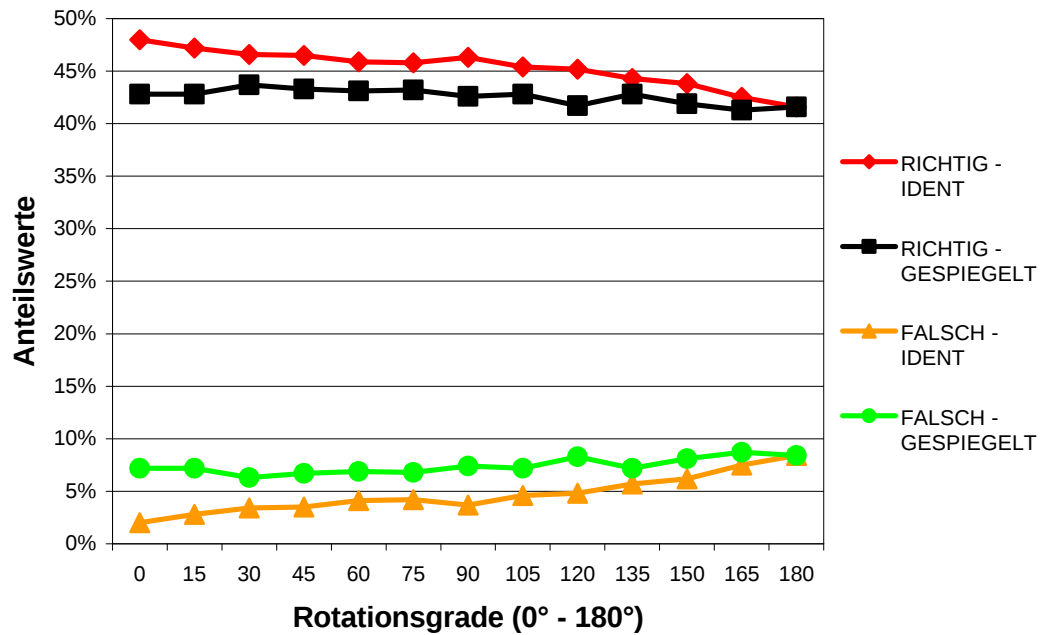


Abbildung 6-2: Anteilswerte der richtigen und falschen Antworten für die gleichen und gespiegelten Items

Aus der obigen Grafik ist ersichtlich, dass der Anteil der korrekten Antworten größer ist als der der Falschen. Nach hinten zeigt sich ein kleiner Trend in Richtung weniger werden der korrekten und mehr werden der falschen Antworten. Dies ist durch einerseits Nachlassen der Konzentration, aber auch durch die höheren Rotationsgrade und somit möglicherweise schlechtere Erkennensleistung zu erklären, worauf in der weiteren Analyse mehr Bezug genommen wird.

Die abhängigen Variablen der Untersuchung stellten die Reaktionszeiten und die Anzahl der falschen bzw. korrekten Antworten dar. Für die Analyse wurden jeweils gemittelte Werte verwendet. Es wurden jeweils die Reaktionszeiten der korrekten und inkorrekten Antworten und die Anzahl der falschen und richtigen Antworten gegenübergestellt. Weiters wurden in der Untersuchung 4 unabhängige Variablen erstellt: die Objektklasse (Schriftzeichen, Gesichter), Expertise (Expertise, Non-Expertise), Rotationsgrad (13 – zwischen 0° und 180° liegend in 15°-Abständen) und die Spiegelung (ungespiegelt, gespiegelt). Daraus ergibt sich für die statistische Auswertung ein vierfaktorielles 2x2x13x2-Design.

6.3.1 Auswertung des Fragebogens

Zur Erhebung von Expertise bzw. Non-Expertise in den relevanten Bereichen wurde im Anschluss an die Testung ein Fragebogen vorgegeben.

Leseschwierigkeiten. Im Fragebogen wurde hinsichtlich Leseschwierigkeiten und einer diagnostizierten Legasthenie nachgefragt. Insgesamt sechs Personen antworteten innerhalb dieser beiden Fragen mit „Ja“, davon beschrieben zwei Teilnehmer „nur“ eine Legasthenie aufzuweisen und eine Person „nur“ Schwierigkeiten beim Lesen zu haben. Insgesamt aber gaben drei Teilnehmer sowohl Legasthenie als auch Lese Probleme an.

Gesichtsstimuli. Die Teilnehmer wurden bezüglich der Häufigkeit, mit der sie mit dem asiatischen bzw. afrikanischen Kulturkreis zu tun hatten, befragt. Außerdem war es notwendig zu erheben, ob jemand von den auf den Bildern gezeigten Personen bekannt war. Keiner der Versuchspersonen war ein Gesicht bekannt; ein Teilnehmer glaubte, Boris Becker erkannt zu haben, dieser war aber nicht abgebildet.

59.6% der Befragten gaben an, Menschen aus dem asiatischen Kulturkreis zu kennen, 40.4% gaben an, keine asiatischen Personen zu kennen. 5.1% der Teilnehmer berichteten, dass es ihnen gar nicht schwer falle, wenn sie zwischen mehreren Leuten aus dem asiatischen Kulturkreis differieren sollen, 16.2% antworteten, dass es ihnen wenig schwer falle, 33.3% berichteten von einer mittelschweren Unterscheidung, 29.3% von einer etwas schweren Differenzierung, 14.1% gaben an die Differenzierung sehr schwer zu finden und 2% der Personen haben auf diese Frage keine Antwort gegeben. 14.1% der Teilnehmer berichteten nie mit Menschen aus dem asiatischen Raum zu tun zu haben und 46.5% nur selten.

54.5% der Befragten gaben an, Menschen aus dem afrikanischen Kulturkreis zu kennen, 45.5% berichteten niemanden zu kennen. 5.1% der Teilnehmer beschrieben, dass es ihnen gar nicht schwer falle, wenn sie zwischen mehreren Leuten aus dem afrikanischen Kulturkreis differieren sollen, 23.2% antworteten, dass es wenig schwer falle, 28.3% gaben eine mittelschwere Unterscheidung an, 30.3% eine etwas schwere, 11.3% berichteten von einer sehr schweren

Differenzierung und 2% der Personen haben auf diese Frage keine Antwort gegeben.

20.2% der Befragten gaben an, nie mit Menschen aus dem afrikanischen Raum zu tun zu haben, 51.5% nur selten.

Schriftzeichen. Hinsichtlich der Klasse Schriftzeichen wurden die Versuchsteilnehmer aufgefordert, die Buchstaben, als auch die asiatischen Schriftzeichen zu reproduzieren. 3 Personen konnten keinen Buchstaben abrufen (3%). 9 Teilnehmer konnten 2 der 4 Buchstaben reproduzieren (9%). Insgesamt 37 Leute (37.5%) waren in der Lage 3 Buchstaben abzurufen und immerhin 50 konnten alle 4 Charts wiedergeben. 50.5%, in etwa die Hälfte der Versuchsteilnehmer, reproduzierten alle 4 Buchstaben (B, G, R, S).

Mehr als die Hälfte aller Teilnehmer bezeichneten die asiatischen Schriftzeichen mit „asiatische“ - , „chinesische“ - , „japanische“ Schriftzeichen, Mandarin oder Kaligraphie, aber nur 1 Person konnte die Bedeutung aller 4 Zeichen richtig wiedergeben. Deren Werte hinsichtlich der Non-Expertiseklasse in den Schriftzeichen wurden aus der Analyse ausgeschlossen, da hier davon ausgegangen werden kann, dass diese Person Expertise in den vorgegebenen Zeichen aufweist.

Einschätzung der Raumvorstellung. Mentale Rotation ist eine Fähigkeit, die zu den Fertigkeiten in der Raumvorstellung zählt. Daher wurde nach Selbsteinschätzungen in der Raumvorstellungsfähigkeit gefragt. 3% der Befragten schätzten ihre Raumvorstellung als sehr schlecht ein, 15.2% als schlecht, 51.5% durchschnittlich, 21.2% gut und 9.1% sehr gut. 5.1% der Teilnehmer schätzten ihre Orientierungsfähigkeit auf einer Landkarte als sehr schlecht ein, 18.2% schlecht, 34.3% durchschnittlich, 31.3% gut und 11.1% sehr gut.

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen hinsichtlich der Selbsteinschätzung der Orientierungsfähigkeit auf einer Landkarte, mit $Z = -3.2$, $p = .001$. Außerdem resultierte eine signifikante Differenz in der Einschätzung der eigenen Raumvorstellungsfähigkeit, mit $Z = -4.0$, $p < .001$. Die Männer dieser Stichprobe schätzen sich in beiden Fällen besser ein.

Die selbst eingeschätzte Orientierungsfähigkeit auf einer Landkarte und die Selbsteinschätzung der Raumvorstellung wurden einer Korrelation nach

Spearman unterzogen. Die beiden Items korrelieren zu $r = .8$ ($r^2 = 0.6$) signifikant miteinander $p < .001$.

6.3.2 Analyse der Reaktionszeiten

Reaktionszeiten der korrekten Antworten. Zur Überprüfung der Annahmen in der vorliegenden Untersuchung wurde eine vierfache ANOVA mit Messwiederholung berechnet, mit der abhängigen Variable *Reaktionszeit_korrekt*. Innersubjektfaktoren waren die vier unabhängigen Variablen (Objektklasse, Expertise, Rotationsgrad und Spiegelung). Den Zwischensubjektfaktor stellte das Geschlecht dar.

Es wurde für alle Variablen, bei denen der *Mauchly-Sphärizitätstest* signifikant ausfiel, eine Korrektur mittels *Greenhouse-Geisser-Methode* durchgeführt.

Die Effektstärken werden mittels Cohens Aufstellung für Effektgrößen bei Varianzanalysen bewertet (vgl. Bortz & Döring, 2006).

<u>Beurteilung der Effektstärken</u>	
<u>nach Cohen (1988)</u>	
kleiner Effekt	$\eta_p^2 = .10$
mittlere Effekt	$\eta_p^2 = .25$
starker Effekt	$\eta_p^2 = .40$

Tabelle 6-1: Aufstellung der Bewertung der Effektstärken für Varianzanalysen nach Cohen (1988; aus Bortz, 2006)

Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Expertise mit $F(1, 72) = 149.7$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .675$ (großer Effekt). Die Reaktionszeiten unterscheiden sich somit in Abhängigkeit von der Expertise. Aus der Berechnung ergab sich ein zweiter signifikanter Haupteffekt, die Variable Klasse mit $F(1, 72) = 153.1$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .68$ (großer Effekt). Zwischen den Klassen gibt es Unterschiede in der Reaktionszeit der korrekten Antworten. Ebenfalls signifikant ist der Haupteffekt Rotation mit $F(7.9, 568.4) = 57.7$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .445$ (großer Effekt). Dies zeigt, dass die Reaktionszeiten durch die Winkeldisparitäten beeinflusst werden.

Als vierter signifikanter Innersubjektfaktor zeigt sich die Variable Spiegelung mit $F(1, 72) = 43.9$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .378$ (mittlerer Effekt), was für einen Einfluss der Spiegelung auf die Reaktionszeiten der korrekten Antworten spricht.

Deutlich zu erkennen ist, dass alle vier unabhängigen Variablen Einfluss auf den mentalen Rotationsprozess nehmen, trotzdem darf dieses Ergebnis aufgrund von vielen signifikanten Wechselwirkungen in der Analyse nicht ohne weiteres interpretiert werden.

Überlagert werden diese Haupteffekte von mehreren signifikanten Wechselwirkungen:

Es zeigte sich für die Wechselwirkung Expertise*Klasse ein signifikanter Wert mit $F(1, 72) = 144.4$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .667$ (großer Effekt). Aus diesem Grund hängt der Effekt der Expertise von der Objektklasse ab.

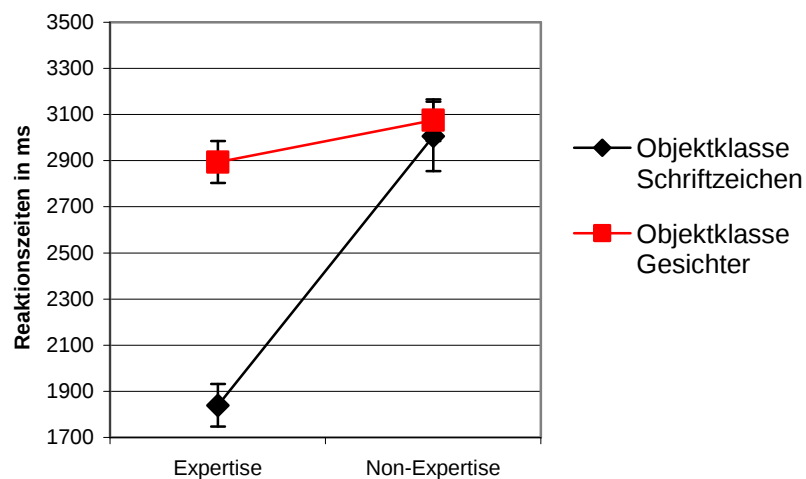


Abbildung 6-3: Wechselwirkungseffekte Expertise*Klasse

Ebenfalls signifikant ist die Wechselwirkung Expertise*Rotation mit $F(9.2, 663.6) = 6.0$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .077$ (kleiner Effekt). Der Einfluss der Expertise wird durch die Rotation beeinträchtigt.

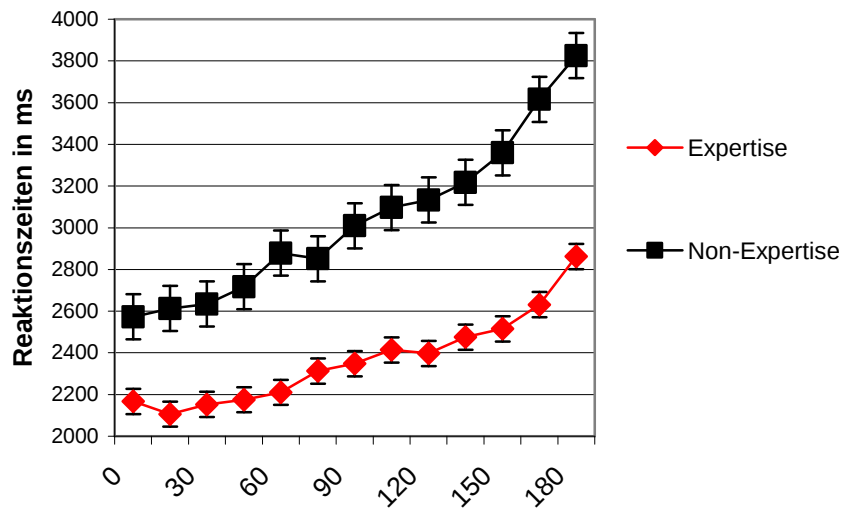


Abbildung 6-4: Interaktion Expertise*Rotation

Außerdem signifikant ist die Wechselwirkung Expertise*Spiegelung mit $F(1, 72) = 18.9$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .208$ (kleiner Effekt)

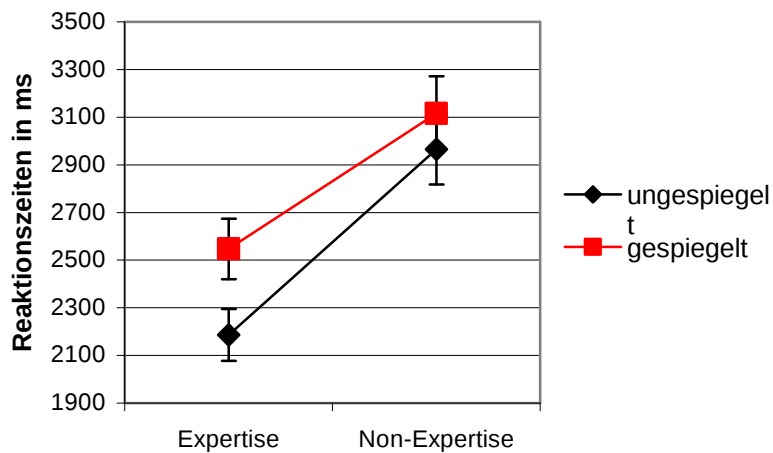


Abbildung 6-5: Wechselwirkungseffekt Expertise*Spiegelung

und die Wechselwirkung Rotation*Spiegelung mit $F(9.0, 646.1) = 4.9$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .063$ (geringer Effekt).

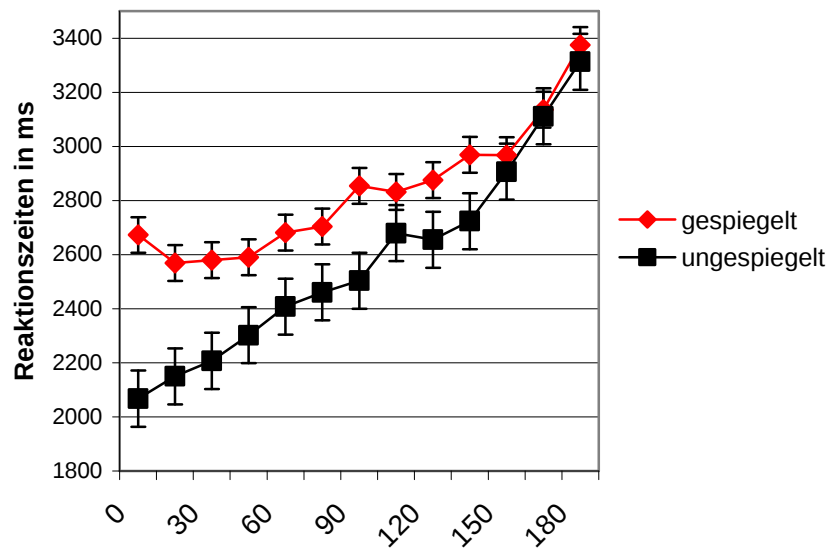


Abbildung 6-6: Interaktion Rotation*Spiegelung

Weiters ergaben sich aus der Analyse folgende signifikante dreifache Wechselwirkungen: Expertise*Klasse*Rotation mit $F(8.8, 631.2) = 3.5, p < .001, \eta_p^2 = .046$ (geringer Effekt);

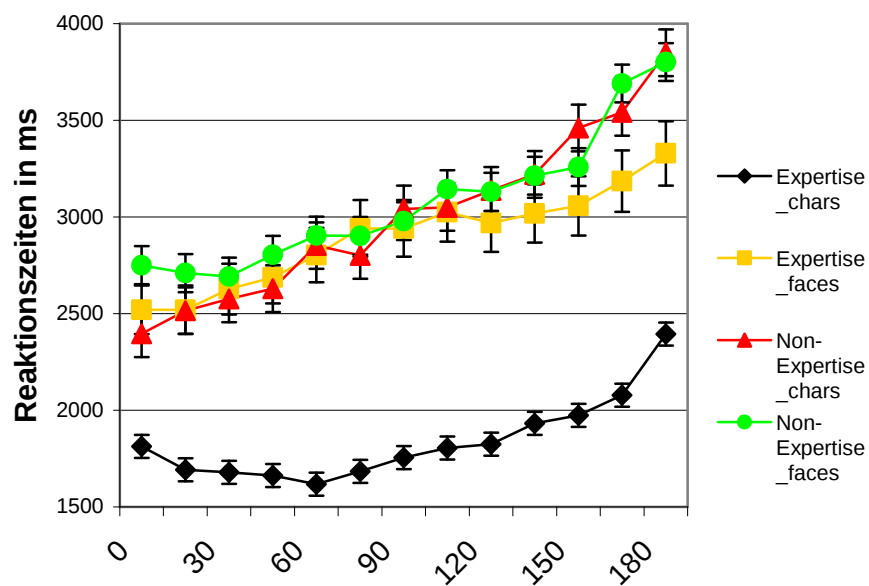


Abbildung 6-7: Wechselwirkung Expertise*Klasse*Rotation

Expertise*Rotation*Spiegelung mit $F(9.7, 695.0) = 3.0, p = .001, \eta_p^2 = .040$ (geringer Effekt).

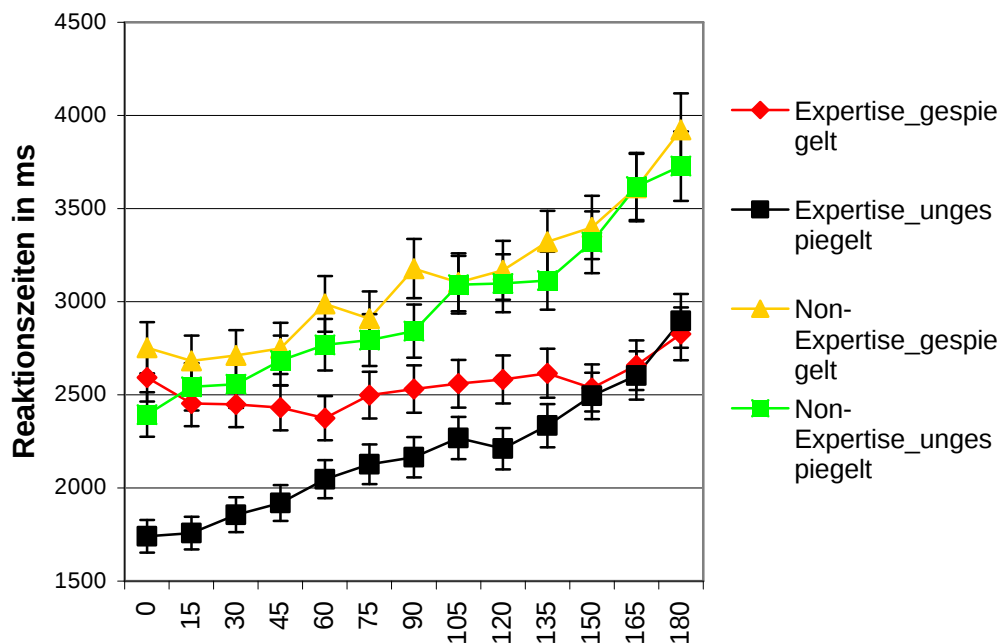


Abbildung 6-8: Interaktionseffekt Expertise*Rotation*Spiegelung

Der Test der Zwischensubjekteffekte mit der Variable Geschlecht ergab wider Erwarten einen nicht signifikanten Wert mit $F(1, 72) = 1.2, p = .271, \eta_p^2 = .017$, *n.s.* jedoch kann eine Tendenz eines besseren Abschneidens der Männer angenommen werden.

Außerdem wurden in der Analyse mehrere einfache bzw. eine zweifache ANOVAs mit Messwiederholung für die Einzeleffekte der unabhängigen Variablen berechnet, jeweils mit dem Geschlecht als Zwischensubjektfaktor.

Es zeigte sich dabei ein signifikanter Haupteffekt der Rotation, mit $F(3.9, 381.2) = 32.1, p < .001, \eta_p^2 = .248$ (mittlerer Effekt). Der Faktor Geschlecht war nicht signifikant, mit $F(1, 97) = 0.02, p = .902, \eta_p^2 = .000, n.s.$

Weiters signifikant zeigte sich der Hauptfaktor Expertise, mit $F(1, 97) = 130.1, p < .001, \eta_p^2 = .573$ (großer Effekt). Hinsichtlich des Geschlechts zeigte sich kein signifikantes Ergebnis, mit $F(1, 97) = 685.2, p = .926, \eta_p^2 = .000, n.s.$

Die Variable Klasse war ebenfalls signifikant, mit $F(1, 97) = 97.5, p < .001, \eta_p^2 = .501$ (großer Effekt). Wider Erwarten war das Geschlecht nicht signifikant, mit $F(1, 97) = 0.03, p = .867, \eta_p^2 = .000, n.s.$ Der Test der Innersubjekteffekte ergab für den Faktor Spiegelung ein signifikantes Ergebnis, mit $F(1, 97) = 17.5, p < .001,$

$\eta_p^2 = .153$ (kleiner Effekt). Das Geschlecht erwies sich wiederum als nicht signifikant, mit $F(1, 97) = 0.004$, $p = .948$, $\eta_p^2 = .000$, *n.s.*

Trotz nicht signifikanter Geschlechtseffekte zeichnete sich an allen Berechnungen eine Tendenz mit besseren Leistungen der Männer ab.

Eine zweifache ANOVA mit den unabhängigen Variablen Rotation und Expertise ergab einen signifikanten Haupteffekt der Expertise, mit $F(1, 96) = 176.5$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .648$ (großer Effekt) und Rotation, mit $F(6.43, 617.2) = 51.9$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .351$ (mittlerer Effekt) und einer nicht signifikanten Wechselwirkung Expertise*Rotation, mit $F(8.9, 851.4) = 1.2$, $p = .284$, $\eta_p^2 = .012$ (geringer Effekt).

Der Zwischensubjektfaktor Geschlecht war wiederum nicht signifikant, mit $F(1, 96) = 1.3$, $p = .25$, $\eta_p^2 = .014$, *n.s.*

Aus den Einzelanalysen der Haupteffekte zeigte sich deutlich ein Einfluss der Variablen Rotation, Expertise und Klasse auf die Reaktionszeiten der korrekten Antworten.

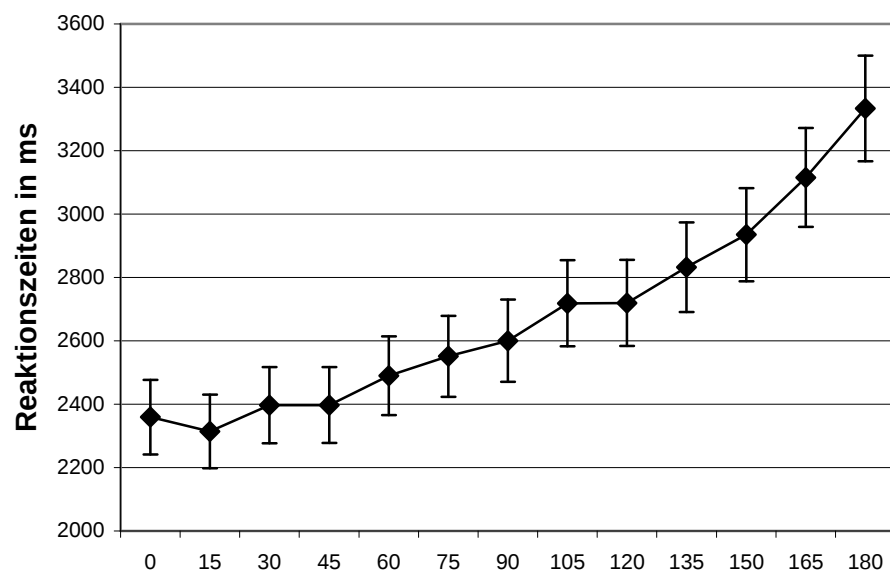


Abbildung 6-9: Reaktionszeiten in Abhängigkeit der Rotationsgrade über alle unabhängigen Variablen

Kurvenanpassungen. Eine Überprüfung der Kurvenanpassung für die korrekten Reaktionszeiten hinsichtlich linearer, quadratischer, logarithmischer, exponentieller, s-förmiger und Potenzfunktion zeigt einen Vorteil der quadratischen Anpassung für den Faktor Expertise mit $R = .987$ ($R^2 = .975$) und einen Vorteil der quadratischen Funktion für die Stufe Non-Expertise mit $R = .988$

($R^2 = .977$) (siehe Abbildungen 6-9 und 6-10), da hier jeweils der Varianzanteil am höchsten erklärt wird.

Kurvenanpassungen unter Berücksichtigung der Klasse hinsichtlich der oben genannten Funktionen ergaben einen klaren Vorrang der quadratischen Steigung für die Chars der Expertise mit $R = .98$ ($R^2 = .96$), für die Chars der Non-Expertise einen weniger deutlichen Vorteil der quadratischen Funktion mit $R = .984$ ($R^2 = .969$) (exponentiell: $R = .984$, $R^2 = .968$). Außerdem zeigte sich ein weniger deutlicher Vorteil der exponentiellen Funktion mit $R = .986$ ($R^2 = .973$) für die Gesichter der Expertise (quadratisch: $R = .986$, $R^2 = .972$) und ein klarer Vorrang der *quadratischen Steigung* für die Gesichter der Non-Expertise mit $R = .984$ ($R^2 = .969$).

Es kann in allen Fällen davon ausgegangen werden, dass die Funktion *nicht* einer linearen Steigung entspricht.

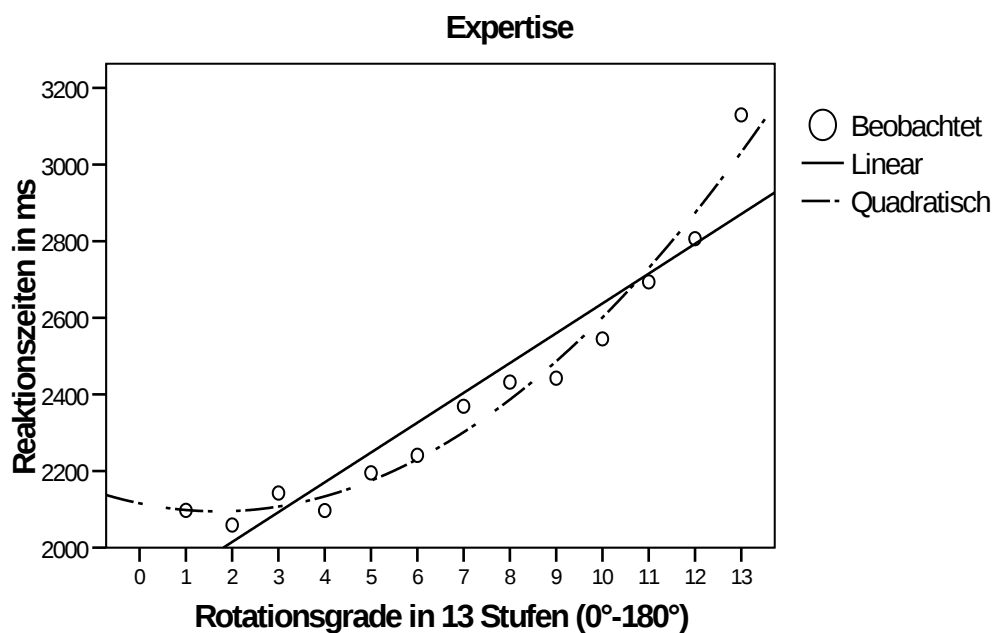


Abbildung 6-10: Quadratische Funktion der Reaktionszeiten für die Expertise im Gegensatz zur linearen Funktion

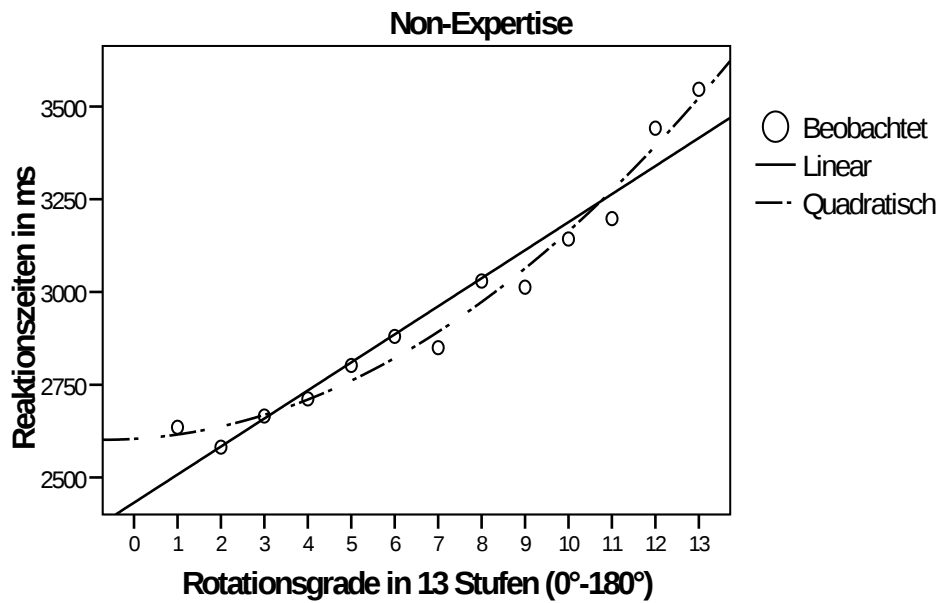


Abbildung 6-11: Quadratische Funktion der Reaktionszeiten für die Non-Expertise im Vorteil gegenüber der linearen Funktion

Reaktionszeiten der inkorrekten Antworten. Es wurde eine vierfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung für die abhängige Variable *Reaktionszeit_inkorrekt* herangezogen.

Die Messwiederholungsfaktoren waren erneut die Faktoren Objektklasse (Gesichter, Schriftzeichen), Expertise (Expertise, Non-Expertise), Rotationsgrad (0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°, 105°, 120°, 135°, 150°, 165°, 180°) und die Spiegelung (gespiegelt, ungespiegelt). Das Geschlecht stellte wiederum den Zwischensubjektfaktor dar.

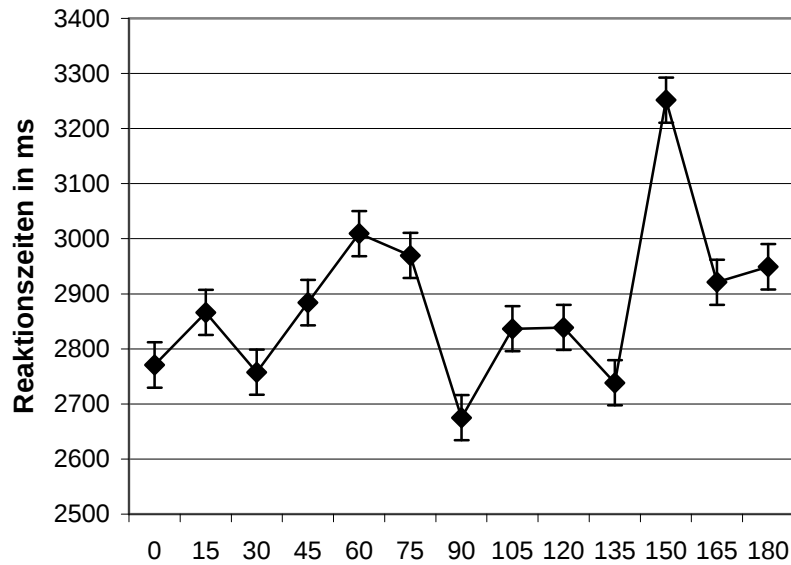


Abbildung 6-12: Reaktionszeiten in Abhängigkeit der Rotationsgrade über alle unabhängigen Variablen

Die Reaktionszeiten der inkorrekten Antworten folgen (aus der Grafik ersichtlich), im Gegensatz zu den korrekten Antworten keinem Trend.

Aufgrund der Besetzung der Zellen mit zu wenig Werten sind eine Signifikanzberechnung sowie eine Analyse der Funktion nicht möglich.

6.3.3 Analyse der Anzahl korrekter und inkorrektter Antworten

Es wurde eine dreifache ANOVA mit Messwiederholung für die abhängige Variable *Fehlerrate (Anzahl der falschen Antworten)* berechnet. Die Faktoren waren Objektklasse (2), Expertise (2) und Rotation (13). Zwischensubjektfaktor stellte wiederum das Geschlecht dar.

Bezüglich der Fehlerrate zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Variable Expertise mit $F(1,96) = 12.7$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .117$ (kleiner Effekt). Es ist ersichtlich, dass sich die Fehlerraten abhängig von der Expertise unterscheiden. Außerdem signifikant ist der Haupteffekt des Faktors Rotation mit $F(7.8, 748.7) = 24.7$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .204$ (kleiner Effekt). So wie auch in der Literatur beschrieben, beeinflusst die Winkeldisparität die Fehlerhäufigkeit.

Die Haupteffekte werden durch mehrere signifikante Wechselwirkungen überlagert:

Eine gerade noch signifikante Wechselwirkung stellt Expertise*Rotation mit $F(8.5, 814.0) = 1.9$, $p = .047$, $\eta_p^2 = .02$ (geringer Effekt). Der Effekt der Rotationsgrade ist je nach Expertiseklasse verschieden.

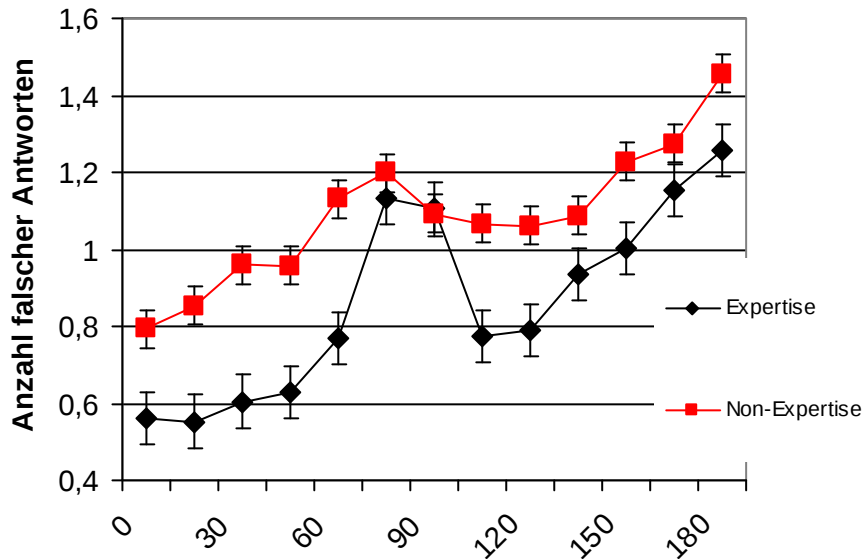


Abbildung 6-13: Interaktionseffekt Expertise*Rotation

Ein zweite signifikante Wechselwirkung zeigt sich bei Rotation*Klasse mit $F(9.7, 928.8) = 5.0$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .049$ (geringer Effekt). Die Wirkung der Rotation ist abhängig vom Einfluss der Klasse.

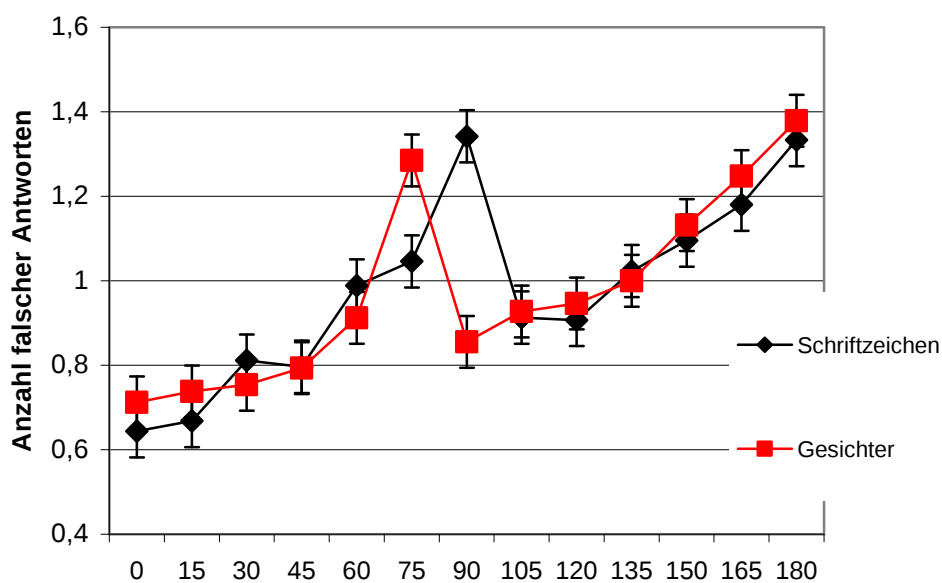


Abbildung 6-14: Wechselwirkungseffekt: Rotation*Klasse

Knapp signifikant ist die dreifache Wechselwirkung Expertise*Rotation*Klasse mit $F(9.5, 909.6) = 1.9, p = .049, \eta_p^2 = .019$ (kleiner Effekt).

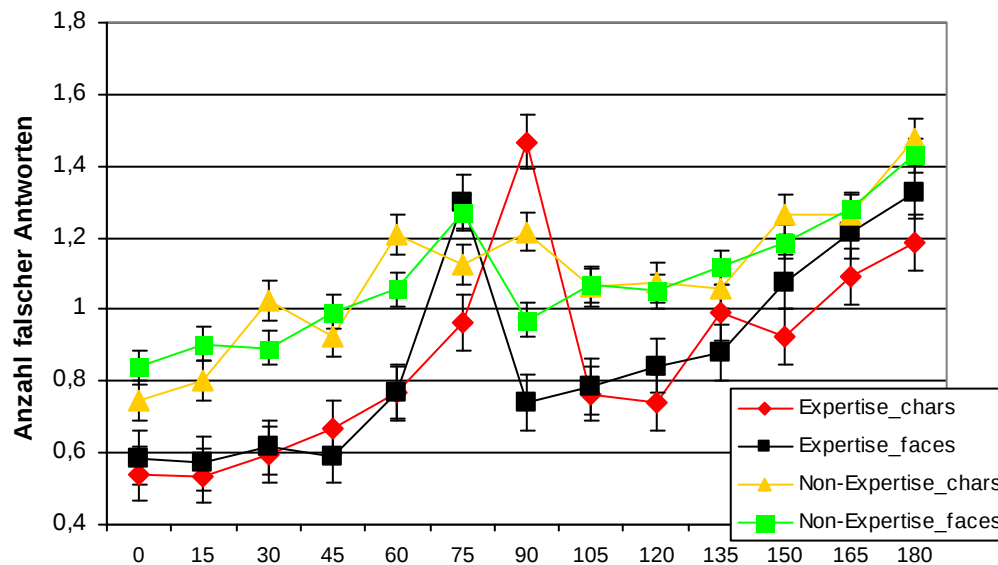


Abbildung 6-15: Interaktion Expertise*Rotation*Klasse

In dieser Grafik der dreifachen Wechselwirkung Expertise*Rotation*Klasse (wie auch schon in den vorhergehenden Abbildungen der Wechselwirkungen in der richtig-falsch-Bedingung) zeichnen sich um 75-90 Grad (meist sehr deutlich in den Expertisebedingungen) Ausreißer ab. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass in diesem Bereich ein Umbruch der Reaktionen stattfindet. Einerseits könnte hier die Konzentration der Probanden deutlich nachgelassen haben, um später wieder bessere Leistungen zu erzielen. Dies würde aber nicht erklären, warum in den beiden Non-Expertise Klassen die Ausreißer nicht so deutlich auftreten. Auf der anderen Seite könnte der Umbruch in dem Sinne gemeint sein, dass zwischen 75-90 Grad der Punkt liegt, bis zu dem wir bei Expertiseobjekten sehr gut in der Erkennensleistung abschneiden, weil wir diese bis zu den 90 Grad in allen Positionen sehr gut kennen, während nachher die Leistung steiler abnimmt als vor diesem „Wendepunkt“. Im Gegensatz dazu zeigt sich möglicherweise dieser Bereich, an dem eine Wendung stattfindet, bei den Non-Expertise Stimuli nicht so deutlich weil, wir hier generell weniger Erfahrung aufweisen, sodass die Erkennenszeit eher gleichbleibend ist.

Der Zwischensubjektfaktor Geschlecht ist, wider erwarten, nicht signifikant mit $F(1, 96) = .003, p = .959, \eta_p^2 = .000, n.s.$ Das bedeutet, Frauen und Männer unterscheiden sich nicht hinsichtlich der Fehlerrate.

Kurvenanpassungen. Eine Überprüfung der Kurvenanpassung für die Anzahl der falschen Antworten hinsichtlich linearer, quadratischer, logarithmischer, exponentieller, s-förmiger und Potenzfunktion zeigte einen Vorteil der quadratischen Anpassung für den Faktor Expertise mit $R = .962$ ($R^2 = .926$) und einen Vorteil der quadratischen Funktion für die Stufe Non-Expertise mit $R = .993$ ($R^2 = .986$) (siehe Abbildungen 6-15 und 6-16), aufgrund eines deutlich höher erklärten Varianzanteils.

Kurvenanpassungen unter Berücksichtigung der Klasse hinsichtlich der oben genannten Funktionen ergaben einen klaren Vorrang der quadratischen Steigung für die Chars der Expertise mit $R = .968$ ($R^2 = .937$), für die Chars der Non-Expertise einen weniger deutlichen Vorteil der quadratischen Funktion mit $R = .97$ ($R^2 = .941$) (exponentiell: $R = .964$, $R^2 = .929$). Außerdem zeigte sich ein weniger deutlicher Vorteil der exponentiellen Funktion mit $R = .913$ $R^2 = .834$ für die Gesichter der Expertise (quadratisch: $R = .909$, $R^2 = .827$) und ein Vorrang der quadratischen Steigung für die Gesichter der Non-Expertise mit $R = .946$, $R^2 = .894$ (exponentiell: $R = .941$, $R^2 = .886$).

Es kann in allen Fällen davon ausgegangen werden, dass die Funktion *nicht* einer linearen Steigung entspricht.

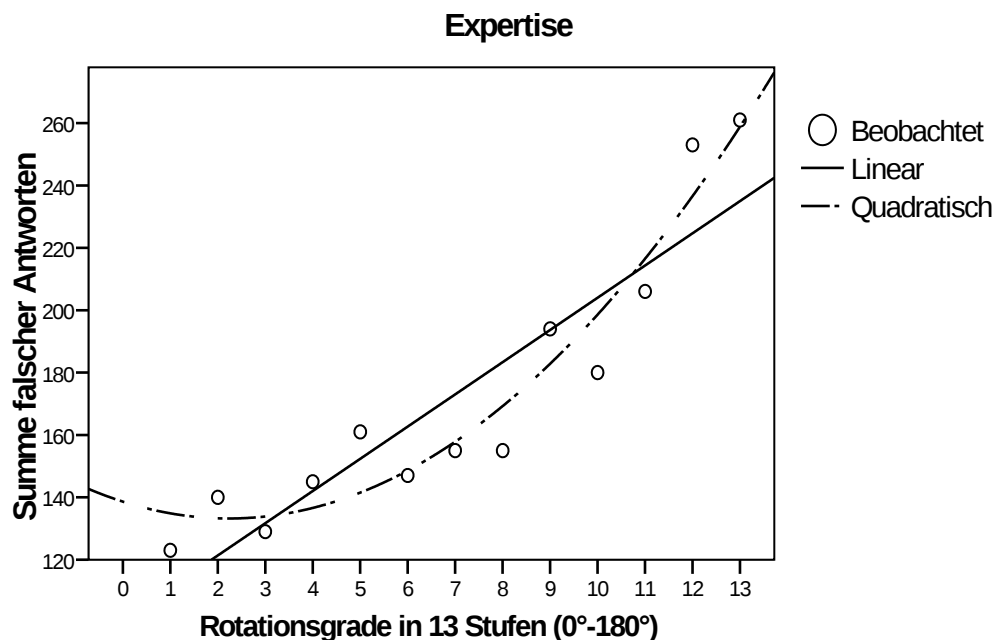


Abbildung 6-16: Quadratische Funktion der Summe der falschen Antworten für die Expertise im Vorteil gegenüber der linearen Funktion

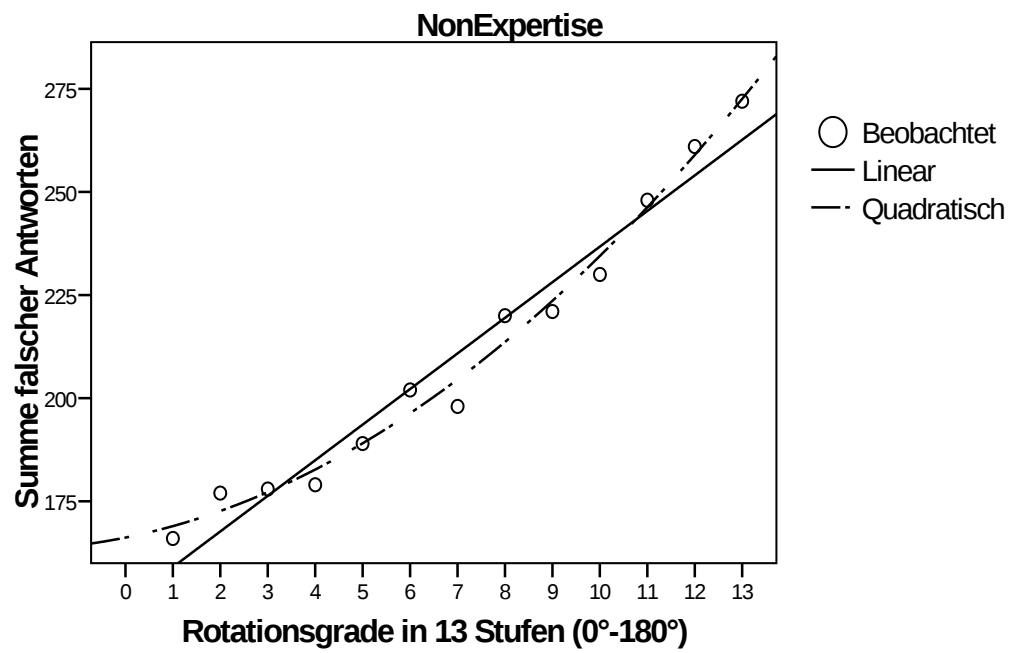


Abbildung 6-17: Quadratische Funktion der Summe der falschen Antworten für die Non-Expertise im Gegensatz zur linearen Funktion

7 Allgemeine Diskussion

Die Literatur zeigt ein sehr weites Forschungsgebiet der mentalen Rotation mit unzähligen Ergebnissen und vielen Faktoren, die einen wesentlichen Einfluss auf das mentale Rotieren haben. Die meist in vielen Studien angenommene lineare Funktion – die Reaktionszeiten und/ oder Fehlerraten steigen linear mit der Winkelabweichung an – (vgl. Cooper, 1975; Shepard & Metzler, 1971) kann mit den Ergebnissen in dieser Untersuchung explizit widerlegt werden. Für den Faktor Expertise mit den Stufen Expertise und Non-Expertise zeigt sich sowohl für die Reaktionszeiten als auch für die Fehleranzahl eine quadratische Funktion. Das bedeutet, dass bei Objekten der Expertise und der Non-Expertise in der vorliegenden Untersuchung die Fehlerzahl und die Reaktionszeiten quadratisch mit der Winkeldisparität ansteigen. Aufgrund der Grafiken ist ein am Beginn nur leichter und mit weiterer Winkelabweichung immer etwas steiler werdender Anstieg ersichtlich – mit jeder größeren Gradabweichung wird somit die Reaktionszeit und die Fehlerrate doppelt so groß wie die Vorhergehenden. Die Annahme von Carbon et al. (2007), die davon ausgeht, dass bei Stimuli der Expertise die Funktion nicht linear ist, während sie bei Non-Expertise Linearität aufweist, kann mit diesen Resultaten nur teilweise gezeigt werden, was wahrscheinlich daran liegt, dass die Autoren ein anderes Task, das explizit konfigurale Verarbeitung hervorruft, als in typischen mentalen Rotationsaufgaben, verwenden. Es zeigt sich ein Unterschied zwischen Objekten der Expertise und Non-Expertise und zwar in dem Sinne, dass wir bei Objekten der Expertise schneller reagieren können und weniger Fehler machen als bei Stimuli der Non-Expertise. Sowohl bei den eigenen lateinischen Buchstaben als auch bei den Gesichtern der eigenen Ethnie weisen die Versuchspersonen schnellere Reaktionszeiten und weniger Fehler auf als bei den jeweiligen Stimuli des „fremden“ Bereichs. Dieses Ergebnis geht durchaus mit Resultaten aus anderen Untersuchungen einher (bspw. Koriat & Norman, 1985; Rilea 2008, Rusiak et al., 2007), welche aber meist nicht explizit vom Faktor Expertise sprechen. Aufgrund der quadratischen Funktion, die aus der statistischen Analyse resultiert, muss aber berücksichtigt werden, dass der Faktor der Expertise nur in den niedrigen Gradabweichungen Einfluss nimmt, zumal der Anstieg der Reaktionszeiten zuerst flacher ist und ab einem gewissen Grad steiler wird. Diese Erkenntnis ist dadurch zu begründen, dass wir bei Objekten, die uns sehr vertraut sind, ab einer gewissen Position trotzdem länger brauchen, weil diese Gegenstände im Alltag nicht so vorkommen. Diese Annahme ist auch durch die Ausreißer, die um 75-90

Grad bei der Analyse der korrekten und falschen Antworten vor allem in den Expertisebedingungen sehr deutlich vorkommen, zu begründen. Hier findet scheinbar ein Umbruch statt, bis zu dem die Erkennensleistungen der Probanden sehr gut ist, weil uns diese Objekte im Alltag in diesen Positionen bekannt sind, und nachher die Anzahl der falschen Antworten steiler ansteigt als vorher.

Deutlich zu erkennen ist ein Anstieg der Reaktionszeiten und der Fehlerraten mit zunehmender Winkeldisparität in jeder beliebigen Bedingung, wie es in den meisten Studien zum Thema der Fall ist (Amorim et al., 2006; Bäuml et al. 1997; Carbon et al., 2007; Cohen & Polich, 1989; Cooper, 1975; Cooper & Shepard, 1973; Dror et al., 1997; Gauthier et al., 2002; Heil et al., 1998; Jordan et al., 2002; Köhler et al., 2005; Koriatic & Norman, 2005; Overney et al., 2005; Rilea, 2008; Rusiak et al., 2007; Schwaninger, 2004; Shepard & Judd, 1976; Shepard & Metzler, 1971; Valentine & Bruce, 1988; Vanrie et al., 2002; White, 1980), wenngleich auch die Funktion nicht linear, sondern im vorliegenden Experiment einer Quadratischen entspricht.

Es muss in der Interpretation der Daten aber berücksichtigt werden, dass mehrere signifikante zweifache und dreifache Wechselwirkungen vorhanden sind, somit dürfen die Haupteffekte nicht ohne weiteres (wie schon oben der Faktor Expertise) nur einzeln betrachtet werden. Eine signifikante dreifache Wechselwirkung ist folgende: Expertise*Klasse*Rotation bei den Reaktionszeiten der korrekten Antworten. In gewisser Weise spielen diese drei Faktoren konfundiert eine wesentliche Rolle bei der Fähigkeit zum mentalen Rotieren. Wie die Wechselwirkungen dieser Haupteffekte gemeinsam auf die Reaktionszeiten wirken, ist nur sehr schwierig darzustellen – der Effekt der Expertise auf die mentale Rotation hängt ab von den Faktoren Klasse und Rotation. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Fähigkeit oder der Prozess des mentalen Rotierens, von mehreren konfundierten Aspekten beeinflusst wird, worauf auch schon im theoretischen Teil der Arbeit eingegangen worden ist. Die Hauptfaktoren Expertise, Klasse (oder auch Art des Stimuli), Rotation, aber auch das Geschlecht scheinen allerdings die wichtigsten Prädiktoren für die mentale Rotation zu sein, da diese in der Literatur am häufigsten vorkommen, es aber auch logisch erscheint diese für wesentliche Aspekte zu halten. Die Konfundierung der verschiedenen Faktoren scheint aus der Sicht des logischen Verstands sehr plausibel, beispielsweise aufgrund der Unterscheidung von zwei Stimulusarten nicht nur durch die Art des Stimulus selbst, sondern möglicherweise auch dadurch, dass wir vielleicht in einer Art mehr Expertise aufweisen als in der anderen. Trotzdem können in der vorliegenden Untersuchung nicht alle

(oder besser gesagt die Faktoren, die wir als „alle“ annehmen) herangezogen werden, da dies die Studie zu komplex und damit möglicherweise zu unübersichtlich machen würde. Darum scheint eine Beschränkung auf einige wesentliche Aspekte sinnvoll und somit auch die einzelne Betrachtung der Haupteffekte trotz signifikanter Wechselwirkungen.

Die Forschungsliteratur zeigt ebenso deutliche Differenzen in der Reaktionszeit für unterschiedliche Stimulustypen (Amorim et al., 2006; Cohen & Polich, 1989; Jordan et al., 2002; Rilea, 2008; Rusiak et al., 2007). Dieses Ergebnis konnte auch in der vorliegenden Studie für die Reaktionszeiten, nicht aber für die Anzahl der falschen Antworten gezeigt werden. Bei den Schriftzeichen sind die Versuchspersonen schneller in der Erkennung als bei den Gesichtern (wobei die Fehlerzahl sich nicht unterscheidet), hier zeigt sich deutlich auch wieder diese vorherrschende Konfundierung, die durch die signifikante Wechselwirkung gezeigt wird, und zwar dass dieser Unterschied nicht nur aufgrund der Art des Stimulus, sondern und/ oder auch aufgrund größerer Komplexität und/oder mehr Automatisierung bei den lateinischen Buchstaben sein kann. Denn obwohl wir generell zwar Experten in der Gesichtererkennung sind, handelt es sich in der vorliegenden Studie um den Versuchspersonen völlig unbekannte Gesichter. Unter Berücksichtigung der Faktoren Expertise und Klasse ist dieses Argument sehr deutlich zu sehen (besonders aus der Grafik), da die Versuchspersonen insgesamt die schnellsten Reaktionszeiten bei den Schriftzeichen der Expertise (also den lateinischen Buchstaben) aufweisen, während die chinesischen Schriftzeichen, die Gesichter der eigenen Kultur und die Gesichter der fremden Kultur eher ähnliche Reaktionszeiten brachten.

Hinsichtlich des Geschlechts zeigen sich in der Literatur widersprüchliche Ergebnisse. Aufgrund der wissenschaftlichen Literatur zum großen allgemeinen Themenbereich „Geschlechtsunterschiede“ wären Differenzen in der Leistung zur mentalen Rotation zu schließen, da erwiesen ist, dass Männer in der Raumvorstellung bessere Leistungen erzielen und mentale Rotation zu den Prozessen der Raumvorstellung zählt, jedoch sprechen beispielsweise einige Studien davon, dass Frauen bei 3D-Aufgaben im mentalen Rotieren schlechter abschneiden (Collins & Kimura, 1997; Hirsch et al., 2003; Parsons et al., 2004; Roberts & Bell, 2003), während andere Untersuchungen wiederum gar keine Differenzen finden (Jordan et al., 2002). In dem Experiment von Rilea (2008) machen Männer bei zweidimensionalen Formen und Buchstaben weniger Fehler und bei körperähnlichen Stimuli sind keine Unterschiede zu verzeichnen. Die Resultate der vorliegenden Untersuchungen zeigen keine signifikanten

Geschlechtsunterschiede in allen möglichen Versuchsbedingungen sowohl in der Reaktionszeit als auch in der Fehlerrate, obwohl eine Tendenz zum besseren Abschneiden von Männern aus den Grafiken ersichtlich ist. Wenn also Männer und Frauen in der mentalen Rotationsfähigkeit annähernd ähnliche Leistungen erbringen, stellt sich die Frage, wodurch dieser Effekt zustande kommt. Möglicherweise spielen in diesem Zusammenhang die verwendeten Strategien der und anstelle von mentaler Rotation eine bedeutende Rolle (wahrscheinlich nicht nur bezüglich des Geschlechts). Bei den Stimuli der Expertise ist dieses Ergebnis aufgrund eines möglichen Abrufprozesses statt mentalen Rotierens oder der ganzheitlichen Rotation zu erklären. Möglicherweise haben wir beispielsweise von den lateinischen Buchstaben schon verschiedene Ausrichtungen im Gehirn gespeichert und brauchen diese nur mehr bei der Bearbeitung abzurufen. Dadurch sind die Versuchspersonen allgemein schneller, gleichzeitig könnte sich der Geschlechtsunterschied aufheben, weil kein Raumvorstellungsprozess mehr verlangt wird. Wie könnte das Resultat erklärt werden bei Stimuli der Non-Expertise? Bei Objekten der Non-Expertise wenden die Versuchspersonen scheinbar schrittweise Strategien der mentalen Rotation an im Gegensatz zu holistischen Prozessen bei Bildern der Expertise (Jordan et al., 2002; Rilea, 2008). Aufgrund dessen gibt es ein generell schlechteres Abschneiden bei diesen Stimuli. Was allerdings könnte dann hier der Grund sein für diesen nicht signifikanten Geschlechtsunterschied? Möglich wäre, dass die Versuchspersonen sich bei jedem Stimulus einen markanten Punkt gemerkt haben, welcher rotiert wurde, während auf andere Merkmale nicht Rücksicht genommen wurde. Durch dieses Argument kommt wiederum ein anderer Faktor zum Tragen: die Distinktheit, die besonders bei Gesichtern untersucht wurde (Bruce et al., 1994; Hancock, Bruce, Burton, 2000). Demnach werden Personen mit besonderen Gesichtern oder Gesichtsmerkmalen schneller wiedererkannt als Menschen mit typischen Gesichtern. Für diese Strategie reicht aber sogar ein markanter Punkt, der nur im Hintergrund des eigentlichen Objekts zu finden ist, oder nur ein Schatten auf der Darstellung. Solche deutlichen Merkmale sind in den Stimuli der vorliegenden Untersuchung mit Sicherheit zu finden, doch die völlige Ausscheidung von besonderen Merkmalen scheint schwierig, zumal es damit die Aufgabenbewältigung für die Versuchspersonen völlig unmöglich machen könnte.

Ein anderer Faktor, der hier ins Spiel kommt, ist der Lernprozess. Markante Merkmale können nur zum Vergleich herangezogen werden, wenn man diese zuvor gelernt hat. Es bedarf einiger Arbeitsdurchgänge bis diese beherrscht

werden, aber das Lernen selber verbessert die Fähigkeit zum mentalen Rotieren für die vorgegebenen Objekte (Bethell-Fox & Shepard, 1988; Heil et al., 1998). Dies ist wahrscheinlich auch in der vorliegenden Studie der Fall, wenn auch nicht explizit gemessen, und führt somit zu einer Ausschaltung eines möglichen Geschlechtseffekts.

Die Aktivierung unterschiedlicher Gehirnregionen während mentaler Rotation spricht für die Anwendung verschiedener Strategien im mentalen Rotationsprozess (Jordan et al., 2002; Köhler et al., 2005; Rilea, 2008; Roberts & Bell, 2003). Die verschiedenen Strategien wiederum führen zu unterschiedlichen Leistungen, da diese aufgrund des Einflusses von mehreren Aspekten eingesetzt werden. Allgemein gesehen, gibt es zahlreiche Einwirkfaktoren auf die mentale Rotation, die in gewisser Weise miteinander konfundiert sind. Aufgrund dieser Vermischungen kann es zu unterschiedlichen Leistungen hinsichtlich dieser Faktoren und zwischen den Geschlechtern, aber auch zu ähnlichen Ergebnissen zwischen Frauen und Männern kommen. Es zeigt sich aufgrund der Literatur, dass es beim Vergleich zwischen zwei Objekten, die in ihrer Position abweichen, meist zu schlechteren Erkennensleistungen mit der Winkeldisparität kommt, was auch aus der vorliegenden Untersuchung hervorgeht. Dies wiederum zeigt ein Vorhandensein von Prozessen im Gehirn, die benötigt werden, um zwei verdrehte Gegenstände zu vergleichen, weil wir nicht von allem in der Welt sämtliche Ausrichtungen in unserem Gedächtnis automatisiert haben.

Zusammenfassend ist für die vorliegende Arbeit anzumerken, dass Reaktionszeiten und Fehlerraten mit größer werdender Winkelabweichung ansteigen (in den meisten Fällen ist die Funktion quadratisch). Weiters haben die Faktoren Expertise und Klasse in Verbindung einen wesentlichen Einfluss auf die Rotationsleistungen, wobei mehrere Aspekte in der Untersuchung (wie in der gesamten Forschungsliteratur) konfundiert sind. Das Geschlecht hat keinen Einfluss auf die Reaktionszeiten und Fehlerraten bei diesen Aufgaben. Ein Lernprozess und der Einsatz von markanten Merkmalen haben Wirkung auf die Leistungen. Der *lineare* Anstieg als ein Kriterium der mentalen Rotation ist, aufgrund dieser Ergebnisse und natürlich auch älterer Resultate (z. B. Valentine & Bruce, 1988), welche fälschlicherweise ohne statistische Berechnungen lineare Funktionen angenommen haben, nicht haltbar. Mentaler Rotation muss nicht notwendigerweise eine lineare Funktion zugrunde liegen, vielmehr ist es wichtig zu untersuchen, welche weiteren Aspekte Einfluss auf diesen Prozess haben und welche Strategien wann Anwendung finden.

8 Literatur

- Amorim, M.-A., Isableu, B. & Jarraya, M. (2006). Embodied Spatial Transformations: "Body Analogy" for the mental rotation of objects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135, 327-347.
- Anderson, J. R. (2007). *Kognitive Psychologie* (6. Auflage) (G. Plata, Übers.). Berlin/Heidelberg: Spektrum, Akademischer Verlag. (Original erschienen 2007: Cognitive Psychology and its Implications).
- Bahrick, H. P., Bahrick, P. O. & Wittlinger, R. P. (1975). „Fifty years of memory for names and faces: a cross-sectional approach". *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, 54-75.
- Bajric, J. (1999). *Zur Manipulierbarkeit der mentalen Rotationsgeschwindigkeit als Hinweis auf eine analoge Informationsverarbeitung beim Menschen*. Unveröff. Diss., Philipps-Universität: Marburg.
- Bäumli, K.-H., Schnelzer, M. & Zimmer, A. (1997). The influence of inversion on the judgement of facial and non-facial attributes. *Acta Psychologica*, 96, 27-42.
- Berg, C., Hertzog, C. & Hunt, E. (1982). Age differences in the speed of mental rotation. *Developmental Psychology*, 18, 95-107.
- Bethell-Fox, C. E. & Shepard, R. N. (1988). Mental rotation: Effects of stimulus complexity and familiarity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 12-13.
- Biederman, I. (1987). Recognition-by-component: A theory of human image understanding. *Psychological Review*, 94 (2), 115-147.
- Bortz, J. & Döring, N. (2002). *Forschungsmethoden und Evaluation* (3. Auflage). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Bruce, V. (1981). Visual and semantic effects in a serial word classification task. *Current Psychological Research*, 1, 153-162.
- Bruce, V., Burton, A. M. & Dench, N. (1994). What's distinctive about a distinctive face? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47A, 119-141.
- Bruce, V., Green, P. R. & Georgeson, M. A. (2003). *Visual perception. Physiology, psychology and ecology* (Fourth edition). Hove and New York: Psychology Press.
- Bruce, V. & Young, A. W. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77, 305-327.
- Burton, A. M. & Bruce, V. (1993). Naming faces and naming names: Exploring an interactive activation model of person recognition. *Memory*, 1, 45-48.

- Burton, A. M., Bruce, V. & Hancock, P. J. (1999). From pixels to people : A model of familiar face recognition. *Cognitive Science*, 23 (1), 1-31.
- Burton, A. M., Bruce, V. & Johnston, R. A. (1990). Understanding face recognition with an interactive activation model. *British Journal of Psychology*, 81, 361-380.
- Carbon, C. C. (2003). *Face processing: Early processing in the recognition of faces*. (Doctoral thesis). Berlin: DARWIN, Freie Universität Berlin.
- Carbon, C. C., Grueter, T., Weber, J. E., & Lueschow, A. (2007). Faces as objects of non-expertise: Processing of thatcherised faces in congenital prosopagnosia. *Perception*, 36(11), 1635-1645.
- Carbon, C. C. & Leder, H. (2005a). When feature information comes first. Early processing of inverted faces. *Perception*, 34, 1117-1134.
- Carbon, C. C. & Leder, H. (2005b). Face adaption : Changing stable representations of familiar faces within minutes ? *Advances in Cognitive Psychology*, 1 (1), 1-7.
- Carbon, C. C. & Leder, H. (2006). When faces are heads : View-dependent recognition of faces altered relationally or componentially. *Swiss Journal of Psychology*, 65, 245-252.
- Carbon, C. C., Strobach, T., Langton, S. R. H., Harsányi, G., Leder, H. & Kovács, G. (2007). Adaption effects of highly familiar faces: Immediate and long lasting. *Memory and Cognition*, 35, 1966-1976.
- Carey, S. & Diamond, R. (1994). Are faces perceived as configurations more by adults than by children? *Visual Cognition*, 1, 253-274.
- Cohen, M. S., Kosslyn, S. M., Breiter, H. C., DiGirolamo, G. J., Thompson, W. L., Anderson, A. K., Bookheimer, S. Y., Rosen, B. R. & Belliveau, J. W. (1996). Changes in cortical activity during mental rotation. A mapping study using functional MRI. *Brain*, 119, 89-100.
- Cohen, D., & Kubovy, M. (1993). Mental rotation, mental representation, and flat slopes. *Cognitive Psychology*, 25(3), 351-382.
- Cohen, J. D., MacWhinney, B., Flatt, M., & Provost, J. (1993). PsyScope: A new graphic interactive environment for designing psychology experiments. *Behavioral Research Methods, Instruments, and Computers*, 25, 257-271.
- Cohen, W. & Polich, J. (1989). No hemispheric differences for mental rotation of letters and polygons. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 27 (1), 25-28.
- Collins, D. W. & Kimura, D. (1997). A large sex difference on a two-dimensional mental rotation task. *Behavioral Neuroscience*, 111, 845-849.

- Collishaw, S. M. & Hole, G. J. (2000). Featural and configural processes in the recognition of faces of different familiarity. *Perception*, 29, 893-909.
- Cooper, L. A. (1975). Mental rotation of random two-dimensional shapes. *Cognitive Psychology*, 7(1), 20-43.
- Cooper, L. A. & Shepard, R. N. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images. In W. G. Chase (Ed.), *Visual information processing*. New York: Academic Press.
- Delius, J. D. & Hollard, V. D. (1995). Orientation invariant pattern recognition by pigeons (*Columba livia*) and Humans (*Homo sapiens*). *Journal of Comparative Psychology*, 109, 278-290.
- Diamond, R. & Carey, S. (1986). Why faces are and are not special: An effect of expertise. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 107-117.
- Didierjean, A. & Gobet, F. (2008). Sherlock Holmes – an expert's view of expertise. *British Journal of Psychology*, 99, 109-125.
- Dror, I. E., Ivey, C. & Rogus, C. (1997). Visual mental rotation of possible and impossible objects. *Psychonomic Bulletin and Review*, 4, 242-247.
- Eysenck, M. W. & Keane, M. T. (2005). *Cognitive Psychology*. Hove: Psychology Press.
- Farah, M. J., Wilson, K. D., Drain, M. & Tanaka, J. N. (1998). What is „special“ about face perception? *Psychological Review*, 105, 482-489.
- Freitag, C. (2007). *Gesichtsverarbeitung im Vorschulalter: Wiedererkennung neuer Gesichter in Abhängigkeit des Emotionsausdrucks und neurophysiologische Korrelate des Erlernens neuer Gesichter*. Unveröff. Diss., Justus-Liebig-Universität, Gießen.
- Gauthier, I., Hayward, W. G., Tarr, M. J., Anderson, A. W., Skudlarski P. & Gore, J. C. (2002). BOLD activity during mental rotation and viewpoint-dependent object recognition. *Neuron*, 34, 161-171.
- Gehrke, J. (2005). „Die sehen ja alle gleich aus!“. *Einflussfaktoren der unterschiedlichen Wiedererkennungslleistung von Gesichtern der eigenen Ethnie und Gesichtern anderer Ethnien (Cross-Race Bias)*. Unveröff. Diss., Justus-Liebig-Universität, Gießen.
- Gisler, P., Guggenheim, M., Maranta, A., Pohl, C. & Nowotny, H. (2004). *Imaginierte Laien. Die Macht der Vorstellung in wissenschaftlichen Expertisen* (1. Auflage). Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Gobbini, M. I. & Haxby, J. V. (2007). Neural systems for recognition of familiar faces. *Neuropsychologia*, 45, 32-41.

- Gruber, H. (1994). *Expertise. Modelle und empirische Untersuchungen*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Hancock, P. J. B., Bruce, V. & Burton, A. M. (2000). Recognition of unfamiliar faces. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 330-337.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 223-233.
- Hayward, W. G., Zhou, G., Gauthier, I. & Harris, I. M. (2006). Dissociating viewpoint costs in mental rotation and object recognition. *Psychonomic Bulletin and Review*, 13, 850-825.
- Heil, M. (2002). The functional significance of ERP effects during mental rotation. *Psychophysiology*, 39, 535-545.
- Heil, M., Rösler, F., Link, M., & Bajric, J. (1998). What is improved if a mental rotation task is repeated – the efficiency of memory access, or the speed of a transformation routine? *Psychological Research*, 61, 99-106.
- Hirsch, O., Lehman, W., Corth, M. Röhrle, B., Schmidt, S. & Schipper, H. I. (2003). Visuelle Vorstellungsfähigkeit, Bewegungsvorstellung und mentales Rotieren bei Morbus Parkinson. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 14 (2), 67-80.
- James, K. H., Humphrey, G. K. & Goodale, M. A. (2001). Manipulating and recognizing virtual objects: Where the action is. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 55, 111-120.
- Jansen-Osmann, P. & Heil, M. (2006). Violation of pure insertion during mental rotation is independent of stimulus type, task, and subjects' age. *Acta Psychologica*, 122, 280-287.
- Jordan, K., Wüstenberg, T., Heinze, H.-J., Peters, M. & Jäncke, L. (2002). Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks. *Neuropsychologia*, 40, 2397-2408.
- Köhler, C., Hoffmann, K. P., Dehnhardt, G., & Mauck, B. (2005). Mental Rotation and Rotational Invariance in the Rhesus Monkey. *Brain, Behavior and Evolution*, 66, 158-166.
- Koriat, A. & Norman, J. (1985). Mental rotation and visual familiarity. *Perception and Psychophysics*, 37, 429-439.
- Leder, H. & Carbon, C. C. (2004). Part to whole effects and configural processing in faces. *Psychology Science*, 46, 531-543.
- Leder, H. & Carbon, C. C. (2005). When context hinders! Learn-test compatibility in face recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58A, 235-250.

- Marr, D. (1982). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. New York: Freeman.
- Marr, D. & Nishihara, H. K. (1978). Representation and recognition of the spatial organization of three dimensional shapes. *Proceedings of the Royal Society of London (Series B)*, 200, 269-294.
- Marx, P. & Weber, J. (2006). Vorschulische Vorhersage von Lese- und Rechtschreibschwierigkeiten. Neue Befunde zur prognostischen Validität des Bielefelder Screenings (BISC). *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20, 251-259.
- Mauck, B. & Dehnhardt, G. (1997). Mental rotation in a californian zebra (Zalophus Californianus). *The Journal of Experimental Biology*, 200, 1309-1316.
- McClelland, J. L. & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive model of context effects in letter perception: I. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88, 375-407.
- Mondloch, C. J., Lewis, T. L., Budreau, D. R., Maurer, D., Dannemiller, J. L., Stephens, R. & Kleiner-Gathercoal, C. A. (1999). Face perception during early infancy. *Psychological Science*, 10, 419-423.
- Mössle, T. (2005). *Zur Entwicklung des Personenwiedererkennens: Change blindness bei Kindern und Erwachsenen*. Veröff. Diss., Universität Eichstätt, Hamburg.
- Overney, L. S., Michel, C. M., Harris, I. M. & Pegna, A. J. (2005). Cerebral processes in mental transformation of body parts: Recognition prior to rotation. *Cognitive Brain Research*, 25, 722-734.
- Parr, L. A. & Heintz, M. (2006). The perception of unfamiliar faces and houses by chimpanzees. Influence of rotation angle. *Perception*, 35, 1473-1483.
- Parsons, T. D., Larson, P., Kratz, K., Thiebaut, M., Bluestein, B., Buckwalter, J. G. & Rizzo, A. A. (2004). Sex differences in mental rotation and spatial rotation in a virtual environment. *Neuropsychologia*, 42, 555-562.
- Peters, M., Laeng, B., Lathan, K., Jackson, M., Zaiouna, R. & Richardson, C. (1995). A redrawn Vandenberg und Kuse Mental Rotation Test: Different versions and factors that effect performance. *Brain and Cognition*, 28, 39-58.
- Rakover, S. S. & Teucher, B. (1997). Facial inversion effects: Parts and whole relationship. *Perception and Psychophysics*, 59, 752-761.
- Rauhofer, S. (2005). *Gesichtserkennung ist Ansichtssache. Einfluss der vertikalen Kopfneigung auf die Gesichtswahrnehmung und Gesichtserkennung*. Unveröff. Dipl.Arbeit, Universität, Wien.

- Rilea, S. L. (2008). Sex and hemisphere differences when mentally rotating meaningful and meaningless stimuli. *Laterality*, 13, 217-233.
- Roberts, J. E. & Bell, M. A. (2003). Two- and three-dimensional mental rotation tasks lead to different parietal laterality for men and women. *International Journal of Psychophysiology*, 50, 235-246.
- Rusiak, P., Lachmann, T., Jaskowski, P. & van Leeuwen, C. (2007). Mental rotation of letters and shapes in developmental dyslexia. *Perception*, 36, 617-631.
- Schwaninger, A. (2003). *Perception and representation of faces*. Unveröff. Diss., Universität, Zürich.
- Schwaninger, A., Carbon, C. C., & Leder, H. (2003). Expert face processing: Specialization and constraints. In G. Schwarzer & H. Leder (Eds.), *The Development of Face Processing* (pp. 81-97). Göttingen: Hogrefe & Huber Publishers.
- Schwaninger, A., Lobmaier, J. S. & Collishaw, S. M. (2002). Role of featural and configural information in familiar and unfamiliar face recognition. *Lecture Notes in Computer Science*, 2525, 643-650.
- Schwarzer, G. (2000). Development of face processing: The effect of face inversion. *Child Development*, 71, 391-401.
- Shepard, R. N., & Cooper, L. A. (1982). *Mental images and their transformations*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Shepard, R. N. & Judd, S. A. (1976). Perceptual illusion of rotation of three-dimensional objects. *Science*, 191, 952-954.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
- Simion, F., Bagnara, S., Roncato, S. & Umiltà, C. (1982). Transformation processes upon the visual code. *Perception and Psychophysics*, 31 (1), 13-25.
- Simion, F., Valenza, E., Umiltà, C. & Dalla Barba, B. (1998). Preferential orienting to faces in newborns: A temporal-nasal asymmetry. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1399-1405.
- Smith, W. & Dror, I. E. (2001). The role of meaning and familiarity in mental transformation. *Psychonomic Bulletin and Review*, 8 (4), 732-741.
- Sporer, S. L., Trinkl, B. & Guberova, E. (2007). Differences in processing speed of out-group faces by different ethnic groups. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 38, 398-412.
- Stratton, G. M. (1896). Some Preliminary Experiments on Vision without Inversion of the Retinal Image. *Psychological Review* 3, 6, 611-617.

- Tanaka, J. W., Kiefer, M. & Bukach, C. M. (2004). A holistic account of the own-race effect in face recognition: Evidence from a cross-cultural study. *Cognition*, 93, B1-B9.
- Tanaka, J. W. & Sengco, J. A. (1997). Features and their configuration in face recognition. *Memory and Cognition*, 25, 583-592.
- Tarr, M. J., & Pinker, S. (1989). Mental rotation and orientation – dependence in shape recognition. *Cognition Psychology*, 21, 233-282.
- Thompson, P. (1980). "Margaret Thatcher: A new illusion". *Perception*, 9, 483-484.
- Vandenberg, S. G. & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations: A group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599-604.
- Valentin, T., & Bruce, V. (1988). Mental rotation of faces. *Memory & Cognition*, 16, 556-566.
- Vanrie, J., Bèatse, E., Wagemans, J., Sunaert, S. & van Hecke, P. (2002). Mental rotation versus invariant features in object perception from different viewpoints: an fMRI study. *Neuropsychologia*, 40, 917-930.
- White, M. J. (1980). Naming and categorization of tilted alphanumeric characters do not require mental rotation. *Bulletin of Psychonomic Society*, 15, 153-156.
- Wilson, K. D. & Farah, M. J. (2006). Distinct patterns of viewpoint-dependent BOLD activity during common-object recognition and mental rotation. *Perception*, 35, 1351-1366.
- Yin, R. K. (1969). Looking at upside-down faces. *Journal of Experimental Psychology: General*, 81, 141-145.
- Zauner, N. & Schwarzer, G. (2003). Gesichtsverarbeitung im ersten Lebensjahr. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 35, 229-237.

9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

ABBILDUNGEN

Abb. 2-1: Veranschaulichung der Gestaltgesetze	13
Abb. 2-2: Schematische Darstellung des Auges (Bruce et al., 2003)	14
Abb. 3-1: Vertraute Objekte durch Kombination von einfachen Zylindern in der Theorie von Marr und Nishihara (1978) (Anderson, 2008, S. 66).....	17
Abb. 3-2: Eine Auswahl der Geons der Theorie von Biederman (1987) und mögliche Gegenstände, die damit erstellt werden können (Bruce et al., 2003, S. 282).....	17
Abb. 3-3: Ablauf der Verarbeitung von Wahrnehmungsinformationen (Anderson, 2008, S. 9).....	18
Abb. 3-4: Funktionales Modell der Gesichtserkennung (Bruce & Young, 1986).....	21
Abb. 3-5: Der zentrale Aufbau des interaktiven Aktivationsmodell (Burton, Bruce & Johnston, 1990).....	22
Abb. 3-6: IAC Modell. Burton & Bruce (1993).....	24
Abb. 3-7: Das integrative Modell der Gesichtsverarbeitung (Schwaninger et al., 2002, Schwaninger et al., 2003).....	25
Abb. 3-8: Neuronales Modell der Gesichtswahrnehmung (Haxby et al., 2000).....	26
Abb. 3-9: Neuronales System für die Erkennung von bekannten Gesichtern (Gobbini & Haxby, 2007).....	27
Abb. 3-10: Links: Originalgesicht; rechts: thatcherisiertes Gesicht (Carbon & Leder, 2005a, S. 1121).....	28
Abb. 4-1: Nachbildung der Formen aus der Studie von Shepard und Metzler (1971).....	34
Abb. 4-2: die Aufgabentypen zur Erfassung der mentalen Rotation nach Cohen und Kubovy (1993).....	37
Abb. 5-1: Lineare Funktion der mentalen Rotation nach Shepard und Metzler (1971).....	48
Abb. 5-2: Stimulusmaterial bei Cooper (1975).....	49
Abb. 5-3: Lineare Funktion der Prosopagnosiepatienten im Vergleich zur sigmuiden Funktion der Kontrollgruppe (Carbon et al., 2007).....	52

Abb. 5-4: Lineare Funktion der RTs bei gedrehten Gesichtern (Valentine & Bruce, 1988) x-Achse: Rotationswinkel, y-Achse: RTs in ms; rote Linie: Darstellung einer möglichen sigmuiden Funktion.....	53
Abb. 5-5: Reaktionszeiten in Abhängigkeit der Rotationswinkel (Rilea, 2008).....	54
Abb. 5-6: Durchschnittliche Reaktionszeiten als eine Funktion des Rotationswinkels für Dyslektiker und die Kontrollgruppe (Rusiak et al., 2007).....	55
Abb. 5-7: Genauigkeitsrate als eine Funktion des Rotationswinkels für Dyslektiker und die Kontrollgruppe (Rusiak et al., 2007).....	55
Abb. 5-8: Links: Originalbild. Rechts: Karikatur. Abbildung 5-8: Links: Originalbild. Rechts: Karikatur.....	56
Abb. 5-9: Reaktionszeiten für die einzelnen Stimuli unterschiedlicher Komplexität (=Anzahl der Eckpunkte) (Cooper, 1975).....	58
Abb. 6-1: Auswahl des Stimulusmaterials für die beiden Objekt- klassen Gesichter und Schriftzeichen.....	67
Abb. 6-2: Anteilswerte der richtigen und falschen Antworten für die gleichen und gespiegelten Items.....	71
Abb. 6-3: Wechselwirkungseffekte Expertise*Klasse.....	75
Abb. 6-4: Interaktion Expertise*Rotation.....	76
Abb. 6-5: Wechselwirkungseffekt Expertise*Spiegelung.....	76
Abb. 6-6: Interaktion Rotation*Spiegelung.....	77
Abb. 6-7: Wechselwirkung Expertise*Klasse*Rotation.....	77
Abb. 6-8: Interaktionseffekt Expertise*Rotation*Spiegelung.....	78
Abb. 6-9: Reaktionszeiten in Abhängigkeit der Rotationsgrade.....	79
Abb. 6-10: Quadratische Funktion der Reaktionszeiten für die Expertise im Gegensatz zur linearen Funktion.....	80
Abb. 6-11: Quadratische Funktion der Reaktionszeiten für die Non-Expertise im Vorteil gegenüber der linearen Funktion.....	81
Abb. 6-12: Reaktionszeitenverlauf.....	82
Abb. 6-13: Interaktionseffekt Expertise*Rotation.....	83
Abb. 6-14: Wechselwirkungseffekt: Rotation*Klasse.....	83
Abb. 6-15: Interaktion Expertise*Rotation*Klasse.....	84
Abb. 6-16: Quadratische Funktion der Summe der falschen Antworten für die Expertise im Vorteil gegenüber der linearen Funktion.....	85

Abb. 6-17: Quadratische Funktion der Summe der falschen Antworten für die Non-Expertise im Gegensatz zur linearen Funktion.....	86
---	----

Abbildungen der Stimuli

Abb. 10-1: chars_Expertise_ungespiegelt – die Schriftzeichen der Expertise nicht gespiegelt.....	106
Abb. 10-2: chars_Expertise_gespiegelt – die Schriftzeichen der Expertise in gespiegelter Form.....	107
Abb. 10-3: chars_Non-Expertise_ungespiegelt – die Schriftzeichen der Non-Expertise nicht gespiegelt.....	108
Abb. 10-4: chars_Non-Expertise_gespiegelt – die Schriftzeichen der Non-Expertise gespiegelt.....	109
Abb. 10-5: faces_Expertise_ungespiegelt – die Gesichter der Expertise in ungespiegelter Form.....	110
Abb. 10-6: faces_Expertise_gespiegelt – die Gesichter der Expertise gespiegelt.....	111
Abb. 10-7: faces_Non-Expertise_ungespiegelt – die Gesichter der Non-Expertise in ungespiegelter Form.....	112
Abb. 10-8: faces_Non-Expertise_gespiegelt – die Gesichter der Non-Expertise in gespiegelter Form.....	113

Abbildungen zur Analyse der Reaktionszeiten der korrekten Antworten

Abb.10-9: Haupteffekt: Expertise.....	136
Abb. 10-10: Haupteffekt: Klasse.....	136
Abb. 10-11: Haupteffekt: Rotation.....	137
Abb.10-12: Haupteffekt: Spiegelung.....	137
Abb. 10-13 (6-3): Wechselwirkung Expertise*Klasse.....	138
Abb. 10-14 (6-4): Wechselwirkung: Expertise*Rotation.....	138
Abb. 10-15 (6-5): Wechselwirkung: Expertise*Spiegelung.....	139
Abb. 10-16 (6-6): Wechselwirkung Rotation*Spiegelung.....	139
Abb. 10-17 (6-7): Wechselwirkung Expertise*Klasse*Rotation.....	140
Abb. 10-18 (6-8): Wechselwirkung Expertise*Rotation*Spiegelung.....	140
Abb. 10-19: Reaktionszeitverläufe von Frauen und Männer.....	141
Abb. 10-20: Reaktionszeitverläufe der Geschlechter hinsichtlich des Faktors Expertise.....	141

Abb. 10-21: Reaktionszeitenverläufe der Geschlechter hinsichtlich des Faktors Klasse.....	142
Abb.10-22: Haupteffekt der Rotation bei der Berechnung der Einzeleffekte.....	144
Abb. 10-23: Haupteffekt des Einzeleffekts Expertise.....	146
Abb. 10-24: Haupteffekt des Einzeleffekts Klasse.....	147
Abb. 10-25: Einzeleffekt Spiegelung.....	146
Abb. 10-26: Haupteffekt Expertise innerhalb der zweifachen ANOVA.....	151
Abb.10-27: Einzeleffekt der Rotation innerhalb der zweifaktoriellen ANOVA.....	152
Abb. 10-28 (6-10): Quadratische Funktion für die Expertise.....	153
Abb. 10-29: Kurvenanpassungsberechnung: Darstellung der berechneten Funktionen für den Faktor Expertise.....	153
Abb. 10-30 (6-11): Quadratische Funktion für die Non-Expertise.....	154
Abb. 10-31: Kurvenanpassungsberechnung: Darstellung aller berechneten Funktionen für die Non-Expertise.....	154
Abb. 10-32: Quadratische Funktion für die Chars der Expertise.....	155
Abb. 10-33: Quadratische Funktion für die Chars der Non-Expertise.....	156
Abb. 10-34: Exponentielle Funktion für die Faces der Expertise.....	156
Abb. 10-35: Quadratische Funktion der Faces der Non-Expertise.....	157

Abbildungen zur Analyse der Anzahl der richtigen und falschen Antworten

Abb. 10-36: Haupteffekt Expertise.....	168
Abb. 10-37: Haupteffekt der Rotation.....	168
Abb. 10-38 (6-13): Wechselwirkung Expertise*Rotation.....	169
Abb. 10-39 (6-14): Interaktion Klasse*Rotation.....	169
Abb. 10-40 (6-15): dreifache Wechselwirkung Expertise*Klasse*Rotation.....	170
Abb. 10-41: Vergleich von Männern und Frauen hinsichtlich der Reaktionszeitverläufe.....	170
Abb. 10-42: Vergleich der Geschlechter hinsichtlich der Reaktionszeitverläufe über die Expertise.....	171
Abb. 10-43: Vergleich von Frauen und Männer hinsichtlich der Reaktionszeitverläufe über die Klasse.....	171
Abb. 10-44 (6-16): Quadratische Funktion der Expertise.....	172
Abb. 10-45: Kurvenanpassung: Darstellung aller berechneten Funktionen für den Faktor Expertise.....	173
Abb. 10-46 (6-17): Quadratische Funktion der Non-Expertise.....	173

Abb. 10-47: Kurvenanpassung: Darstellung aller berechneten Funktionen für den Faktor Non-Expertise.....	174
Abb. 10-48: Quadratische Funktion für die Chars der Expertise.....	176
Abb. 10-49: Quadratische Funktion der Chars der Non-Expertise.....	176
Abb. 10-50: Exponentielle Funktion der Faces der Expertise.....	177
Abb. 10-51: Quadratische Funktion für die Faces der Non-Expertise.....	177

TABELLEN

Tabelle 6-1: Aufstellung der Bewertung der Effektstärken für Varianzanalysen nach Cohen (1988; aus Bortz, 2006).....	74
Tabelle 10-1: Versuchspersonenliste zu Experiment „mentale Rotation“. Die erste Spalte zeigt die laufende Nummer, sowie die Initialen der Testpersonen. Spalte zwei zeigt das Geschlecht je Person.....	114
Tabelle 10-2 (6-1): Häufigkeiten und Anteilswerte der richtigen und falschen Urteile.....	118-120

Fragebogen

Tabelle 10-3: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile zu Fragen bezüglich der Schriftzeichen.....	121
Tabelle 10-4: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile zu Fragen hinsichtlich der Gesichter.....	121
Tabelle 10-5: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile zu Fragen bezüglich der Raumvorstellung.....	121
Tabelle 10-6 – 10-9: Häufigkeiten für Leseprobleme, Lese-Rechtschreibschwäche, Erinnerung an Buchstaben. Kennen der Schriftzeichen.....	123
Tabellen 10-10 – 10-12: Häufigkeiten für die Items Benennung der Schrift, bekannte Personen aus dem asiatischen Kulturkreis und die Zahl mit der man mit Menschen aus dem asiatischen Raum zu tun hat.....	124
Tabellen 10-13 – 10-16: Häufigkeiten für die Items Unterscheidung von asiatischen Personen, bekannte Personen aus dem afrikanischen Kulturkreis, Zahl mit der man mit Menschen aus dem afrikanischen Raum zu tun hat und Unterscheidung von afrikanischen Personen.....	125
Tabellen 10-17 – 10-18: Häufigkeiten für die Items Einschätzung der eigenen Raumvorstellung und der eigenen Orientierungsfähigkeit auf einer Landkarte.....	126

Tabelle 10-19: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Fragebogens.....	126
Tabellen 10-20, 10-21: Ränge und Vergleiche des Geschlechts des Items selbsteingeschätzte Raumvorstellung.....	127
Tabellen 10-22, 10-23: Ränge und Vergleich des Geschlechts des Items Orientierung auf einer Landkarte.....	127
Tabellen 10-24: Korrelationsanalyse der beiden Raumvorstellungsitems.....	128

Tabellen zur Analyse der Reaktionszeiten der korrekten Antworten

Tabellen 10-25: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile über alle unabhängigen Variablen.....	128
Tabelle 10-26 : Deskriptivstatistik über die vier unabhängigen Variablen	129-131
Tabelle 10-27 -10-30: Analyse mittels vierfacher MesswiederholungsANOVA	132-136
Tabelle 10-31: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile aggregiert nach den vier unabhängigen Variablen.....	142
Tabellen 10-32 – 10-35: Analyse mittels einfacher MesswiederholungsANOVA_Rotation.....	143-144
Tabellen 10-36 – 10-39: Analyse mittels einfacher MesswiederholungsANOVA_Expertise.....	145
Tabellen 10-40 – 10-43: Analyse mittels einfacher MesswiederholungsANOVA_Klasse.....	146-147
Tabellen 10-44 – 10-47: Analyse mittels einfacher MesswiederholungsANOVA_Spiegelung.....	148
Tabellen 10-48 – 10-51: Analyse mittels zweifacher MesswiederholungsANOVA Expertise*Rotation.....	150-151
Tabelle 10-52: Analyse der Funktion – Expertise.....	152
Tabelle 10-53: Analyse der Funktion – Expertise*Klasse.....	155

Tabellen zur Analyse der falschen Reaktionszeiten

Tabelle 10-54: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile über alle unabhängigen Variablen.....	157
Tabelle 10-55: Deskriptivstatistik der Reaktionszeiten der falschen Antworten.....	158-160

Tabelle 10-56: Mittelwerte und Standardabweichungen über alle Vier unabhängigen Variablen innerhalb der ANOVA.....	161-163
---	---------

Tabellen zur Analyse der Fehlerzahl

Tabelle 10-57: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile für die Anzahl der falschen Antworten.....	163
Tabelle 10-58: Deskriptivstatistik der Summe der falschen Antworten.....	164-165
Tabellen 10-59 – 10-62: Analyse mittels dreifaktorieller Messwiederholungsberechnung.....	166-167
Tabelle 10-63: Analyse der Funktion – Expertise.....	172
Tabelle 10-64: Analyse der Funktion – Expertise*Klasse.....	175

10. Anhang

10.1 Stimuli (Auswahl)

10.1.1 Chars

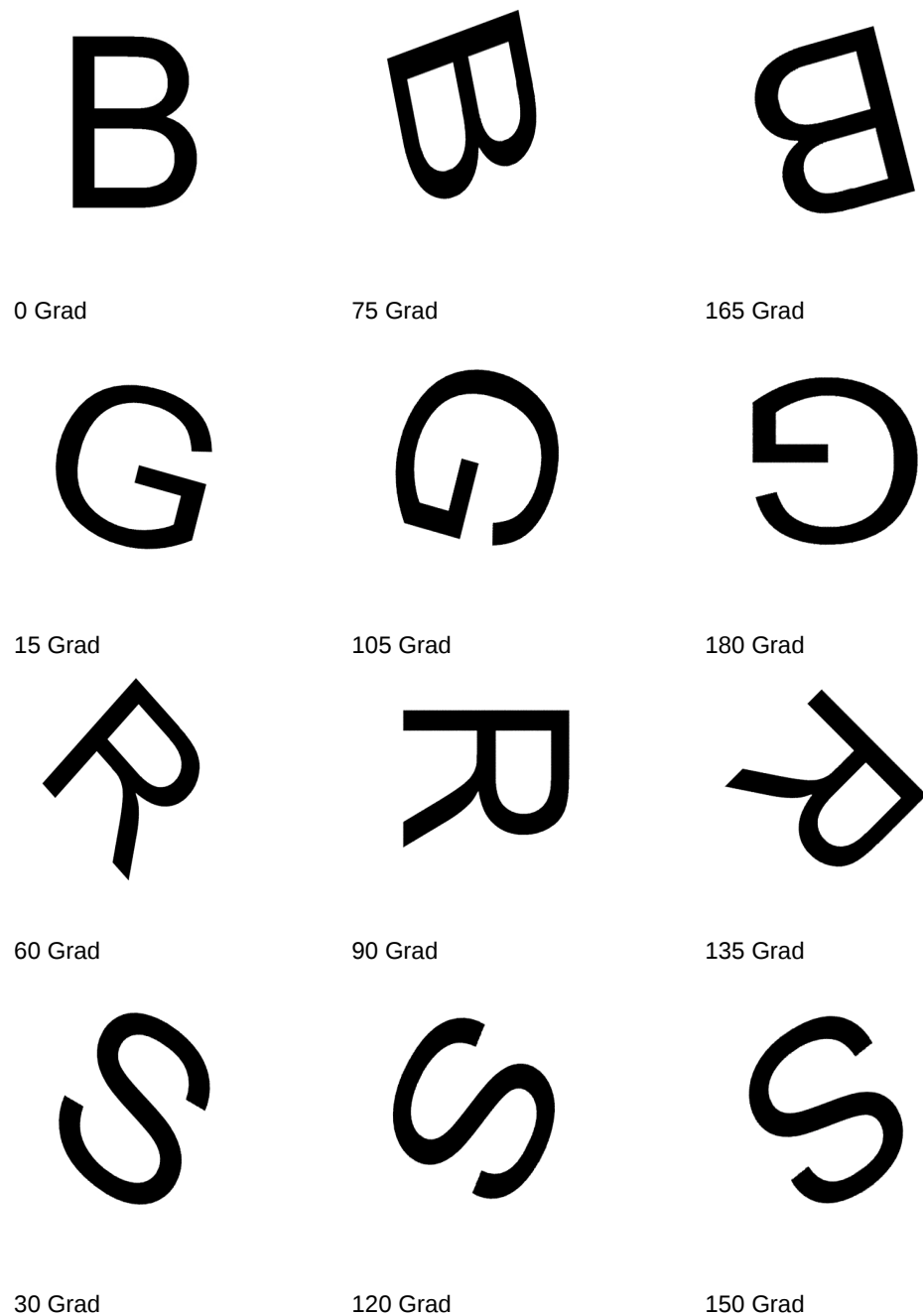


Abbildung 10-1: chars_Expertise_ungespiegelt – die Schriftzeichen der Expertise nicht gespiegelt

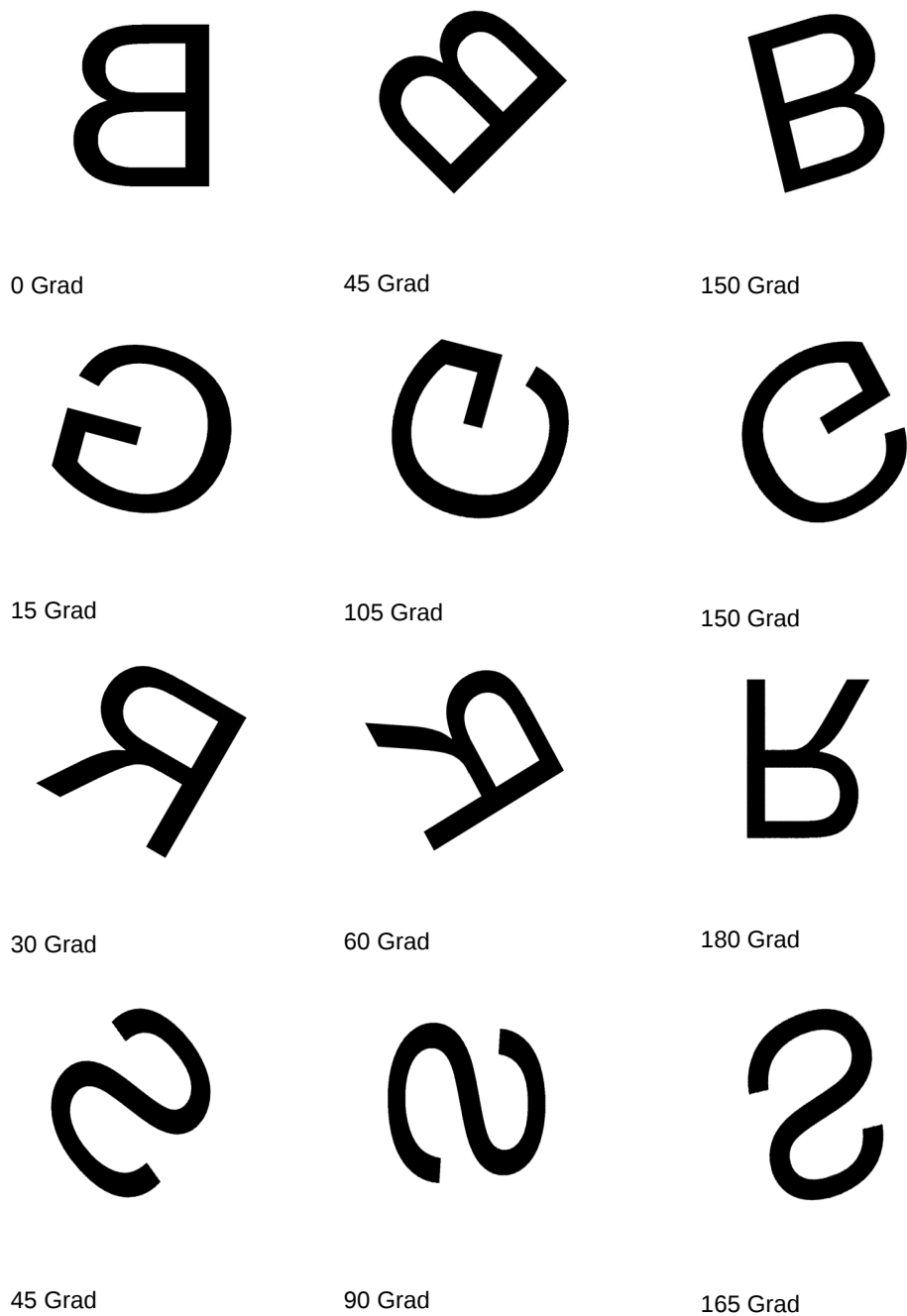


Abbildung 10-2: chars_Expertise_gespiegelt – die Schriftzeichen der Expertise in gespiegelter Form

水

0 Grad

水

45 Grad

水

105 Grad

夫

0 Grad

夫

90 Grad

夫

180 Grad

女

0 Grad

女

90 Grad

女

180 Grad

力

0 Grad

力

90 Grad

力

165 Grad

Abbildung 10-3: chars_Non-Expertise_ungespiegelt – die Schriftzeichen der Non-Expertise nicht gespiegelt

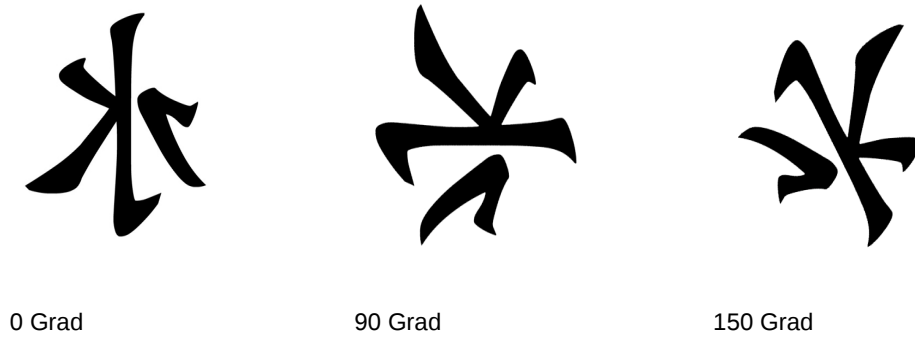


Abbildung 10-4: chars_Non-Expertise_gespiegelt – die Schriftzeichen der Non-Expertise gespiegelt

10.1.2 Faces

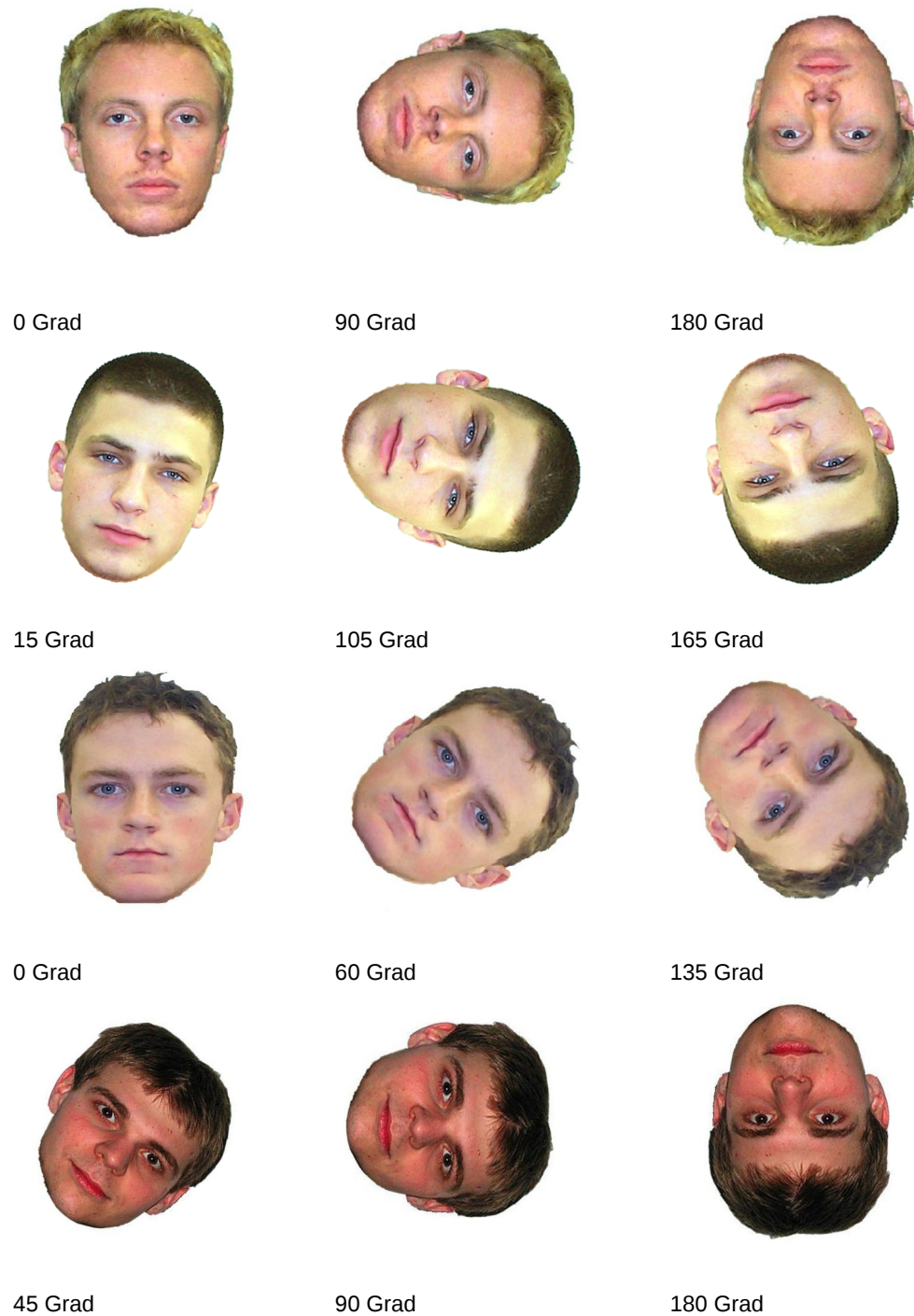


Abbildung 10-5: faces_Expertise_ungepiegelt – die Gesichter der Expertise in ungepiegelter Form

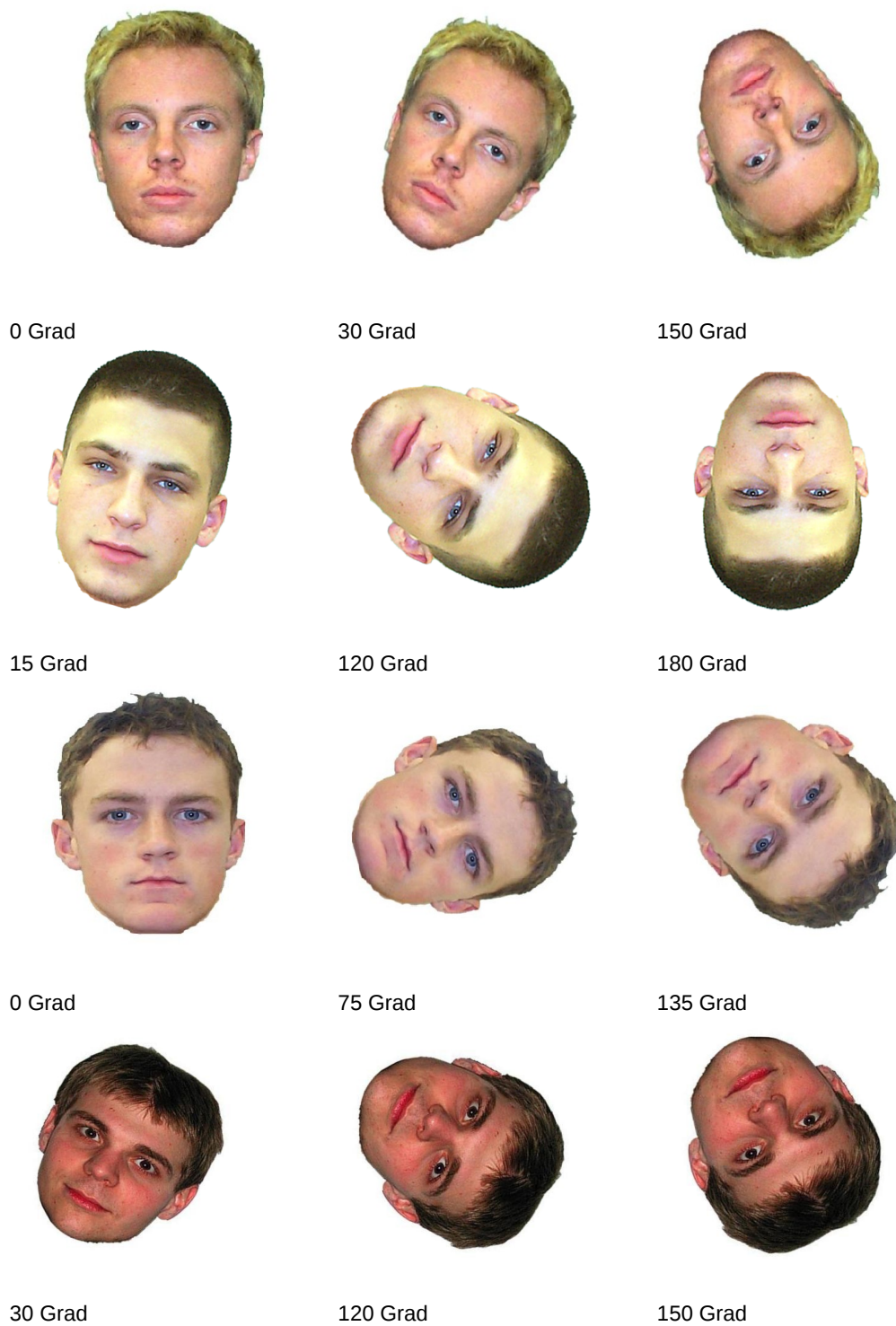


Abbildung 10-6: faces_Expertise_gespiegelt – die Gesichter der Expertise gespiegelt



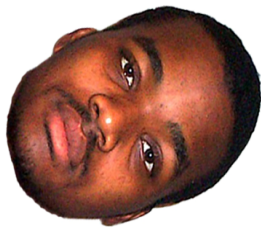
0 Grad



60 Grad



105 Grad



75 Grad



120 Grad



180 Grad



0 Grad



45 Grad



90 Grad



15 Grad



135 Grad



150 Grad

Abbildung 10-7: faces_Non-Expertise_ungespiegelt – die Gesichter der Non-Expertise in ungespiegelter Form



15 Grad



120 Grad



165 Grad



30 Grad



105 Grad



150 Grad



0 Grad



90 Grad



135 Grad



15 Grad



60 Grad



165 Grad

Abbildung 10-8: faces_Non-Expertise_gespiegelt – die Gesichter der Non-Expertise in gespiegelter Form

VERSUCHSPERSONENLISTE

Vpn.-Nr. & Initialen	Geschlecht
3 MV	weiblich
4 TK	weiblich
5 AO	weiblich
6 GM	männlich
7 CN	weiblich
8 TP	männlich
9 KB	weiblich
11 NE	weiblich
13 KM	weiblich
14 AF	weiblich
15 LC	weiblich
16 CF	männlich
17 EF	weiblich
18 MB	weiblich
19 MR	weiblich
20 EB	weiblich
21 ET	männlich
22 SR	weiblich
23 MP	weiblich
24 CE	weiblich
25 SV	weiblich
26 AL	weiblich
27 EB	weiblich
28 SR	weiblich
29 NH	weiblich
30 CM	männlich
31 AE	männlich
32 DW	männlich
33 DA	männlich
34 KS	weiblich
35 KJ	männlich
36 NW	weiblich
37 NG	weiblich
38 AG	weiblich
39 SA	männlich
40 JK	weiblich
41 CF	weiblich
42 JW	weiblich
44 SZ	weiblich
46 DH	weiblich
47 VJ	weiblich
48 KG	weiblich
49 GB	weiblich
50 MH	weiblich
51 JM	weiblich
52 MG	weiblich
53 AG	weiblich
54 MG	männlich
55 HF	weiblich
56 EK	weiblich

Vpn.-Nr. & Initialen	Geschlecht
57 BJ	weiblich
58 JC	weiblich
59 MB	weiblich
60 LL	männlich
61 SR	weiblich
62 AM	männlich
63 CL	weiblich
64 SS	männlich
65 KD	weiblich
66 GG	weiblich
67 SW	weiblich
68 BZ	weiblich
69 BF	weiblich
70 GN	männlich
71 CP	männlich
72 PZ	männlich
73 ST	weiblich
74 ER	weiblich
75 BM	männlich
76 MH	männlich
77 SM	weiblich
78 JW	weiblich
79 SB	männlich
80 GF	männlich
81 UG	weiblich
82 MB	männlich
83 AB	weiblich
84 MS	männlich
86 PE	männlich
87 FB	männlich
88 RS	männlich
89 AG	männlich
90 MS	männlich
91 DJ	männlich
92 RM	männlich
93 KB	männlich
94 CW	männlich
95 RS	männlich
96 PP	männlich
97 FG	männlich
98 MK	männlich
99 SMO	männlich
100 HC	männlich
101 HW	männlich
102 OH	männlich
103 OP	männlich
104 JM	männlich
105 SS	weiblich
106 CW	männlich

Tabelle 10-1: Versuchspersonenliste zu Experiment „mentale Rotation. Die erste Spalte zeigt die laufende Nummer, sowie die Initialen der Testpersonen. Spalte zwei zeigt das Geschlecht je Person.

10.2 Fragebogen

Artikel I. Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer!

Im Anschluss finden Sie einige Fragen zu den Ihnen gezeigten Objekten/Gesichtern. Die Beantwortung wird in etwa 5-10 Minuten dauern. Bitte antworten Sie ehrlich und so genau wie möglich.

Artikel II. Angaben zur Person

Alter: _____

Geschlecht: männlich ☐ ; weiblich ☐

Schulbildung: ☐ Lehre

☐ AHS/BHS

☐ abgeschlossenes Studium

Haben Sie Schwierigkeiten mit dem Lesen?

☐ Ja ☐ Nein

Liegt bei Ihnen eine Lese- und Rechtschreibschwäche vor?

☐ Ja ☐ Nein

Welches ist Ihr Herkunftsland?

Woher stammen Ihre Vorfahren?

Fragen zur Computerbearbeitung:
--

A) Gesichter:

Kannten Sie jemanden von den abgebildeten Personen?

☐ Ja ☐ Nein

Wenn ja, wie viele?

Nennen Sie bitte die Personen, die Sie kannten!

Kennen Sie Menschen aus dem asiatischen Kulturkreis?

☐ Ja ☐ Nein

Wenn ja, wieviele?

Wie oft haben Sie mit Menschen aus dem asiatischen Kulturkreis zu tun?

☐ nie

☐ selten

☐ manchmal

☐ oft

☐ sehr oft

Haben Sie schon einmal ein Land aus dem asiatischen Raum besucht?

0 Ja 0 Nein

Wenn ja, wie oft? _____

Wenn Sie mehrere Personen aus dem asiatischen Raum sehen, wie schwer fällt es Ihnen die Menschen voneinander zu unterscheiden?

0 sehr 0 etwas 0 mittelmäßig 0 wenig 0 gar nicht

Kennen Sie Menschen aus dem afrikanischen Kulturkreis? 0 Ja 0 Nein

Wenn ja, wie viele? _____

Wie oft haben Sie mit Menschen aus dem afrikanischen Kulturkreis zu tun?

0 nie 0 selten 0 manchmal 0 oft 0 sehr oft

Haben Sie schon einmal ein Land aus dem afrikanischen Raum besucht?

0 Ja 0 Nein

Wenn ja, wie oft? _____

Wenn Sie mehrere Personen aus dem afrikanischen Raum sehen, wie schwer fällt es Ihnen die Menschen voneinander zu unterscheiden?

0 sehr 0 etwas 0 mittelmäßig 0 wenig 0 gar nicht

B) Schriftzeichen:

Schreiben Sie bitte die vorgekommenen Buchstaben auf!

Kennen Sie die anderen gezeigten Zeichen? 0 Ja 0 Nein

Wie heißt diese Schrift?

Nennen Sie von jedem Zeichen die Bedeutung, falls sie Ihnen geläufig ist!

夫

女

力

水

C) Objekte:

Kannten Sie einige von den Ihnen gezeigten Tieren?

☐ Ja ☐ Nein

Wenn ja, wie viele davon?

Nennen Sie bitte die Tiere, die Ihnen noch einfallen!

Haben Sie die unbekannten Tiere schon einmal gesehen?

☐ Ja ☐ Nein

Fragen zur Raumvorstellung:

Wie schätzen Sie selber Ihre räumliche Vorstellung ein?

0 sehr schlecht 0 schlecht 0 durchschnittlich 0 gut 0 sehr gut

Wenn Sie sich auf einer Landkarte orientieren müssen, wie gut finden Sie den Weg, wenn Sie die Karte nicht drehen dürfen?

0 sehr schlecht 0 schlecht 0 durchschnittlich 0 gut 0 sehr gut

Danke für Ihre Mitarbeit!

10.3 Häufigkeiten korrekter und falscher Antworten

Rotation		URTEILE		Anteilswert
0	richtige	identer Stimulus	1.522	48.0%
		gespiegelter Stimulus	1.357	42.8%
			2.879	90.8%
	falsche	identer Stimulus	62	2.0%
		gespiegelter Stimulus	227	7.2%
			289	9.2%
	Gesamt		3.168	100.0%
15		URTEILE		Anteilswert
	richtige	identer Stimulus	1.496	47.2%
		gespiegelter Stimulus	1.355	42.8%
			2.851	90.0%
	falsche	identer Stimulus	88	2.8%
		gespiegelter Stimulus	229	7.2%
			317	10.0%
	Gesamt		3.168	100.0%
30		URTEILE		Anteilswert
	richtige	identer Stimulus	1.477	46.%
		gespiegelter Stimulus	1.384	43.7%
			2.861	90.3%
	falsche	identer Stimulus	107	3.4%
		gespiegelter Stimulus	229	6.3%
			336	9.7%
	Gesamt		3.168	100.0%
45				

		URTEILE		Anteilswert
	richtige	identer Stimulus	1.472	46.5%
		gespiegelter Stimulus	1.372	43.3%
			2.844	89.8%
	falsche	identer Stimulus	112	3.5%
		gespiegelter Stimulus	212	6.7%
			324	10.2%
	Gesamt		3.168	100.0%
60				
		URTEILE		Anteilswert
	richtige	identer Stimulus	1.453	45.9%
		gespiegelter Stimulus	1.365	43.1%
			2.818	89.0%
	falsche	identer Stimulus	131	4.0%
		gespiegelter Stimulus	219	6.9%
			350	11.0%
Gesamt		3.168	100.0%	
75				
		URTEILE		Anteilswert
	richtige	identer Stimulus	1.451	45.8%
		gespiegelter Stimulus	1.368	43.2%
			2.819	89.0%
	falsche	identer Stimulus	133	4.2%
		gespiegelter Stimulus	216	6.8%
			349	11.0%
Gesamt		3.168	100.0%	
90				
		URTEILE		Anteilswert
	richtige	identer Stimulus	1.467	46.3%
		gespiegelter Stimulus	1.348	42.6%
			2.815	88.9%
	falsche	identer Stimulus	117	3.7%
		gespiegelter Stimulus	236	7.4%
			353	11.1%
Gesamt		3.168	100.0%	
105				
		URTEILE		Anteilswert
	richtige	identer Stimulus	1.437	45.4%
		gespiegelter Stimulus	1.356	42.8%
			2.793	88.2%
	falsche	identer Stimulus	147	4.6%
		gespiegelter Stimulus	228	7.2%
			375	11.8%
Gesamt		3.168	100.0%	
120				
		URTEILE		Anteilswert
	richtige	identer Stimulus	1.432	45.2%
		gespiegelter Stimulus	1.321	41.7%

			2.753	86.9%
	falsche	identer Stimulus	152	4.8%
		gespiegelter Stimulus	263	8.3%
			415	13.1%
	Gesamt		3.168	100.0%
135				
		URTEILE		Anteilswert
	richtige	identer Stimulus	1.403	44.3%
		gespiegelter Stimulus	1.355	42.8%
			2.758	87.1%
	falsche	identer Stimulus	181	5.7%
		gespiegelter Stimulus	229	7.2%
			410	12.9%
	Gesamt		3.168	100.0%
150				
		URTEILE		Anteilswert
	richtige	identer Stimulus	1.387	43.8%
		gespiegelter Stimulus	1.327	41.9%
			2.714	85.7%
	falsche	identer Stimulus	197	6.2%
		gespiegelter Stimulus	257	8.1%
			454	14.3%
	Gesamt		3.168	100.0%
165				
		URTEILE		Anteilswert
	richtige	identer Stimulus	1.347	42.5%
		gespiegelter Stimulus	1.307	41.3%
			2.654	83.8%
	falsche	identer Stimulus	237	7.5%
		gespiegelter Stimulus	277	8.7%
			514	16.2%
	Gesamt		3.168	100.0%
180				
		URTEILE		Anteilswert
	richtige	identer Stimulus	1.318	41.6%
		gespiegelter Stimulus	1.317	41.6%
			2.635	83.2%
	falsche	identer Stimulus	266	8.4%
		gespiegelter Stimulus	267	8.4%
			533	16.8%
	Gesamt		3.168	100.0%

Tabelle 10-2: Häufigkeiten der richtigen und falschen Urteile

10.4 Auswertung des Fragebogen

Schriftzeichen

S	sex_cod	Leseprobleme	Legasth	letters_	schrift_	schrift_	schriftzeichen
No				erinnert	bekannt	name	bedeutung
3	Frauen	nein	nein	G, R, S	nein		
4	Frauen	nein	nein	B, G, R, S	nein	chinesisch	
5	Frauen	nein	nein		ja	chinesisch	
6	Männer	nein	nein	B, R, S	nein		
7	Frauen	nein	nein	B, G, R, S	nein	chinesisch	
8	Männer	nein	nein	G, R, S	nein		
9	Frauen	nein	nein	B, R	nein		
11	Frauen	nein	nein	G, R, S	nein	Blockschrift	
13	Frauen	nein	nein	G, S	ja	Alphabet	
14	Frauen	nein	nein	B, G, R, S	nein	chinesisch	

Tabelle 10-3: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile zu Fragen bezüglich der Schriftzeichen

Gesichter

S	bekannte	bekanntePn	Häufigkt_	diff_	Bekannte	Häufigkt_	diff_
No	Pn	asia	asia	asia	Pn africa	africa	africa
15	nein	nein	nie	etwas	nein	selten	ja
16	nein	ja	selten	mittelmäßig	ja	selten	ja
17	nein	nein	nie	etwas	nein	nie	nein
18	nein	nein	selten	sehr	nein	selten	ja
19	nein	nein	manchmal	etwas	ja	manchmal	nein
20	nein	nein	oft	wenig	nein	manchmal	ja
21	nein	ja	manchmal	wenig	ja	selten	nein
22	nein	nein	selten	mittelmäßig	ja	selten	nein
23	nein	nein	nie	mittelmäßig	nein	nie	nein
24	nein	nein	nie	sehr	ja	selten	ja

Tabelle 10-4: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile zu Fragen hinsichtlich der Gesichter

Einschätzung der Raumvorstellung

SNo	Raumvorstlg_se	Raumvorstlg_landkart
25	schlecht	schlecht
26	sehr schlecht	sehr schlecht
27	schlecht	schlecht
28	schlecht	sehr schlecht
29	schlecht	sehr schlecht
30	durchschnittlich	sehr gut
31	gut	gut
32	gut	gut
33	durchschnittlich	gut
34	sehr gut	gut

Tabelle 10-5: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile zu Fragen bezüglich der Raumvorstellung

Variablenbezeichnungen und Kodierungen

SNo	Versuchspersonennummer
sex_cod	Geschlecht: Frauen, Männer
leseprobleme	ja, nein
legasth	diagnostizierte Legasthenie: ja, nein
letters_erinnert	Auflistung der lateinischen Buchstaben, die erinnert wurden (B, G, R, S)
schrift_bekannt	kennen der unbekannten Schrift: ja, nein
schrift_name	Bezeichnung dieser Schrift; Angabe der Vpn
schriftzeiche_bedeutung	Bezeichnung der Bedeutung der chinesischen
	Schriftzeichen: 水 = Wasser, 夫 =
	Ehemann, 女 = Ehefrau, 力 = Kraft;
bekanntePn	Wiedererkennung von abgebildeten Personen: ja, nein
bekanntePn_asia	kennen von asiatischen Personen: ja, nein
Häufigkt_asia	Häufigkeit mit der man mit asiatischen Personen zu tun hat: 0 = nie, 1 = selten, 2 = manchmal, 3 = oft, 4 = sehr oft,
diff_asia	Schwierigkeiten bei der Unterscheidung von asiatischen Personen untereinander: 0 = gar nicht, 1 = wenig, 2 = mittelmäßig, 3 = etwas, 4 = sehr,
bekanntePn_africa	kennen von afrikanischen Personen: ja, nein
Häufigkt_africa	Häufigkeit mit der man mit afrikanischen Personen tun hat: 0 = nie, 1 = selten, 2 = manchmal, 3 = oft, 4 = sehr oft,
diff_africa	Schwierigkeiten bei der Unterscheidung von afrikanischen Personen untereinander: 0 = gar nicht, 1 = wenig, 2 = mittelmäßig, 3 = etwas, 4 = sehr,
Raumvorstlg_se	Einschätzung der eigenen Raumvorstellungsfähigkeit: 0 = sehr schlecht, 1 = schlecht, 2 = durchschnittlich, 3 = gut, 4 = sehr gut

Raumvorstlg_landkart

Einschätzung der eigenen Fähigkeit sich auf einer Landkarte zu orientieren: 0 = sehr schlecht, 1 = schlecht, 2 = durchschnittlich, 3 = gut, 4 = sehr gut

Alle anderen Fragen hatten ein offenes Antwortformat.

Deskriptive Statistiken

Leseprobleme

	Häufigkeit	Prozent
Gültig nein	95	96,0
ja	4	4,0
Gesamt	99	100,0

Lese-, Rechtschreibsschwäche

	Häufigkeit	Prozent
Gültig nein	94	94,9
ja	5	5,1
Gesamt	99	100,0

An welche Buchstaben erinnern Sie sich

	Häufigkeit	Prozent
Gültig	3	3,0
B, G	1	1,0
B, G, R	5	5,1
B, G, R, S	50	50,5
B, G, S	8	8,1
B, R	2	2,0
B, R, S	16	16,2
B, S	2	2,0
G, B, P, R	1	1,0
G, K, R	1	1,0
G, R, S	7	7,1
G, S	1	1,0
R, S	2	2,0
Gesamt	99	100,0

Kannten Sie die verwendete Schrift

	Häufigkeit	Prozent
Gültig nein	82	82,8
ja	17	17,2
Gesamt	99	100,0

Tabellen 10-6 – 10-9: Häufigkeiten für Leseprobleme, Lese- Rechtschreibsschwäche, Erinnerung an Buchstaben, Kennen der Schrift

Wie heißt diese Schrift

	Häufigkeit	Prozent
Gültig	33	33,3
,	10	10,1
Alphabet	1	1,0
asiatisch	2	2,0
asiatische Schrift	1	1,0
Blockschrift	2	2,0
chinesische Schrift	1	1,0
chinesisch	27	27,3
chinesisch, japanisch	2	2,0
chinesisch, japansich	1	1,0
chinesische	1	1,0
chinesische Schriftzeichen	2	2,0
chinische Schrift, Kanji	1	1,0
japanisch	5	5,1
japanisch, chinesisch	1	1,0
japanisch, kanji	1	1,0
japansich	1	1,0
Kaligraphie	3	3,0
Kanji bzw. Hiragana	1	1,0
Mandarin	1	1,0
Mandarin (chinesisch)	1	1,0
Sineologie	1	1,0
Gesamt	99	100,0

Bekannte Pn aus Asiat. Kulturkreis

	Häufigkeit	Prozent
Gültig nein	40	40,4
ja	59	59,6
Gesamt	99	100,0

wie oft mit Pn aus asiat. Kulturkreis zu tun

	Häufigkeit	Prozent
Gültig nie	14	14,1
selten	46	46,5
manchmal	29	29,3
oft	8	8,1
sehr oft	2	2,0
Gesamt	99	100,0

Tabellen 10-10 – 10-12: Häufigkeiten für die Items Benennung der Schrift, bekannte Personen aus dem asiatischen Kulturkreis und die Zahl mit der man mit Personen aus dem asiatischen Kulturkreis zu tun hat

Wie schwer sind asiat. Menschen zu unterscheiden

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	gar nicht	5	5,1
	wenig	16	16,2
	mittelmäßig	33	33,3
	etwas	29	29,3
	sehr	14	14,1
	Gesamt	97	98,0
Fehlend	System	2	2,0
Gesamt		99	100,0

Bekannte Pn aus Afirk. Kulturkreis

	Häufigkeit	Prozent
Gültig nein	45	45,5
ja	54	54,5
Gesamt	99	100,0

wie oft mit Pn aus afrik. Kulturkreis zu tun

	Häufigkeit	Prozent
Gültig nie	20	20,2
selten	51	51,5
manchmal	24	24,2
oft	3	3,0
sehr oft	1	1,0
Gesamt	99	100,0

Wie schwer sind afrik. Menschen zu unterscheiden

	Häufigkeit	Prozent
Gültig gar nicht	5	5,1
wenig	23	23,2
mittelmäßig	28	28,3
etwas	30	30,3
sehr	11	11,1
Gesamt	97	98,0
Fehlend System	2	2,0
Gesamt	99	100,0

Tabellen 10-13 – 10-16: Häufigkeiten für die Items Unterscheidung von asiatischen Personen, bekannte Personen aus dem afrikanischen Kulturkreis, Zahl mit der man mit Menschen aus dem afrikanischen Kulturkreis zu tun hat und Unterscheidung von afrikanischen Personen

Selbsteingeschätzte Raumvorstellung

	Häufigkeit	Prozent
Gültig sehr schlecht	3	3,0
schlecht	15	15,2
durchschnittlich	51	51,5
gut	21	21,2
sehr gut	9	9,1
Gesamt	99	100,0

Wie gut an Landkarte orientieren

	Häufigkeit	Prozent
Gültig sehr schlecht	5	5,1
schlecht	18	18,2
durchschnittlich	34	34,3
gut	31	31,3
sehr gut	11	11,1
Gesamt	99	100,0

Tabellen 10-17 – 10-18: Häufigkeiten für die Items Einschätzung der eigenen Raumvorstellung und eigenen Orientierungsfähigkeit auf einer Landkarte

	N	Mittelwert	Standardabweichung
wie oft mit Pn aus asiat. Kulturkreis zu tun	99	1,37	,899
Wie schwer sind asiat. Menschen zu unterscheiden	97	2,32	1,076
wie oft mit Pn aus afrik. Kulturkreis zu tun	99	1,13	,804
Wie schwer sind afrik. Menschen zu unterscheiden	97	2,20	1,086
Selbsteingeschätzte Raumvorstellung	99	2,18	,908
Wie gut an Landkarte orientieren	99	2,25	1,043

Tabelle 10-19: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Fragebogens

Inferenzstatistische Auswertung

	Geschlecht kodiert	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Selbsteingeschätzte Raumvorstellung	Männer	43	62,21	2675,00
	Frauen	56	40,63	2275,00
	Gesamt	99		

	Selbsteing eschätzte Raumvorst ellung
Mann-Whitney-U	679,000
Wilcoxon-W	2275,000
Z	-4,021
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000

Tabellen 10-20, 10-21: Ränge und Vergleich des Geschlechts des Items selbsteingeschätzte
Raumvorstellung

	Geschlecht kodiert	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Wie gut an Landkarte orientieren	Männer	43	60,13	2585,50
	Frauen	56	42,22	2364,50
	Gesamt	99		

	Wie gut an Landkarte orientieren
Mann-Whitney-U	768,500
Wilcoxon-W	2364,500
Z	-3,203
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,001

Tabellen 10-22, 10-23: Ränge und Vergleich des Geschlechts des Items Orientierung auf einer
Landkarte

Korrelationen

			Selbsteing eschätzte Raumvorst ellung	Wie gut an Landkarte orientieren
Spearman-Rho	Selbsteingeschätzte Raumvorstellung	Korrelations koeffizient	1,000	,642**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	99	99
	Wie gut an Landkarte orientieren	Korrelations koeffizient	,642**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	99	99

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 10-24: Korrelationsanalyse der beiden Raumvorstellungsitems

10.5 Analyse der korrekten Antworten

10.5.1 Messwiederholungsberechnung der vier unabhängigen Variablen

SNo	sex_cod	characte. Expertise.0.s	characte. Expertise.0.u	characte. Expertise.15.s	charcte. Expertise.15.u
3	Frauen	2595	1212,75	3266,5	868,75
4	Frauen	1975	923,25	2040	968,75
5	Frauen	1317,75	1658,75	1579,5	1299
6	Männer	1495,25	1011,5	1314	2025,75
7	Frauen	2045,67	1508	1538	1508
8	Männer	898,25	759,75	1712,25	777
9	Frauen	3073,5	1787,75	1473	968,25
11	Frauen	2339,33	1862,75	1849	1562,25
13	Frauen	928,5	1057,25	1604,5	1274,25
14	Frauen	1614,75	814,25	1690	2096

Tabelle 10-25 : Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile über alle unabhängigen Variablen

Variablenbezeichnungen und Kodierungen

SNo	Versuchspersonennummer
sex_cod	Geschlecht: Frauen, Männer
characte.Expertise.0.s	mittlere Reaktionszeit für die chars der Expertise in 0 Grad gespiegelt

characte.Expertise.0.u	mittlere Reaktionszeit für die chars der Expertise in 0 Grad ungespiegelt
characte.Expertise.15.s	mittlere Reaktionszeit für die chars der Expertise in 15 Grad gespiegelt
characte.Expertise.15.u	mittlere Reaktionszeit für die chars der Expertise in 15 Grad ungespiegelt

Deskriptivstatistische Auswertung

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
characte.Expertise.0.s	98	427,50	7354,25	2189,1327	1078,47066
characte.Expertise.0.u	98	632,50	4503,75	1445,3963	688,91200
characte.Expertise.15.s	98	403,75	7385,33	2077,6675	1099,43181
characte.Expertise.15.u	96	603,75	3042,50	1372,8073	540,04128
characte.Expertise.30.s	99	488,00	10494,00	2068,3342	1373,46651
characte.Expertise.30.u	97	562,50	22065,00	1627,4424	2265,22366
characte.Expertise.45.s	96	497,00	4973,00	1892,3455	869,31576
characte.Expertise.45.u	96	578,75	5183,00	1406,8134	807,80213
characte.Expertise.60.s	95	488,00	4085,00	1861,2991	861,19765
characte.Expertise.60.u	96	579,25	4048,75	1394,5451	674,27589
characte.Expertise.75.s	95	408,75	4081,00	1860,4798	768,82307
characte.Expertise.75.u	96	575,25	6459,00	1523,8559	850,78831
characte.Expertise.90.s	97	448,00	5906,00	2005,5017	1065,19870
characte.Expertise.90.u	96	620,00	4901,50	1614,8628	818,38775
characte.Expertise.105.s	98	463,25	5914,00	2111,3512	1030,66667
characte.Expertise.105.u	97	654,50	22820,00	1919,8780	2359,22570
characte.Expertise.120.s	95	421,00	6458,00	2088,6149	975,09742
characte.Expertise.120.u	96	662,75	3848,67	1681,3464	655,75039
characte.Expertise.135.s	97	476,50	8348,50	2188,0034	1213,60032
characte.Expertise.135.u	95	706,75	5280,00	1754,3421	839,49913
characte.Expertise.150.s	98	413,25	13593,00	2302,7151	1575,74234
characte.Expertise.150.u	95	729,33	6945,50	1980,7325	1067,94241
characte.Expertise.165.s	99	467,25	8697,75	2378,6692	1396,58571
characte.Expertise.165.u	95	553,50	6077,50	2127,3570	1070,78764
characte.Expertise.180.s	97	640,75	5225,75	2319,8694	994,50487
characte.Expertise.180.u	93	591,00	8845,00	2578,5108	1289,13195
characte.NonExpertise.0.s	96	1023,33	6748,00	3014,2170	1181,04723
characte.NonExpertise.0.u	96	706,33	6143,50	2121,2908	1021,36092

characte.NonExpertise.15.s	93	852,75	6395,75	2835,4740	1304,72105
characte.NonExpertise.15.u	97	863,00	5036,00	2197,9244	926,95864
characte.NonExpertise.30.s	95	622,00	7069,25	2857,9895	1264,68210
characte.NonExpertise.30.u	95	874,00	6181,00	2357,0140	1091,75516
characte.NonExpertise.45.s	95	789,75	7902,00	2916,0877	1264,70488
characte.NonExpertise.45.u	95	957,75	10376,25	2501,9842	1355,84532
characte.NonExpertise.60.s	95	661,25	7322,25	2848,4035	1302,85611
characte.NonExpertise.60.u	93	915,33	8414,50	2637,0341	1151,70167
characte.NonExpertise.75.s	95	676,50	8069,33	3022,4535	1455,87650
characte.NonExpertise.75.u	95	940,25	22434,00	2986,7386	2370,24226
characte.NonExpertise.90.s	95	690,00	9405,00	3119,5746	1637,27171
characte.NonExpertise.90.u	93	772,00	5877,67	2707,1837	1065,67258
characte.NonExpertise.105.s	96	670,67	9081,50	3133,5122	1673,99116
characte.NonExpertise.105.u	97	805,00	7967,25	2845,9132	1255,26062
characte.NonExpertise.120.s	95	670,50	7075,75	3066,0798	1271,35380
characte.NonExpertise.120.u	95	959,00	5547,00	2755,1588	1165,89183
characte.NonExpertise.135.s	95	685,50	7287,00	3102,8965	1375,98294
characte.NonExpertise.135.u	93	970,33	8674,50	2916,3647	1270,51994
characte.NonExpertise.150.s	95	658,75	10735,00	3083,0763	1582,59575
characte.NonExpertise.150.u	92	1054,00	9907,67	3214,2618	1521,48417
characte.NonExpertise.165.s	97	976,25	14082,00	3441,7122	2014,24889
characte.NonExpertise.165.u	92	892,00	7661,67	3310,5815	1585,21764
characte.NonExpertise.180.s	96	785,00	7600,00	3254,6927	1534,30089
characte.NonExpertise.180.u	92	1061,00	9700,25	3361,7237	1561,79677
faces.Expertise.0.s	92	1145,00	6376,75	2583,8678	1137,50331
faces.Expertise.0.u	98	522,33	5998,75	2252,4651	964,06800
faces.Expertise.15.s	90	488,50	5834,00	2569,5694	1058,46514
faces.Expertise.15.u	96	522,00	5055,25	2377,7170	994,65475
faces.Expertise.30.s	92	470,75	8216,33	2745,0353	1347,76116
faces.Expertise.30.u	96	377,50	4977,67	2469,2917	922,97000
faces.Expertise.45.s	91	513,25	5889,50	2617,5952	969,26673
faces.Expertise.45.u	96	589,00	5249,00	2524,3507	967,20827

faces.Expertise.60.s	93	421,25	11849,00	3054,4158	1806,20059
faces.Expertise.60.u	97	400,25	6798,75	2808,9777	1274,47883
faces.Expertise.75.s	93	447,75	11463,50	3023,7706	1765,54160
faces.Expertise.75.u	97	675,33	11534,00	2954,2852	1627,94800
faces.Expertise.90.s	93	377,75	8602,50	3202,7070	1483,49465
faces.Expertise.90.u	98	603,00	14360,00	2981,5051	1742,69812
faces.Expertise.105.s	91	439,25	9324,00	3238,0229	1494,52758
faces.Expertise.105.u	97	431,00	6269,00	2966,6830	1210,56380
faces.Expertise.120.s	88	470,50	8748,00	3197,0994	1389,46088
faces.Expertise.120.u	97	500,50	7859,33	3049,9278	1362,29934
faces.Expertise.135.s	94	420,25	12992,00	3458,4007	1802,09626
faces.Expertise.135.u	95	555,75	7505,25	3069,3175	1267,35333
faces.Expertise.150.s	93	525,67	10595,00	3622,9391	1694,63685
faces.Expertise.150.u	97	460,00	7727,00	3258,6641	1518,46175
faces.Expertise.165.s	94	494,25	8564,50	3550,0727	1602,21347
faces.Expertise.165.u	97	418,25	9599,00	3402,1538	1493,07254
faces.Expertise.180.s	93	467,00	7930,50	4019,5063	1668,27323
faces.Expertise.180.u	96	897,75	9887,50	3721,2040	1593,67186
faces.NonExpertise.0.s	92	1088,00	8710,00	3174,4420	1493,75837
faces.NonExpertise.0.u	97	705,67	10233,50	2489,4132	1264,64145
faces.NonExpertise.15.s	93	657,75	14513,00	2920,9256	1606,46049
faces.NonExpertise.15.u	97	630,75	7698,00	2528,9278	1220,15619
faces.NonExpertise.30.s	92	541,33	8383,33	2826,8433	1285,24035
faces.NonExpertise.30.u	96	569,25	10997,67	2679,7604	1466,44899
faces.NonExpertise.45.s	94	429,00	6579,25	2887,4672	1194,88587
faces.NonExpertise.45.u	97	595,50	7082,25	2635,5842	1309,31846
faces.NonExpertise.60.s	93	378,75	6910,00	3113,8898	1255,69375
faces.NonExpertise.60.u	97	460,50	11463,00	2769,0241	1391,17602
faces.NonExpertise.75.s	93	395,75	8907,00	2957,9686	1383,15508
faces.NonExpertise.75.u	97	664,33	7274,33	2822,9485	1267,16026
faces.NonExpertise.90.s	93	395,00	8621,33	3177,6084	1334,49237
faces.NonExpertise.90.u	97	519,75	6355,50	2546,1753	1015,65388
faces.NonExpertise.105.s	94	415,25	10180,00	3173,7704	1564,56534
faces.NonExpertise.105.u	97	556,00	10424,00	3066,5911	1446,99756
faces.NonExpertise.120.s	94	394,00	9486,00	3208,9184	1328,61006
faces.NonExpertise.120.u	97	536,00	10401,00	2974,0361	1584,00814
faces.NonExpertise.135.s	93	409,50	12920,00	3517,1738	2103,65174
faces.NonExpertise.135.u	97	663,50	6589,00	3099,9519	1330,71808
faces.NonExpertise.150.s	94	381,00	8723,25	3207,0062	1415,60223
faces.NonExpertise.150.u	97	819,00	8563,75	3283,3900	1443,51382
faces.NonExpertise.165.s	89	458,50	7899,75	3482,9625	1437,37556
faces.NonExpertise.165.u	96	546,00	10727,00	3677,0313	2024,82535
faces.NonExpertise.180.s	95	476,75	18583,00	3986,1246	2359,97333
faces.NonExpertise.180.u	97	1090,50	15654,00	3710,9124	1923,10038
Gültige Werte (Listenweise)	74				

Tabelle 10-26: Deskriptivstatistik über die vier unabhängigen Variablen

Allgemeines Lineares Modell – vierfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung

				Chars		Faces	
Expertise	Spiegelung	Grad	sex	Mittelwert	Std-Abw.	Mittelwert	Std-Abw.
Expertise	ungespiegelt	0	m	1469.3	671.6	2164.2	846.9
			w	1446.1	744.1	2408.9	1002.2
			ges	1455.5	710.9	2309.7	944.1
		15	m	1367.6	572.3	2341.3	943.2
			w	1360.3	541.5	2558.3	922.7
			ges	1363.3	550.3	2470.4	930.8
		30	m	1311.6	407.9	2380.2	786.1
			w	1451.2	1109.8	2563.5	860.3
			ges	1394.6	892.4	2489.2	830.5
		45	m	1294.5	573.7	2526.8	880.4
			w	1424.6	836.3	2744.5	940.9
			ges	1371.9	739.5	2656.3	917
		60	m	1430.6	824.3	2613	1010
			w	1326.5	513	3120.3	1315.1
			ges	1368.7	653.9	2914.6	1219.4
		75	m	1402.8	649.2	2555	804.3
			w	1543.5	713.9	3001.3	1097.5
			ges	1486.5	687.4	2820.4	1007.6
		90	m	1579	867.5	2803.2	870.8
			w	1552.6	703.2	3129.3	1304.1
			ges	1563.3	768.4	2997.1	1152.8
		105	m	1610.1	753.4	2880.8	1076.6
			w	1683.2	908	3234.1	1119
			ges	1653.5	844	3090.9	1108.4
		120	m	1662.1	793.9	2970.6	1054.6
			w	1552.4	555.1	3211.5	1153
			ges	1596.8	659.4	3113.9	1113.1
		135	m	1746.6	917.3	2945.5	1181.5
			w	1716.7	668.8	3243.4	917.7
			ges	1728.8	773.3	3122.6	1035.5
		150	m	1916.6	1016.9	3011.9	1277.8
			w	1782	728.3	3625.2	1429.3
			ges	1836.6	853.1	3376.6	1394.2
		165	m	1876.8	870.4	3315.5	1156.6
			w	2114	948.8	3736.4	1505.8
			ges	2017.9	919.2	3565.8	1382.1
		180	m	2433.5	967.1	3318	1073.7
			w	2563	1158.1	3956.6	134.1
			ges	2510.5	1079.6	3697.7	1276.6
	gespiegelt	0	m	2163.9	1001.8	2531.4	1078.5
			w	2172.7	1076.3	2478.1	989.9
			ges	2169.1	1039.7	2499.7	1019.8
		15	m	2049.9	890.1	2486.7	945.7
			w	1992	818.6	2676.3	1056.1
			ges	2015.5	842.8	2599.4	1010.5
		30	m	1970.9	1146.1	2484	812.4
			w	1978.8	1107.2	2877.3	1292.1
			ges	1975.6	1115.3	2717.9	1132.9
		45	m	1912.2	757.7	2579.6	790.4
			w	2019.1	994.5	2664.6	941.2
			ges	1975.7	901.9	2630.1	878.5
		60	m	1841.3	793.5	2526.7	876.7
			w	1872.5	890.6	3147.5	1296.9
			ges	1859.9	847.1	2895.8	1179.1

		75	m	1838.1	778.3	2812.2	1036.7
			w	1952.1	797.5	2836.9	1326.3
			ges	1905.9	786.4	2826.9	1209.7
		90	m	1768	920.2	2911.2	1216.7
			w	2119.6	1026.4	3320.4	1502.9
			ges	1977.1	993.5	3154.5	1399.8
		105	m	1936.6	1033.9	2932.8	979.8
			w	1987	860.9	3153.5	1281.5
			ges	1966.5	928.4	3064	1166.5
		120	m	1876.5	730.1	3161.6	1146.4
			w	2209.5	964.9	3203.4	1315.8
			ges	2074.5	887.3	3186.4	1241.9
		135	m	2203.3	1425.1	3307.6	1070.1
			w	2063.5	889.8	3386	1354.9
			ges	2120.2	1130.5	3354.2	1240
		150	m	2093.7	929.3	3373.8	1338
			w	2102	907.8	3831.2	1563.9
			ges	2098.6	910.2	3645.8	1484.3
		165	m	2033.9	1108.2	3532.2	1877.3
			w	2285.1	850.3	3578.5	1193.7
			ges	2183.3	963.9	3559.7	1496.6
Non-Expertise		0	m	2203.7	943.3	3874.3	1566.1
			w	2378	943.8	4249.7	1571.5
			ges	2307.4	941.1	4097.5	1569.5
		15	m	1874.3	762.3	2423.5	890
			w	2172	1099.8	2580.5	985.5
			ges	2051.3	982.3	2516.9	944.8
		30	m	2207.2	868.7	2540.1	1207.5
			w	2095.6	907.1	2729	1160.9
			ges	2140.8	887.4	2652.4	1175.5
		45	m	2338.3	1012.4	2503.1	960.4
			w	2324.9	1067	2782.9	1596.2
			ges	2330.4	1038.2	2669.5	1373.5
		60	m	2341.2	1044.6	2743	1185.5
			w	2618.1	1638.9	2722.3	1240.3
			ges	2505.8	1426.3	2730.7	1210.2
		75	m	2750.6	1103.4	2476.7	656.8
			w	2678.9	1317	2863.4	993.8
			ges	2707.9	1227.4	2706.7	888.6
		90	m	2608.6	1270.7	2616.5	723.9
			w	2952.3	1242.5	3003.3	1260.2
			ges	2813	1256.8	2846.3	1086.3
		105	m	2746.4	1135.8	2672.8	928.8
			w	2782.5	1059.8	2762.7	946.5
			ges	2767.8	1083.7	2726.2	934
		120	m	2775	964.7	3050.9	1315.1
			w	3004.6	1537	3197.2	1531.4
			ges	2911.5	1332	3137.9	1441
		135	m	2746	1171	2846.4	926.1
			w	2883.3	1163.3	3366.6	1899.6
			ges	2827.6	1160.4	3155.7	1591.3
		150	m	2958.3	1393.9	2851	1149.2
			w	2915.6	1287.8	3411.4	1267.8
			ges	2932.9	1322.6	3184.2	1244.2
		165	m	2989.9	1418	3183.1	1358.5
			w	3288.2	1616.3	3456	1366.8
			ges	3167.3	1536	3345.4	1360.8
		180	m	3163	1488.7	3476.5	1480.9
			w	3260.8	1493.6	3946.9	1913.7
			ges	3221.1	1482.1	3756.2	1755.7
	ungespiegelt	0	m	3137.8	1419.5	3613.3	1391.2
			w	3453.4	1625.9	4025.9	1516.7
			ges	3325.4	1543.4	3858.6	1471.6
		15	m	2977.5	1223.2	3191.6	1279.2
			w	3057.2	1093.8	2807.5	1002.5
	gespiegelt	0	ges	3024.9	1140.5	2963.2	1130.5
			m	2810.7	1377.8	2656.2	991.9
			w	2810.7	1377.8	2656.2	991.9
		15	m	2810.7	1377.8	2656.2	991.9
			w	2810.7	1377.8	2656.2	991.9

		w	2964.3	1328.8	2912.7	975.8
		ges	2902	1341.7	2808.7	983.8
		m	2821	1145.1	2518.1	1307.8
		w	3023.8	1374	2963.7	1007.2
	30	ges	2941.6	1281.8	2783	1151.3
		m	2886.2	1173.9	2843.5	1142.6
		w	2905.1	1338.5	2910.4	1088.7
	45	ges	2897.4	1266.1	2883.3	1103.6
		m	2761.3	1212.4	3192.7	1247.2
		w	3021.3	1406.4	3084.4	1116.6
	60	ges	2915.9	1328.7	3128.3	1164.2
		m	2923.7	1249.5	3107.6	1169.2
		w	3279.2	1528.9	2882.4	1109.8
	75	ges	3135.1	1424.1	2973.7	1131.8
		m	3148.7	1608.1	2964.7	1089.4
		w	3087.4	1478	3512.4	1495.4
	90	ges	3112.2	1521.5	3290.3	1364.5
		m	3010.4	1403.1	3081.2	1368.3
		w	3306.5	1932.6	3246.7	1452.4
	105	ges	3186.5	1733	3179.6	1411.7
		m	3115.3	1272.6	3031.9	1004.3
		w	3129.5	1156.2	3275.4	1064.4
	120	ges	3123.7	1196.2	3176.7	1040.4
		m	2970.6	1100.6	3125.5	1142.1
		w	3226	1422.2	3467.8	1374.8
	135	ges	3122.5	1299.5	3329	1288.5
		m	3046.6	1332.4	2999.9	1077.3
		w	2905.4	1124.9	3392.3	1448.8
	150	ges	2962.6	1206.5	3233.2	1317.2
		m	2877.9	1112.6	3653	1448.3
		w	3438.2	1334	3686.3	1246
	165	ges	3211.1	1271.5	3672.8	1322.2
		m	3272.5	1559.3	3493.4	1534.3
		w	3453.9	1479.6	4074.1	1588.4
	180	ges	3380.4	1504.5	3838.7	1582.3

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: Reaktionszeiten_korrekt

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximierte s Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhous e-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Expertise	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000
Klasse	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000
Rotation	,076	175,064	77	,000	,658	,757	,083
Spiegelung	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000
Expertise * Klasse	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000
Expertise * Rotation	,179	116,524	77	,003	,768	,903	,083
Klasse * Rotation	,143	132,007	77	,000	,762	,895	,083
Expertise * Klasse * Rotation	,124	141,449	77	,000	,731	,852	,083
Expertise * Spiegelung	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000
Klasse * Spiegelung	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000
Expertise * Klasse * Spiegelung	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000
Rotation * Spiegelung	,122	142,904	77	,000	,748	,875	,083
Expertise * Rotation * Spiegelung	,176	117,867	77	,002	,804	,952	,083
Klasse * Rotation * Spiegelung	,139	133,847	77	,000	,767	,902	,083
Expertise * Klasse * Rotation * Spiegelung	,159	124,596	77	,001	,760	,892	,083

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: Reaktionszeiten_korrekt

Quelle	df	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Expertise	1,000	149,656	,000	,675
Expertise * sex_cod	1,000	2,040	,158	,028
Fehler(Expertise)	72,000			
Klasse	1,000	153,117	,000	,680
Klasse * sex_cod	1,000	,038	,845	,001
Fehler(Klasse)	72,000			
Rotation	7,895	57,692	,000	,445
Rotation * sex_cod	7,895	,914	,503	,013
Fehler(Rotation)	568,408			
Spiegelung	1,000	43,848	,000	,378
Spiegelung * sex_cod	1,000	,276	,601	,004
Fehler(Spiegelung)	72,000			
Expertise * Klasse	1,000	144,439	,000	,667
Expertise * Klasse * sex_cod	1,000	,755	,388	,010
Fehler(Expertise*Klasse)	72,000			
Expertise * Rotation	9,217	5,974	,000	,077
Expertise * Rotation * sex_cod	9,217	1,458	,158	,020
Fehler(Expertise*Rotation)	663,613			
Klasse * Rotation	9,149	1,102	,358	,015
Klasse * Rotation * sex_cod	9,149	,445	,913	,006
Fehler(Klasse*Rotation)	658,693			
Expertise * Klasse * Rotation	8,767	3,487	,000	,046
Expertise * Klasse * Rotation * sex_cod	8,767	,752	,658	,010
Fehler(Expertise*Klasse*Rotation)	631,231			
Expertise * Spiegelung	1,000	18,862	,000	,208
Expertise * Spiegelung * sex_cod	1,000	3,200	,078	,043
Fehler(Expertise*Spiegelung)	72,000			
Klasse * Spiegelung	1,000	,367	,547	,005
Klasse * Spiegelung * sex_cod	1,000	,003	,958	,000
Fehler(Klasse*Spiegelung)	72,000			
Expertise * Klasse * Spiegelung	1,000	,915	,342	,013
Expertise * Klasse * Spiegelung * sex_cod	1,000	,072	,789	,001
Fehler(Expertise*Klasse*Spiegelung)	72,000			
Rotation * Spiegelung	8,974	4,872	,000	,063
Rotation * Spiegelung * sex_cod	8,974	,783	,632	,011
Fehler(Rotation*Spiegelung)	646,122			
Expertise * Rotation * Spiegelung	9,652	3,003	,001	,040
Expertise * Rotation * Spiegelung * sex_cod	9,652	,982	,456	,013
Fehler(Expertise*Rotation*Spiegelung)	694,954			
Klasse * Rotation * Spiegelung	9,208	1,503	,141	,020
Klasse * Rotation * Spiegelung * sex_cod	9,208	,447	,912	,006
Fehler(Klasse*Rotation*Spiegelung)	662,966			
Expertise * Klasse * Rotation * Spiegelung	9,119	1,492	,146	,020
Expertise * Klasse * Rotation * Spiegelung *	9,119	,916	,511	,013
Fehler(Expertise*Klasse*Rotation*Spiegelur	656,576			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: Reaktionszeiten_korrekt

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	54235459122	1	5,4E+010	1032,450	,000	,935
sex_cod	4741267,082	1	64741267	1,232	,271	,017
Fehler	3782220343	72	52530838			

Tabellen 10-27 – 10-30: Analyse mittels vierfacher MesswiederholungsANOVA

Diagramme der signifikanten Haupteffekte

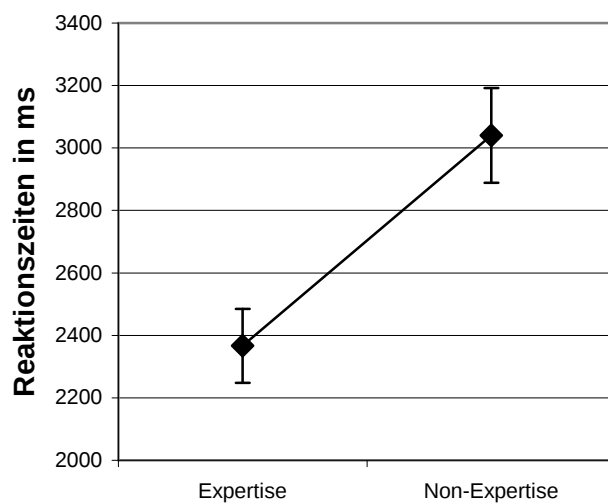


Abbildung 10-9: Haupteffekt: Expertise

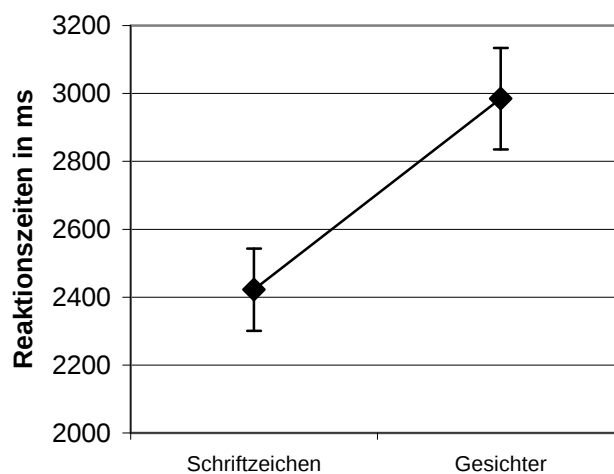


Abbildung 10-10: Haupteffekt: Klasse

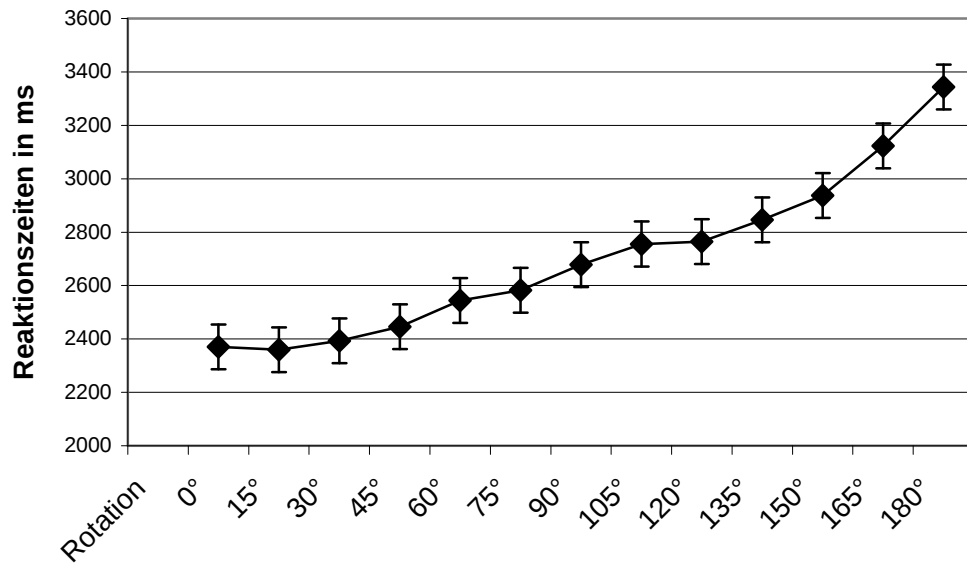


Abbildung 10-11: Haupteffekt: Rotation

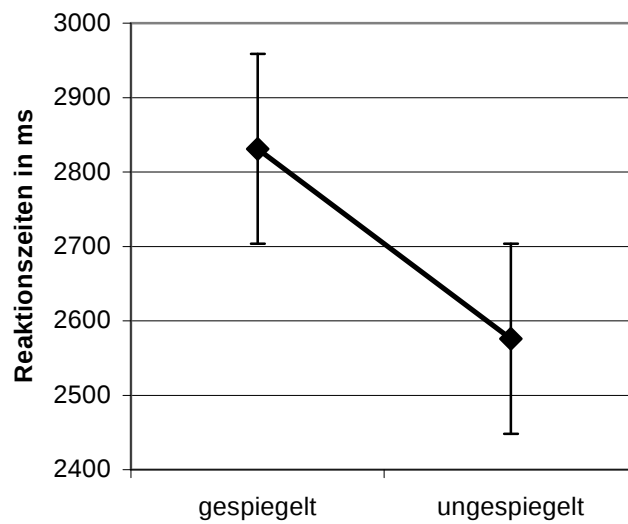


Abbildung 10-12: Haupteffekt: Spiegelung

Diagramme der signifikanten Wechselwirkungen

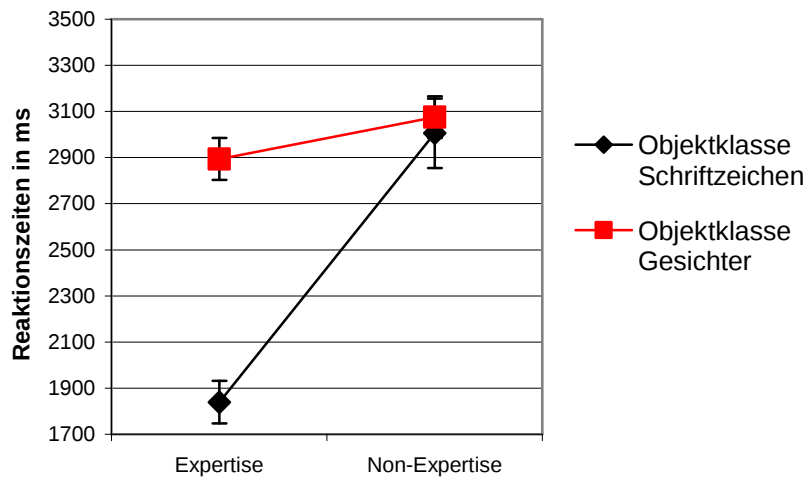


Abbildung 10-13: Wechselwirkung Expertise*Klasse

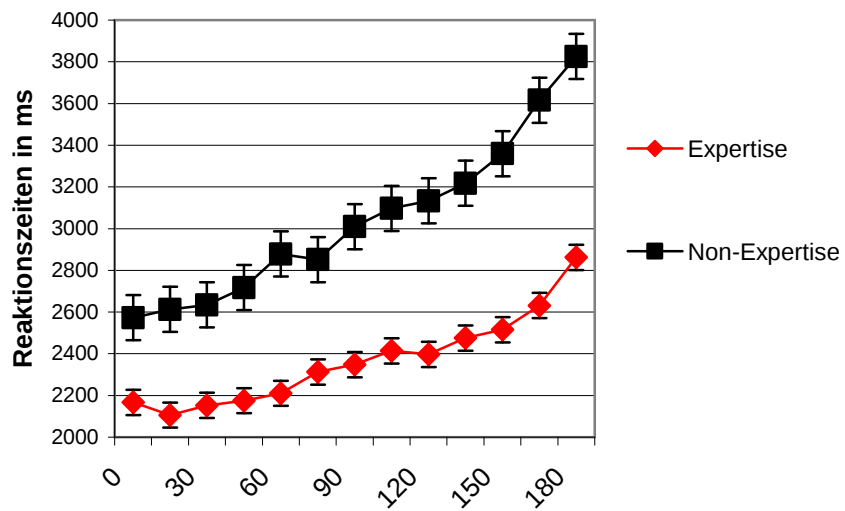


Abbildung 10-14: Wechselwirkung: Expertise*Rotation

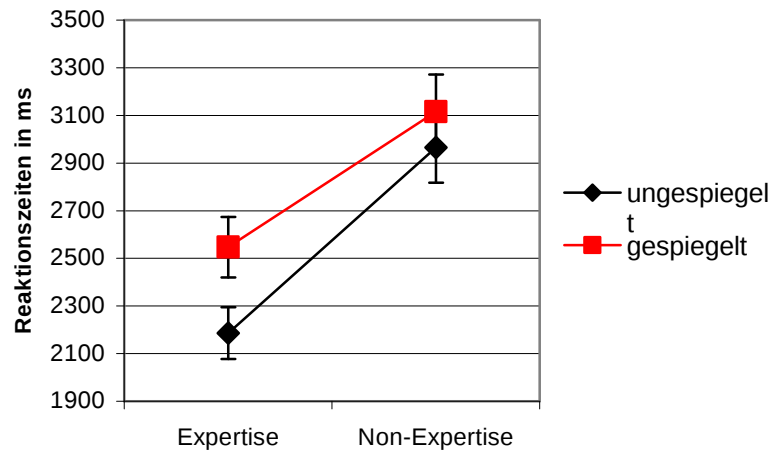


Abbildung 10-15: Wechselwirkung: Expertise*Spiegelung

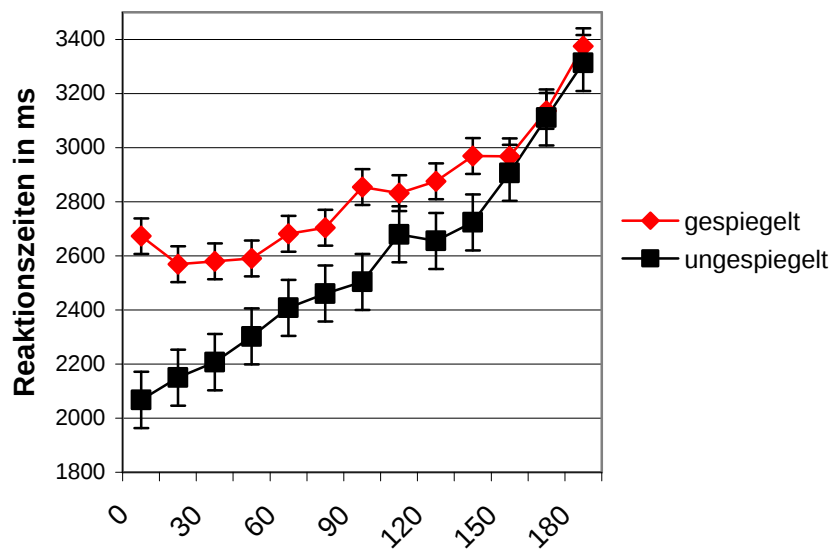


Abbildung 10-16: Wechselwirkung: Rotation*Spiegelung

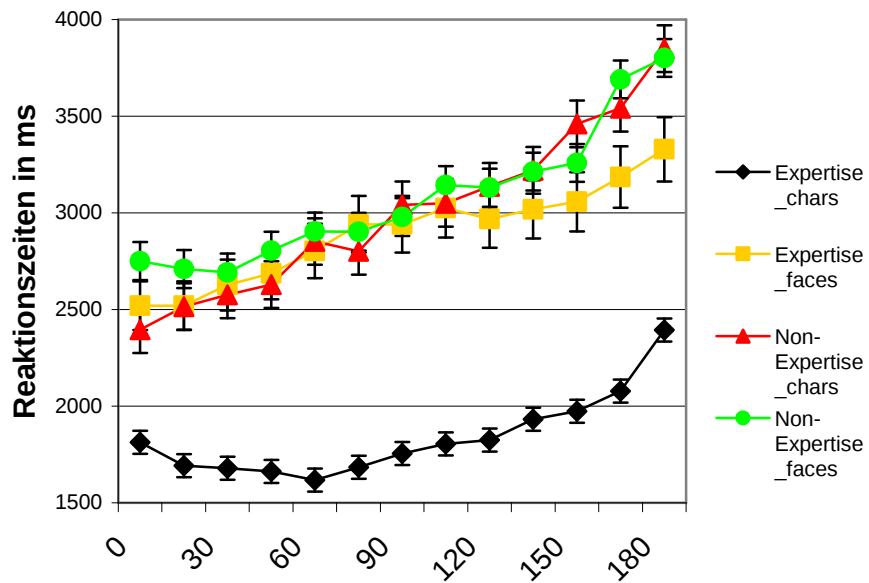


Abbildung 10-17: Wechselwirkung Expertise*Klasse*Rotation

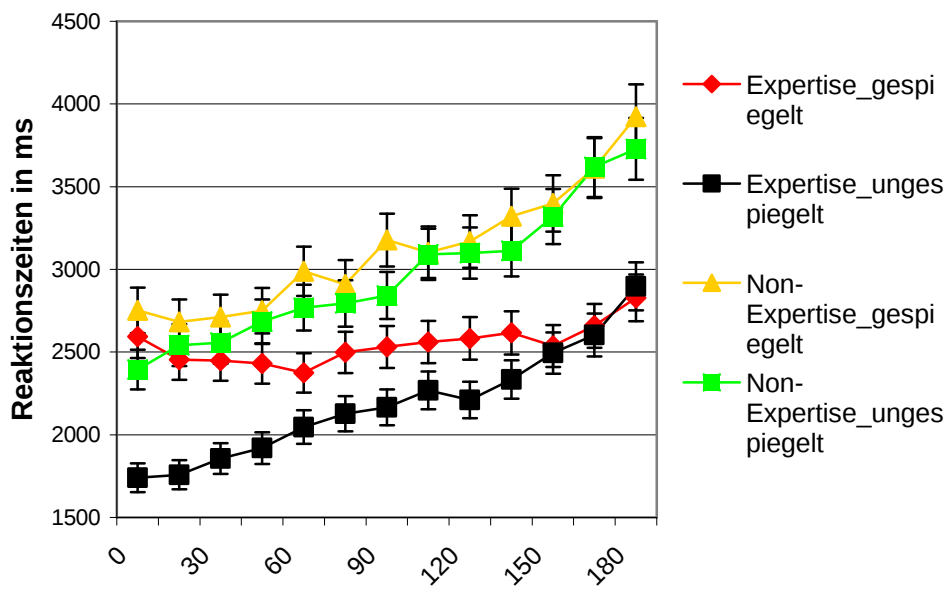


Abbildung 10-18: Wechselwirkung Expertise*Rotation*Spiegelung

Diagramme für die Geschlechter

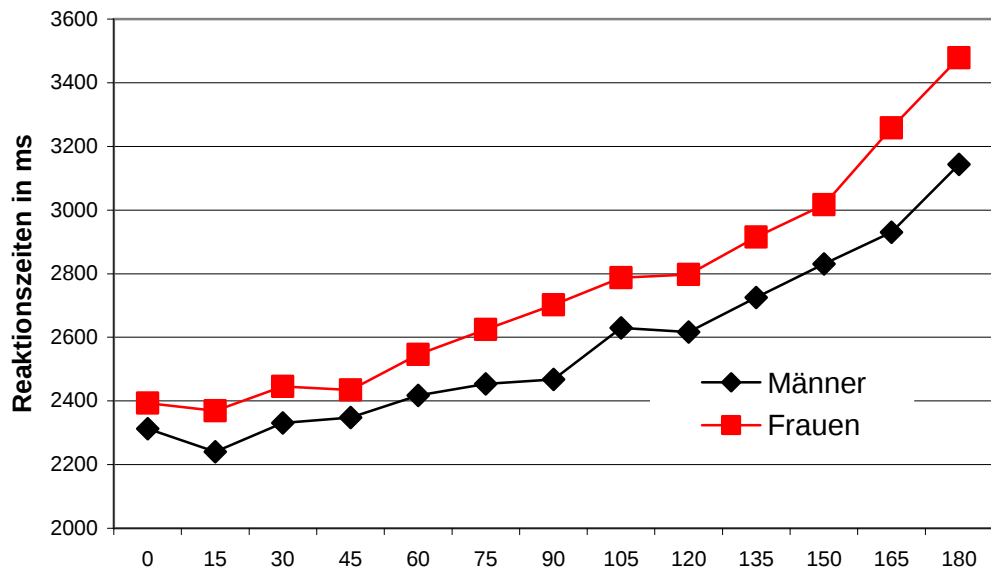


Abbildung 10-19: Reaktionszeitverläufe von Frauen und Männer

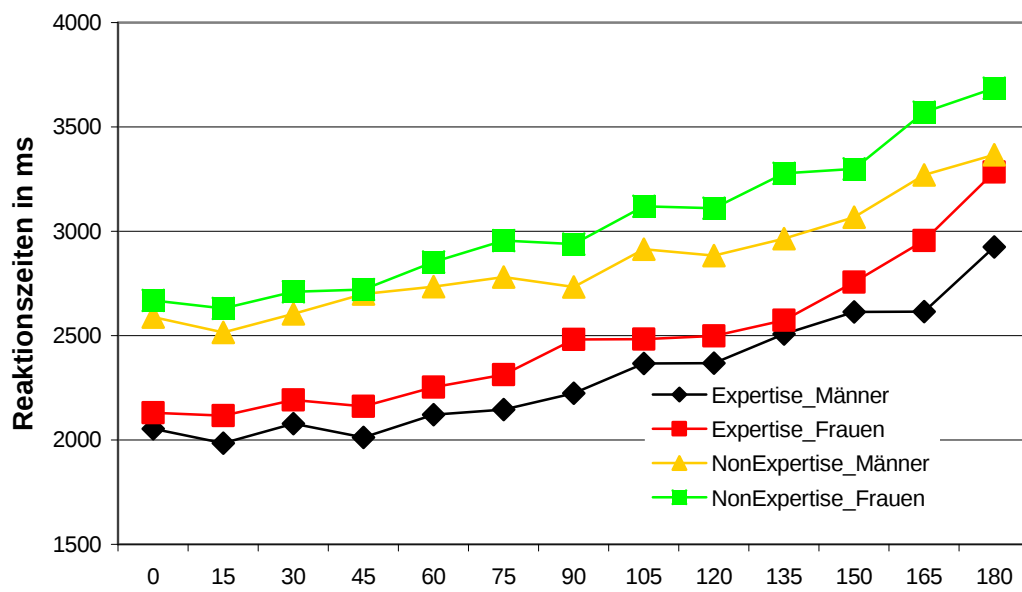


Abbildung 10-20: Reaktionszeitverläufe der Geschlechter hinsichtlich des Faktors Expertise

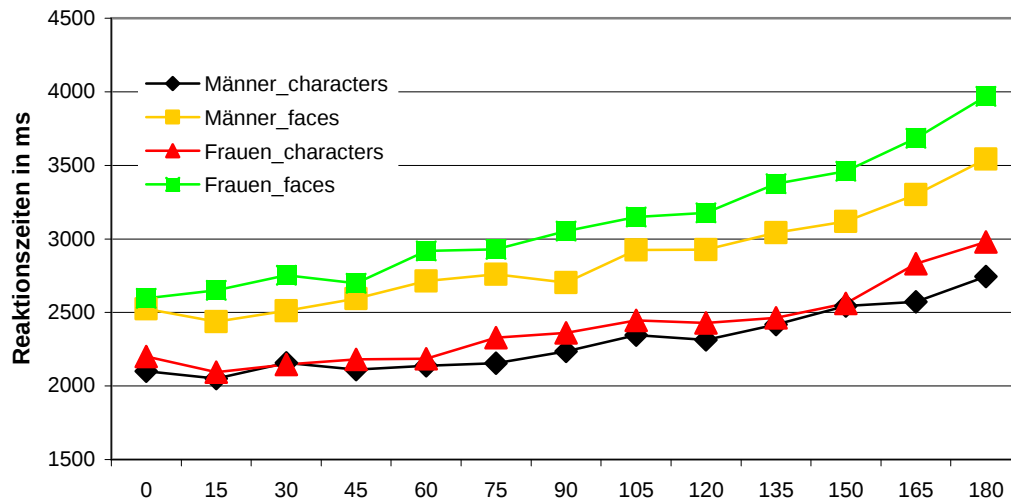


Abbildung 10-21: Reaktionszeitenverläufe der Geschlechter hinsichtlich des Faktors Klasse

10.5.2 Messwiederholungsberechnungen der einzelnen Effekte

SNo	sex_cod	exp	nonexp	charcte	faces	s	u	0 Grad	180 Grad
3	Frauen	2251,82	3177,12	2674,8	2700,84	2890,97	2505,17	2016,6	3812,08
4	Frauen	1722,09	2242,85	1950,36	1999,8	2138,67	1820,57	2055,16	2730,19
5	Frauen	1784,13	2274,51	1699,93	2338,85	2033,33	2013,32	1899,2	2344,41
6	Männer	2262,51	2806,32	2085,59	2953,6	2450,12	2602,23	1924,94	3051,61
7	Frauen	2429,41	2994,86	2405,4	2994,19	2932,29	2496,54	2320,43	3122,3
8	Männer	1911,87	2403,04	1925,82	2381,51	2303,05	2004,99	1910,83	2856,03
9	Frauen	3063,99	3313,59	2816,86	3575,47	3069,39	3290,06	3629,17	3337,19
11	Frauen	2025,63	2192,12	2019,71	2198	2190,07	2028,5	1623,48	2865,36
13	Frauen	2176,35	2922,32	2215,12	2882,96	2864,26	2236,7	2009,23	4117,39
14	Frauen	1864,27	2572,29	1966,76	2469,14	2252,73	2164,91	1558,9	2362,08

Tabelle 10-31: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile aggregiert nach den vier unabhängigen Variablen

Variablenbezeichnung und Kodierungen

SNo	Versuchspersonennummer
Sex_cod	Geschlecht: Frauen, Männer
Exp	mittlere Reaktionszeiten der Stimuli der Expertise
Nonexp	mittlere Reaktionszeiten der Stimuli der Non-Expertise
Characte	mittlere Reaktionszeiten der Chars
Faces	mittlere Reaktionszeiten der Faces

S	mittlere Reaktionszeiten der gespiegelten Stimuli
U	mittlere Reaktionszeiten der ungespiegelten Stimuli
0 Grad	mittlere Reaktionszeiten aller 0 Grad Stimuli
180 Grad	mittlere Reaktionszeiten aller 180 Grad Stimuli

Allgemeines Lineares Modell – einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung_Rotation

Deskriptive Statistik

Rotation	Geschlecht		Mittelwert	Standardabweichung
0	Männer	43	2387.0	808.1
	Frauen	56	2394.2	746.5
	Gesamt	99	2391.1	769.8
15	Männer		2520.9	1980.6
	Frauen		2365.7	711.1
	Gesamt		2433.1	1403.9
30	Männer		2563.0	1675.0
	Frauen		2443.3	799.2
	Gesamt		2495.3	1250.8
45	Männer		2391.8	721.0
	Frauen		2401.3	743.3
	Gesamt		2397.2	730
60	Männer		2568.4	1330.7
	Frauen		2519.1	749.8
	Gesamt		2540.5	1036.8
75	Männer		2723.9	2000.5
	Frauen		2641.1	906.3
	Gesamt		2677.0	1475.7
90	Männer		2568.8	119.3
	Frauen		2716.6	940.0
	Gesamt		2652.4	1056.2
105	Männer		2741.3	1182
	Frauen		2782.1	949.7
	Gesamt		2764.4	1051.4
120	Männer		2680.1	838.4
	Frauen		2764.3	902.0
	Gesamt		2727.7	871.0
135	Männer		2827.7	1270.8
	Frauen		2875.7	950.6
	Gesamt		2854.8	1095.4
150	Männer		2940.7	1259.7
	Frauen		2987.0	104.2
	Gesamt		2966.9	1139.5
165	Männer		3040.2	1393.5
	Frauen		3259.2	1172.6
	Gesamt		3164.1	1271.2
180	Männer		3290.0	1656.0
	Frauen		3430.5	1159.8
	Gesamt		3369.5	1391.1

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_Einzeleffekte

		Approximierte s Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhous e-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Rotation	,001	673,196	77	,000	,328	,347	,083

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_Einzeleffekte

Quelle		Quadratsum me vom Typ	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Rotation	Greenhouse-Geisser	101970027,4	3,930	25946142,3	32,049	,000	,248
Rotation * sex_cod	Greenhouse-Geisser	3451805,16	3,930	878307,37	1,085	,363	,011
Fehler(Rotation)	Greenhouse-Geisser	308624616,1	381,216	809578,71			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_Einzeleffekte

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsum me vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	9385029018	1	9,4E+009	675,256	,000	,874
sex_cod	211432,700	1	211432,70	,015	,902	,000
Fehler	1348151385	97	13898468			

Tabellen 10-32 – 10-35: Analyse mittels einfacher MesswiederholungsANOVA_Rotation

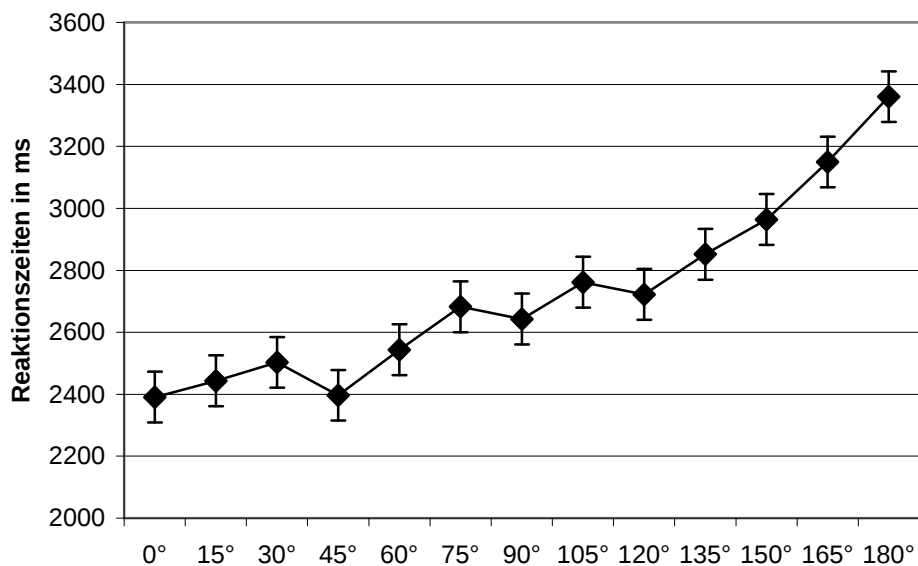


Abbildung 10-22: Haupteffekt der Rotation bei der Berechnung der Einzeleffekte

Allgemeines Lineares Modell – einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung_Expertise

Deskriptive Statistiken

	Geschlecht	Mittelwert	Standardabweichung	N
exp	Männer	2468,9473	1338,06524	43
	Frauen	2464,3038	748,03685	56
	Gesamt	2466,3206	1039,88744	99
nonexp	Männer	2960,2804	1180,86968	43
	Frauen	3003,7627	949,00997	56
	Gesamt	2984,8764	1050,49608	99

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_Einzeleffekte

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Expertise	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_Einzeleffekte

Quelle		Quadratsumme vom Typ II	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Expertise	Greenhouse-Geisser	922109,784	1,000	2922110	130,129	,000	,573
Expertise * sex_c	Greenhouse-Geisser	28167,441	1,000	8167,441	,284	,596	,003
Fehler(Expertise)	Greenhouse-Geisser	632307,256	97,000	9302,137			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_Einzeleffekte

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	1444204309	1	1,4E+009	685,220	,000	,876
sex_cod	18345,198	1	18345,198	,009	,926	,000
Fehler	204442155,6	97	2107651,1			

Tabellen 10-36 – 10- 39: Analyse mittels einfacher MesswiederholungsANOVA_Expertise

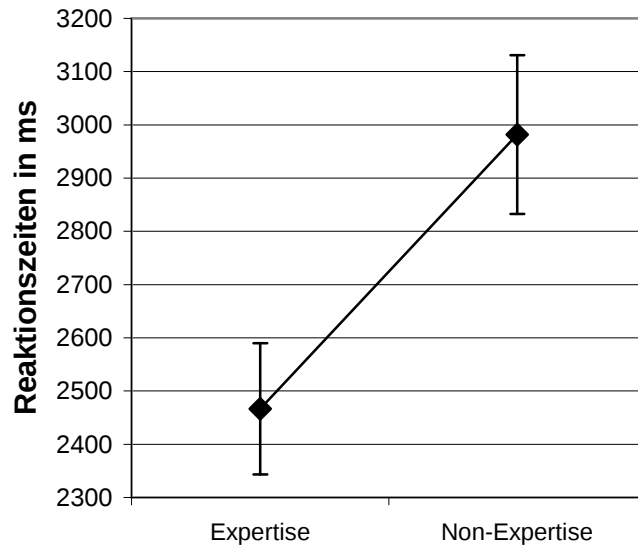


Abbildung 10-23: Haupteffekt des Einzeleffekts Expertise

Allgemeines Lineares Modell – einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung_Klasse

Deskriptive Statistiken

	Geschlecht	Mittelwert	Standardabweichung	N
characte	Männer	2438,9921	1226,90918	43
	Frauen	2384,4490	757,32933	56
	Gesamt	2408,1394	983,74722	99
faces	Männer	2940,2274	1293,21795	43
	Frauen	3063,6465	967,21411	56
	Gesamt	3010,0402	1116,04487	99

Mauchly-Test auf Sphärität

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_Einzeleffekte

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximierte Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Klasse	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_Einzeleffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ II	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Klasse	6946256,499	1,000	6946256	97,472	,000	,501
Klasse * sex_c	85164,826	1,000	85164,83	2,215	,140	,022
Fehler(Klasse)	864191,705	97,000	73857,65			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_Einzeleffekte

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	1425715356	1	1,4E+009	692,865	,000	,877
sex_cod	57693,594	1	57693,594	,028	,867	,000
Fehler	199597794,4	97	2057709,2			

Tabellen 10-40 – 10-43: Analyse mittels einfacher MesswiederholungsANOVA_Klasse

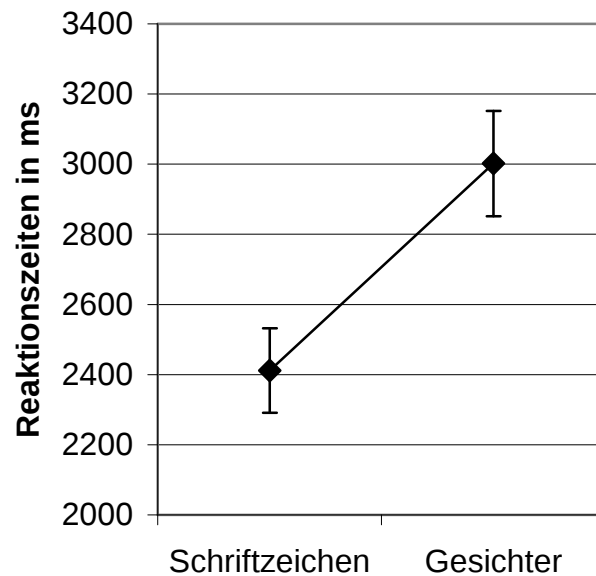


Abbildung 10-24: Haupteffekt des Einzeleffekts Klasse

Allgemeines Lineares Modell – einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung_Spiegelung

Deskriptive Statistiken

	Geschlecht	Mittelwert	Standardabweichung	N
s	Männer	2901,5677	1204,35572	43
	Frauen	2867,1129	831,41151	56
	Gesamt	2882,0781	1004,92262	99
u	Männer	2614,2044	1619,47468	43
	Frauen	2620,1135	819,49605	56
	Gesamt	2617,5469	1225,12279	99

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_Einzeleffekte

Innersubjekteffekte	Mauchly-Wh	Approximierte Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Spiegelung	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_Einzeleffekte

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Spiegelung	Greenhouse-Geisser	72670,565	1,000	72670,6	17,512	,000	,153
Spiegelung * sex	Greenhouse-Geisser	19814,273	1,000	814,273	,100	,753	,001
Fehler(Spiegelung)	Greenhouse-Geisser	35484,926	97,000	8303,97			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_Einzeleffekte

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	1472357921	1	1,5E+009	629,732	,000	,867
sex_cod	9910,014	1	9910,014	,004	,948	,000
Fehler	226792733,4	97	2338069,4			

Tabellen 10-44– 10-47: Analyse mittels einfacher MesswiederholungsANOVA_Spiegelung

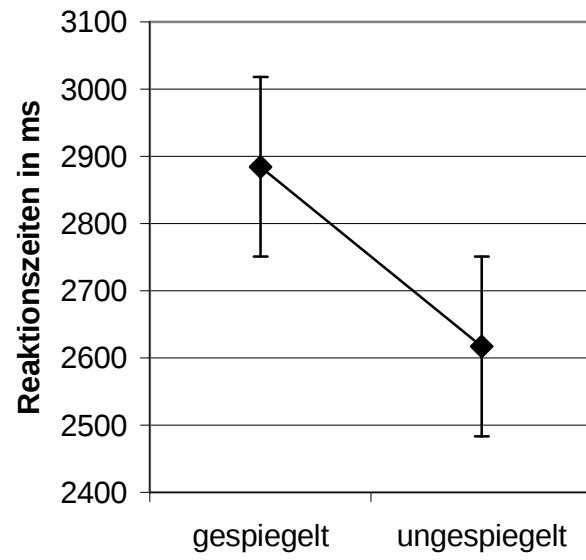


Abbildung 10-25: Einzeleffekt Spiegelung

**Allgemeines Lineares Modell – zweifache ANOVA mit
Messwiederholung_Expertise*Rotation**

Deskriptive Statistiken

	Geschlecht	Mittelwert	Standardabweichung
exp.0	Männer	2055,0972	584,51902
	Frauen	2096,1458	751,64456
exp.15	Männer	1977,8702	539,64783
	Frauen	2177,1935	862,15991
exp.30	Männer	2050,5444	542,02227
	Frauen	2170,1104	762,72980
exp.45	Männer	2004,4168	658,66986
	Frauen	2123,9987	703,50410
exp.60	Männer	2107,8581	821,86644
	Frauen	2244,6954	713,12045
exp.75	Männer	2171,7398	950,51242
	Frauen	2347,2174	881,25926
exp.90	Männer	2176,8701	627,75848
	Frauen	2505,1663	1054,96054
exp.105	Männer	2327,7257	719,17697
	Frauen	2518,8306	856,54959
exp.120	Männer	2389,4057	793,27109
	Frauen	2500,7716	858,36460
exp.135	Männer	2460,0518	802,26909
	Frauen	2547,1965	836,21481
exp.150	Männer	2633,4145	981,88620
	Frauen	2728,6810	937,37489
exp.165	Männer	2555,9090	816,49695
	Frauen	2973,4419	1091,44505
exp.180	Männer	2888,0437	863,19829
	Frauen	3239,4148	1145,74368
nonexp.0	Männer	2623,4072	970,93794
	Frauen	2696,3472	969,25730
nonexp.15	Männer	2511,1614	867,09432
	Frauen	2590,5024	813,50577
nonexp.30	Männer	2641,1624	1054,28739
	Frauen	2694,0964	895,07334
nonexp.45	Männer	2676,6566	814,08342
	Frauen	2697,5942	935,94024
nonexp.60	Männer	2708,4384	823,55300
	Frauen	2791,2051	925,93377
nonexp.75	Männer	2742,5610	787,19712
	Frauen	2955,6792	1068,22296
nonexp.90	Männer	2667,1868	858,69044
	Frauen	2933,9573	997,20253
nonexp.105	Männer	2893,3064	892,19783
	Frauen	3087,9534	1232,02455
nonexp.120	Männer	2872,7555	905,37219
	Frauen	3030,0208	1066,01612
nonexp.135	Männer	2936,1512	1023,67610
	Frauen	3219,9616	1198,48377
nonexp.150	Männer	3005,3637	953,66599
	Frauen	3265,9285	1284,92802
nonexp.165	Männer	3214,6616	1155,01148
	Frauen	3586,3124	1435,18481
nonexp.180	Männer	3276,0625	1121,99390
	Frauen	3601,7870	1342,47890

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_ExpertiseRotation

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximierte s Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhous e-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Expertise	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000
Rotation	,029	326,031	77	,000	,536	,584	,083
Expertise * Rotation	,135	183,553	77	,000	,739	,829	,083

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_ExpertiseRotation

Quelle		Quadratsum me vom Typ II	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Expertise	Greenhouse-Geisse	79592110,3	1,000	1,8E+008	176,458	,000	,648
Expertise * sex_cod	Greenhouse-Geisse	67,538	1,000	67,538	,000	,994	,000
Fehler(Expertise)	Greenhouse-Geisse	705214,148	96,000	017762,6			
Rotation	Greenhouse-Geisse	97192197,4	6,429	0674164	51,905	,000	,351
Rotation * sex_cod	Greenhouse-Geisse	236381,081	6,429	70098,10	1,642	,128	,017
Fehler(Rotation)	Greenhouse-Geisse	64714853,7	617,146	90969,72			
Expertise * Rotation	Greenhouse-Geisse	868890,118	8,869	79850,30	1,212	,284	,012
Expertise * Rotation * sex_cod	Greenhouse-Geisse	803040,981	8,869	46920,94	,469	,894	,005
Fehler(Expertise* Rotation)	Greenhouse-Geisse	66752344,3	851,423	13301,62			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: Reaktionszeiten_korrekt_ExpertiseRotation

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsum me vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	7551580572	1	1,8E+010	1124,534	,000	,921
sex_cod	0882973,099	1	20882973	1,338	,250	,014
Fehler	1498354948	96	15607864			

Tabellen 10-48 – 10-51: Analyse mittels zweifacher MesswiederholungsANOVA Expertise*Rotation

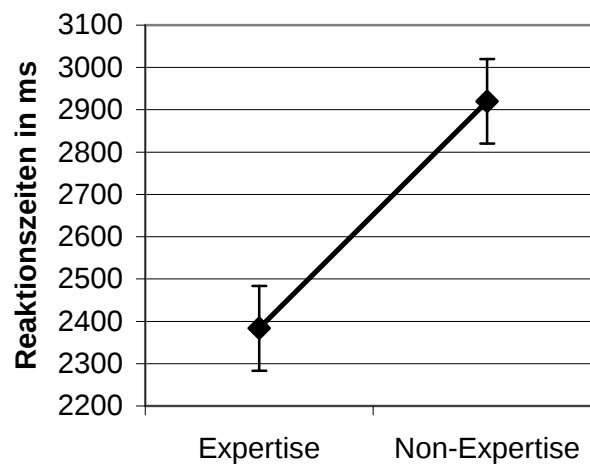


Abbildung 10-26: Haupteffekt Expertise innerhalb der zweifachen ANOVA

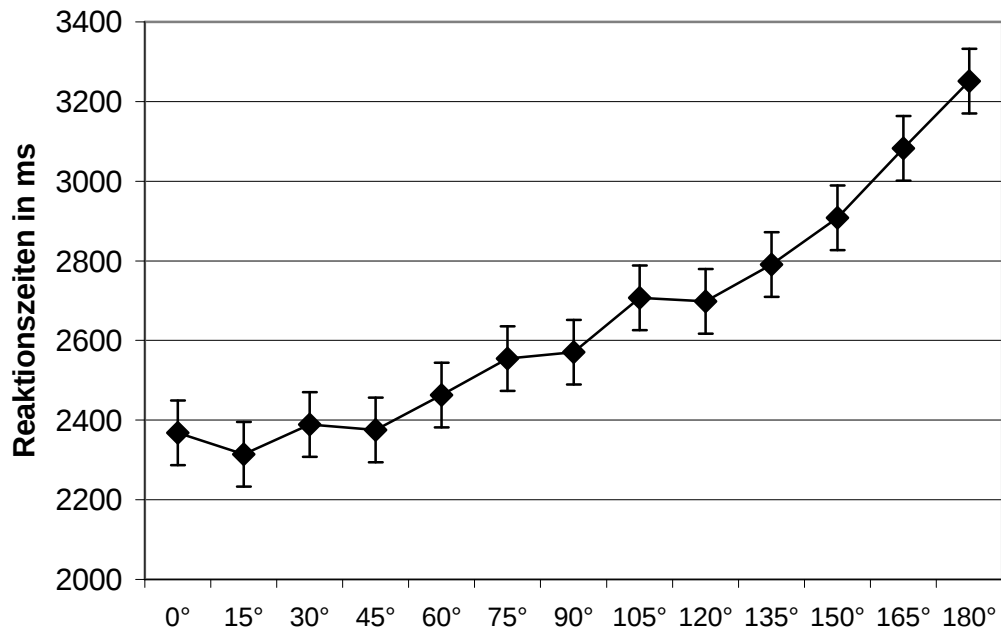


Abbildung 10-27: Einzeleffekt der Rotation innerhalb der zweifaktoriellen ANOVA

10.5.3 Kurvenanpassungen

Modellzusammenfassung und Parameterschätzer

Abhängige Variable: RT_corr_oA_indiv_mean

EXPERTISE Gleichung		Modellzusammenfassung					Parameterschätzer		
		R-Quadrat	F	Freiheitsgrade 1	Freiheitsgrade 2	Sig.	Konstante	b1	b2
Expertise	Linear	,888	87,187	1	11	,000	1859,173	77,820	7,330
	Logarithmisch	,648	20,243	1	11	,001	1817,190	338,211	
	Quadratisch	,975	192,093	2	10	,000	2115,727	-24,802	
	Potenzfunktion	,689	24,376	1	11	,000	1874,103	,139	
	S-förmig	,372	6,503	1	11	,027	7,851	-,304	
	Exponentiell	,918	123,667	1	11	,000	1912,657	,032	
NonExpertise	Linear	,934	155,654	1	11	,000	2431,988	75,613	4,913
	Logarithmisch	,724	28,867	1	11	,000	2373,659	338,727	
	Quadratisch	,977	215,895	2	10	,000	2603,932	6,835	
	Potenzfunktion	,754	33,765	1	11	,000	2417,384	,114	
	S-förmig	,433	8,398	1	11	,014	8,052	-,258	
	Exponentiell	,950	208,897	1	11	,000	2470,643	,025	

Die unabhängige Variable ist rot_cod.

Tabelle 10-52: Analyse der Funktion - Expertise

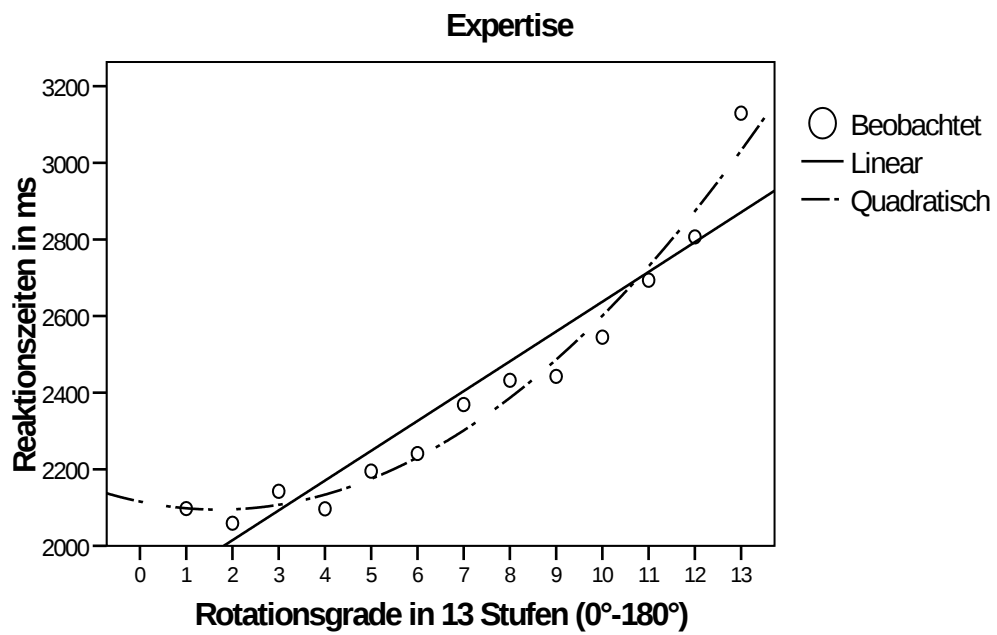


Abbildung 10-28: Quadratische Funktion für die Expertise

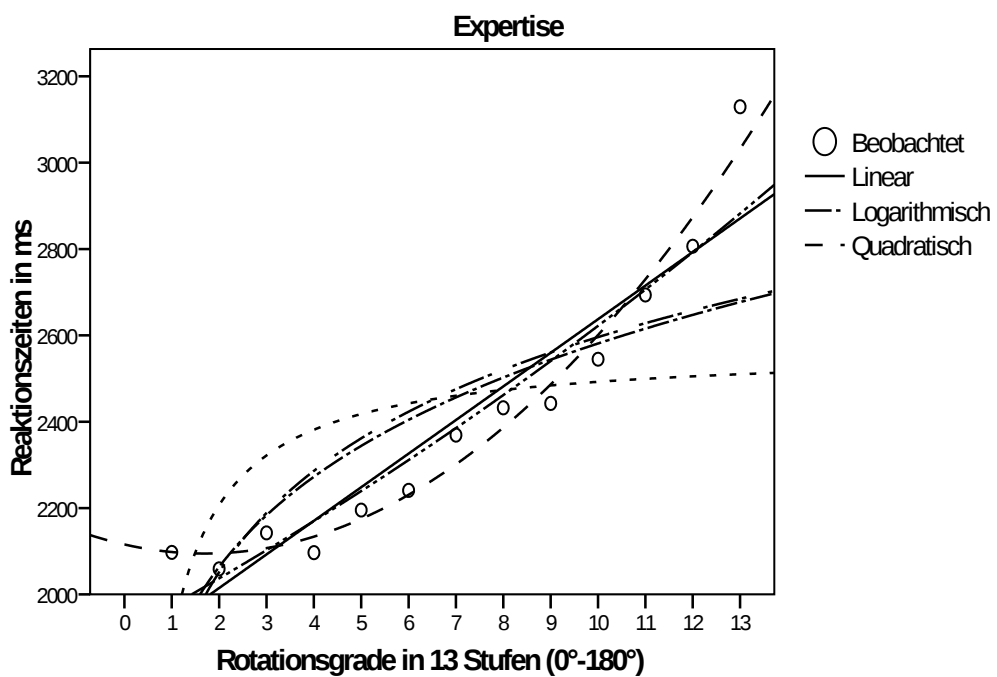


Abbildung 10-29: Kurvenanpassungsberechnung: Darstellung aller berechneten Funktionen für die Expertise

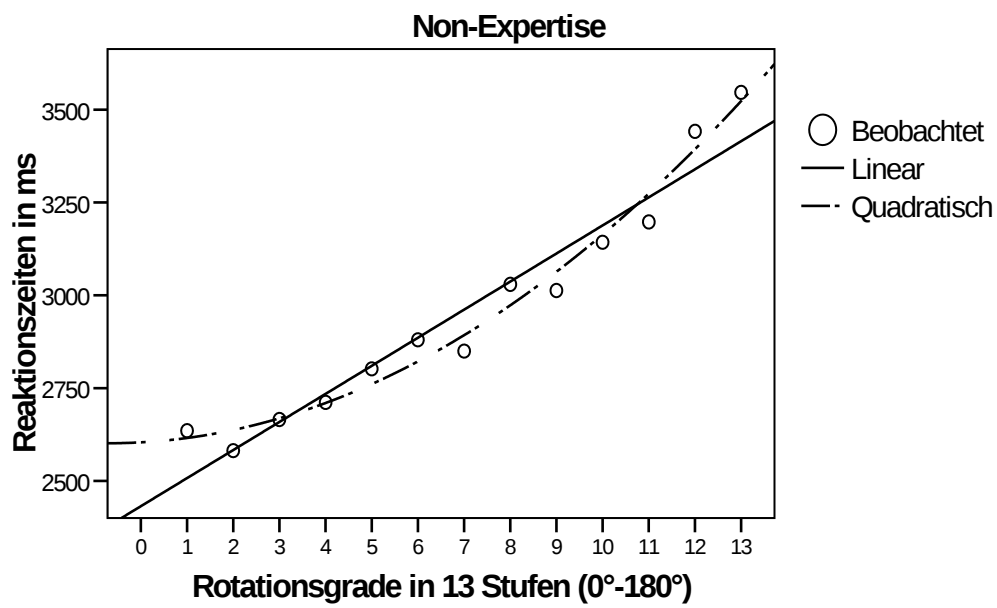


Abbildung 10-30: Quadratische Funktion für die Non-Expertise

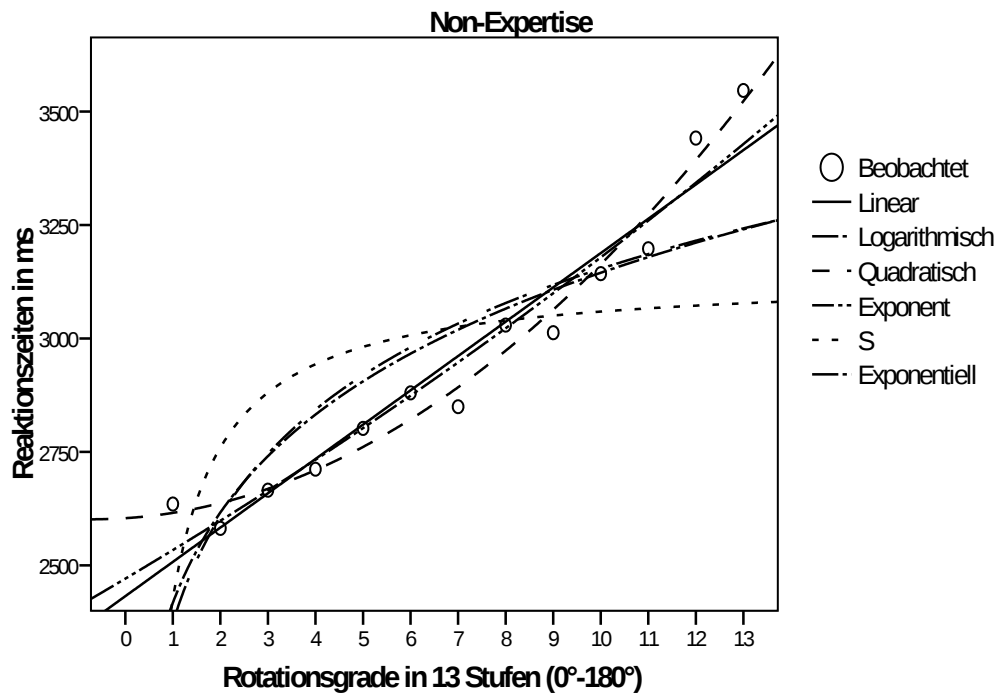


Abbildung 10-31: Kurvenanpassungsberechnung: Darstellung aller berechneten Funktionen für die Non-Expertise

Modellzusammenfassung und Parameterschätzer

Abhängige Variable: RT_corr_oA_indiv_mean

VAR0000: Gleichung		Modellzusammenfassung					Parameterschätzer		
		R-Quadrat	F	Freiheitsg rade 1	Freiheitsg rade 2	Sig.	Konstante	b1	b2
ce	Linear	,683	23,724	1	11	,000	1515,830	50,072	9,615
	Logarithmisch	,383	6,830	1	11	,024	1535,402	190,763	
	Quadratisch	,960	121,049	2	10	,000	1852,358	-84,539	
	Potenzfunktio	,391	7,048	1	11	,022	1565,159	,098	
	S-förmig	,128	1,610	1	11	,231	7,566	-,166	
	Exponentiell	,696	25,193	1	11	,000	1549,656	,026	
cn	Linear	,966	312,551	1	11	,000	2412,429	68,234	1,056
	Logarithmisch	,831	54,001	1	11	,000	2331,556	321,949	
	Quadratisch	,969	153,966	2	10	,000	2449,385	53,452	
	Potenzfunktio	,853	63,665	1	11	,000	2366,522	,113	
	S-förmig	,547	13,276	1	11	,004	8,031	-,269	
	Exponentiell	,968	328,930	1	11	,000	2439,519	,024	
fe	Linear	,956	240,773	1	11	,000	2227,253	105,512	4,060
	Logarithmisch	,796	42,962	1	11	,000	2116,112	489,816	
	Quadratisch	,972	172,839	2	10	,000	2369,350	48,673	
	Potenzfunktio	,843	59,195	1	11	,000	2197,367	,168	
	S-förmig	,547	13,303	1	11	,004	8,084	-,402	
	Exponentiell	,973	396,275	1	11	,000	2294,080	,035	
fn	Linear	,863	69,088	1	11	,000	2453,493	82,703	8,749
	Logarithmisch	,611	17,304	1	11	,002	2417,897	354,234	
	Quadratisch	,969	155,540	2	10	,000	2759,722	-39,788	
	Potenzfunktio	,640	19,562	1	11	,001	2470,039	,115	
	S-förmig	,329	5,398	1	11	,040	8,071	-,245	
	Exponentiell	,885	84,436	1	11	,000	2503,550	,027	

Die unabhängige Variable ist rot_cod.

Tabelle 10-53: Analyse der Funktion – Expertise*Klasse

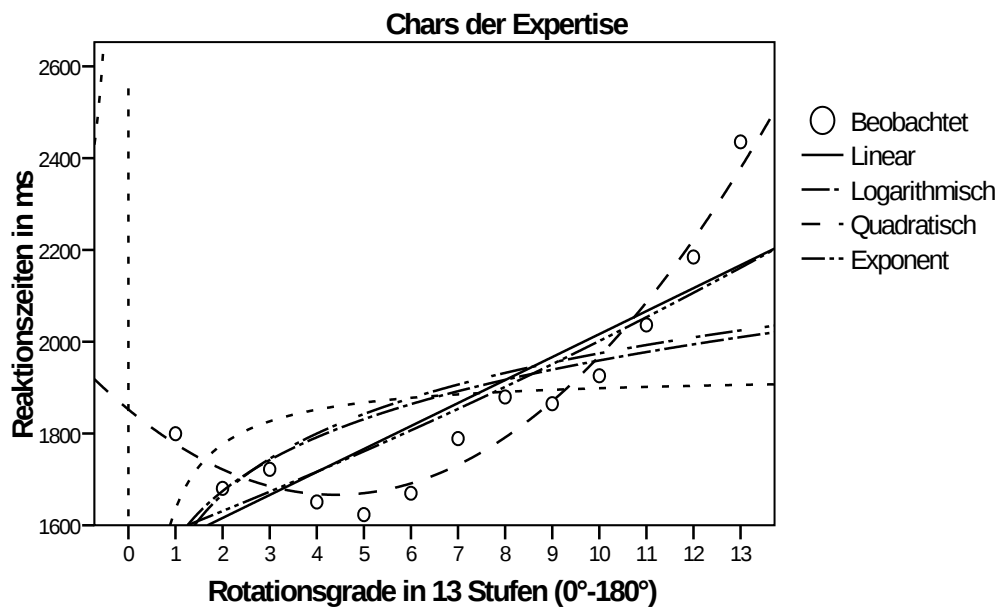


Abbildung 10-32: Quadratische Funktion für die Chars der Expertise

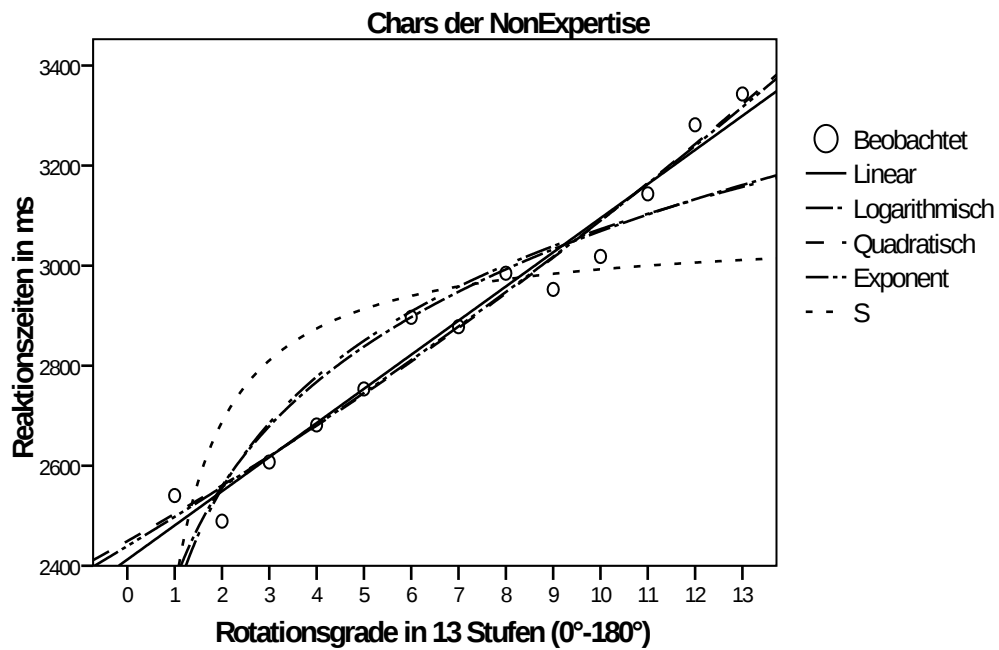


Abbildung 10-33: Quadratische Funktion für die Chars der Non-Expertise

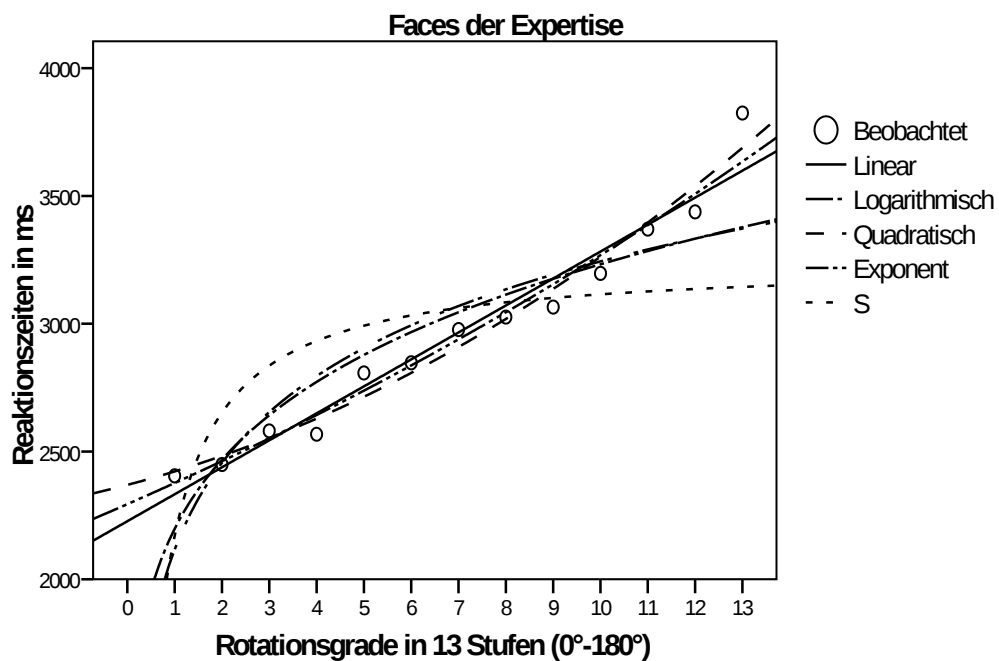


Abbildung 10-34: Exponentielle Funktion für die Faces der Expertise

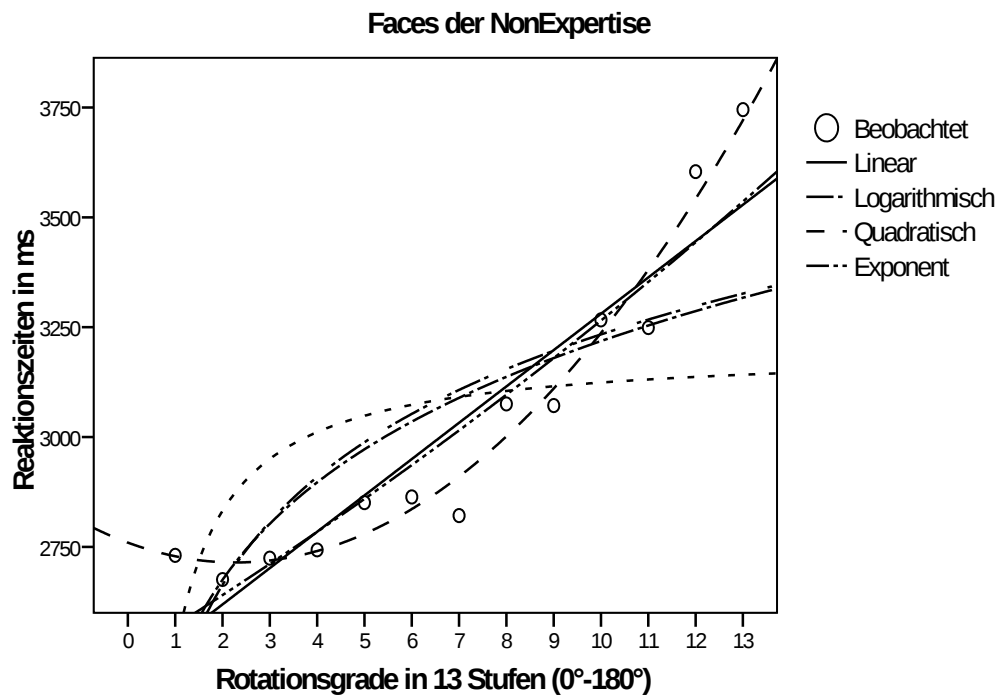


Abbildung 10-35: Quadratische Funktion der Faces der Non-Expertise

10.6 Analyse der inkorrekten Antworten

SNo	sex_cod	characte. Expertise.0.s	characte. Expertise.0.u	characte. Expertise.15.s	charcte. Expertise.15.u
3	Frauen	.	.	.	.
4	Frauen	.	.	.	.
5	Frauen	.	.	.	.
6	Männer	.	.	.	.
7	Frauen	2905	.	3970	.
8	Männer	.	.	.	.
9	Frauen	.	.	.	.
11	Frauen	.	.	.	.
13	Frauen	.	.	.	.
14	Frauen	.	.	.	.

Tabelle 10-54: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile über alle unabhängigen Variablen

Variablenbezeichnung und Kodierungen

SNo	Versuchspersonennummer
sex_cod	Geschlecht: Frauen, Männer
characte.Expertise.0.s	mittlere Reaktionszeit für die chars der Expertise in 0 Grad gespiegelt
characte.Expertise.0.u	mittlere Reaktionszeit für die chars der Expertise in 0 Grad ungespiegelt
characte.Expertise.15.s	mittlere Reaktionszeit für die chars der Expertise in 15 Grad gespiegelt
characte.Expertise.15.u	mittlere Reaktionszeit für die chars der Expertise in 15 Grad ungespiegelt

Deskriptivstatistische Auswertung

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
characte.Expertise.0.s	23	738,00	7977,00	2598,5580	1801,07228
characte.Expertise.0.u	10	813,00	3130,50	1493,2167	686,23811
characte.Expertise.15.s	23	856,00	19794,50	3277,0145	3921,62216
characte.Expertise.15.u	12	465,75	4276,00	1950,7708	1297,21946
characte.Expertise.30.s	16	907,00	11853,67	3470,2917	2911,63067
characte.Expertise.30.u	15	428,00	3296,50	1703,8389	750,63796
characte.Expertise.45.s	20	765,00	9627,00	3154,1708	2572,50892
characte.Expertise.45.u	12	565,00	3025,33	1583,3472	878,65875
characte.Expertise.60.s	19	575,00	9154,00	3296,3026	2657,23831
characte.Expertise.60.u	12	625,50	19177,00	4438,5833	5192,35621
characte.Expertise.75.s	22	765,00	28017,00	3787,3750	5580,28306
characte.Expertise.75.u	9	424,50	4858,67	2166,0741	1441,27156
characte.Expertise.90.s	26	485,00	7749,00	2618,1378	1683,22011
characte.Expertise.90.u	10	527,00	2869,25	1647,6083	893,57472
characte.Expertise.105.s	22	678,00	6112,00	2624,4773	1698,63275
characte.Expertise.105.u	13	440,00	4766,67	2150,7308	1312,19010
characte.Expertise.120.s	22	677,00	7101,00	2660,3864	1813,24628
characte.Expertise.120.u	24	458,50	12015,00	2764,2465	2424,37873
characte.Expertise.135.s	24	704,00	5158,00	2506,5486	1337,62955
characte.Expertise.135.u	22	501,00	2832,00	1524,1742	642,27214
characte.Expertise.150.s	26	741,00	8695,00	2694,0032	2021,06676
characte.Expertise.150.u	34	455,75	9214,00	2623,7868	1985,17936
characte.Expertise.165.s	33	471,00	5774,00	2159,1717	1383,90237
characte.Expertise.165.u	51	451,50	8169,00	2007,5033	1522,11355
characte.Expertise.180.s	32	411,00	5898,00	2334,5156	1479,69206
characte.Expertise.180.u	60	452,67	5856,00	1745,4097	1057,67532

characte.NonExpertise.0.s	33	184,50	8517,00	3636,7904	2195,28768
characte.NonExpertise.0.u	12	343,00	3726,75	1581,8750	969,90364
characte.NonExpertise.15.s	35	848,00	10095,50	3451,6024	1979,08495
characte.NonExpertise.15.u	9	884,00	4244,00	2078,2222	1265,52785
characte.NonExpertise.30.s	23	1003,67	24496,00	3706,1051	4819,06133
characte.NonExpertise.30.u	16	755,00	7258,00	2323,3281	1511,64868
characte.NonExpertise.45.s	24	920,00	6641,50	3849,2292	1885,12364
characte.NonExpertise.45.u	19	413,00	12451,00	2749,5088	2843,68254
characte.NonExpertise.60.s	19	859,50	15546,00	3913,9474	3211,89613
characte.NonExpertise.60.u	26	712,25	9463,00	2852,9327	1869,75021
characte.NonExpertise.75.s	29	874,00	10586,00	3357,6638	2339,27572
characte.NonExpertise.75.u	31	580,00	7811,00	2730,8790	1840,12268
characte.NonExpertise.90.s	26	926,00	8330,00	3351,5321	2008,09384
characte.NonExpertise.90.u	21	679,75	9648,00	2858,5833	2195,51026
characte.NonExpertise.105.s	24	882,00	6237,00	3428,2986	1531,28566
characte.NonExpertise.105.u	32	645,50	7839,00	2969,8255	2024,84394
characte.NonExpertise.120.s	29	495,00	7174,00	2994,7241	1532,38449
characte.NonExpertise.120.u	30	592,00	7809,00	2708,7028	1910,65396
characte.NonExpertise.135.s	28	201,00	10667,00	3535,7560	2572,51902
characte.NonExpertise.135.u	37	617,33	8427,00	2880,6059	1894,93122
characte.NonExpertise.150.s	28	888,75	11568,00	3233,1250	2406,79569
characte.NonExpertise.150.u	46	683,50	25030,00	4181,0507	3856,12802
characte.NonExpertise.165.s	28	874,00	14890,00	3649,4048	2808,04282
characte.NonExpertise.165.u	38	861,00	9217,00	2953,7873	1851,62231
characte.NonExpertise.180.s	29	1222,00	12585,00	3805,2615	2338,72714
characte.NonExpertise.180.u	45	536,50	9719,50	3465,9019	2217,69051
faces.Expertise.0.s	28	597,75	7050,00	2383,8839	1576,16881
faces.Expertise.0.u	5	1002,00	4016,50	2248,6000	1276,09734
faces.Expertise.15.s	27	542,75	14384,00	2835,6358	2967,14819
faces.Expertise.15.u	11	468,75	6714,00	2476,8864	1745,28577

faces.Expertise.30.s	24	502,50	6087,00	2443,1632	1714,95053
faces.Expertise.30.u	12	461,50	20842,00	3824,5417	5531,76910
faces.Expertise.45.s	33	589,50	14265,00	3160,2424	2797,55246
faces.Expertise.45.u	14	420,75	4363,75	2173,1964	1159,54851
faces.Expertise.60.s	34	471,75	14652,00	3257,0368	2859,00892
faces.Expertise.60.u	22	402,25	10602,00	3010,8636	2460,57770
faces.Expertise.75.s	31	496,67	10883,00	3128,1694	2605,38824
faces.Expertise.75.u	18	442,50	6492,00	2707,2361	1703,80842
faces.Expertise.90.s	32	535,50	11981,33	2752,2552	2229,64971
faces.Expertise.90.u	15	423,00	7785,00	3385,8667	1821,28529
faces.Expertise.105.s	28	611,25	8262,50	2777,3690	1891,07756
faces.Expertise.105.u	22	450,00	16349,00	3385,5530	3791,79776
faces.Expertise.120.s	41	506,75	12027,00	3553,8496	2556,38369
faces.Expertise.120.u	18	407,25	14951,00	3888,7454	3285,70578
faces.Expertise.135.s	34	302,00	11519,50	3045,4681	2476,34690
faces.Expertise.135.u	21	481,25	14929,00	3339,8095	3202,94960
faces.Expertise.150.s	43	643,25	24855,00	3927,0388	3864,47687
faces.Expertise.150.u	20	427,75	8459,00	2675,2875	1857,83795
faces.Expertise.165.s	39	784,75	9037,33	3470,7115	2155,48537
faces.Expertise.165.u	27	744,50	7439,75	2993,3241	1740,35756
faces.Expertise.180.s	38	649,75	10504,00	3264,6711	2418,77213
faces.Expertise.180.u	19	412,75	8279,00	3023,2588	2274,26744
faces.NonExpertise.0.s	41	494,00	13149,00	3557,4207	2570,09050
faces.NonExpertise.0.u	7	1124,00	8939,50	3326,6429	2723,40244
faces.NonExpertise.15.s	42	611,25	13443,00	3162,6766	2510,59998
faces.NonExpertise.15.u	14	428,50	7973,00	2666,7619	2222,46765
faces.NonExpertise.30.s	40	571,25	12865,00	3209,9083	2852,34666
faces.NonExpertise.30.u	13	462,75	6262,00	2890,2692	1896,47841
faces.NonExpertise.45.s	39	383,25	10173,00	3109,8205	2319,79021
faces.NonExpertise.45.u	21	393,75	8486,00	3603,3810	2197,36904
faces.NonExpertise.60.s	41	669,33	7103,00	2796,9350	1847,71220
faces.NonExpertise.60.u	16	596,00	7801,00	3075,7188	2349,71751
faces.NonExpertise.75.s	35	560,75	12839,25	3410,8357	2809,60695
faces.NonExpertise.75.u	19	399,00	21359,00	4250,9737	4716,47217
faces.NonExpertise.90.s	40	418,67	8508,00	2831,3146	2148,68437
faces.NonExpertise.90.u	16	482,00	8220,00	3432,8854	2327,64088
faces.NonExpertise.105.s	47	537,50	10238,50	3041,5213	2018,08748
faces.NonExpertise.105.u	21	418,25	9485,00	3140,7421	2574,48142
faces.NonExpertise.120.s	44	526,00	8159,00	2968,6383	1799,96164
faces.NonExpertise.120.u	17	554,00	9554,00	3089,4510	2305,67854
faces.NonExpertise.135.s	41	556,75	11026,50	3054,8272	2389,01674
faces.NonExpertise.135.u	25	632,50	7902,00	3395,4767	2083,15198
faces.NonExpertise.150.s	43	689,00	10146,00	3778,4690	2373,01563
faces.NonExpertise.150.u	24	544,75	26808,00	4632,2917	5296,45248
faces.NonExpertise.165.s	50	299,50	11130,00	3644,7833	2419,84328
faces.NonExpertise.165.u	22	444,00	10463,00	3879,9394	2266,64719
faces.NonExpertise.180.s	47	465,00	11325,00	3731,5851	2448,59641
faces.NonExpertise.180.u	28	249,00	7873,00	3315,7321	2126,18708
Gültige Werte (Listenweise)	2				

Tabelle 10-55: Deskriptivstatistik der Reaktionszeiten der falschen Antworten

Inferenzstatistische Auswertung

Chars

Faces

Expertise	Spiegelung	Grad		Mittelwert	Std-Abw.	Mittelwert	Std-Abw.
Expertise	ungespiegelt	0	m w ges	1200.5 1616.7 1408.6	294.3	4016.5 3125.5 3571	630
		15	m w ges	2765.5 3274.5 3020	359.9	3493.8 3357.8 3425.8	96.2
		30	m w ges	1773.7 2395.8 2084.7	439.9	5219 4327 4773	630.7
		45	m w ges	2991.5 3025.3 3008.4	23.9	4363.8 2674.3 3519	1194.7
		60	m w ges	7468.8 2825.3 5147	3283.5	4969.3 7271 6120.1	1627.6
		75	m w ges	2429.5 4858.7 3644.1	1717.7	5380.8 2565.3 3973	1990.8
		90	m w ges	2869.3 1843.5 2356.4	725.3	4635 4271 4453	257.4
		105	m w ges	4766.7 2533.3 3650	1579.2	3559.7 3062.3 3311	351.7
		120	m w ges	2409.8 1741.3 2075.5	472.6	4193.3 3936 4064.7	182
		135	m w ges	1698.3 1919.5 1808.9	156.5	5960.3 4071.8 5016	1335.4
		150	m w ges	2141 1418.5 1779.8	510.9	4333.5 2250 3291.8	1473.3
		165	m w ges	2855.8 1665 2260.4	842	7439.8 2283 4861.4	3646.4
		180	m w ges	1934.3 2023.3 1978.8	63	5948.5 2496.3 4222.4	2441.1
	gespiegelt	0	m w ges	3453.3 7977 5715.2	3198.7	3389.3 3555 3472.2	117.1
		15	m w ges	1770 3812 2791	1443.9	3739.6 2667.5 3203.4	757.8
		30	m w ges	2647.3 2843 2745.2	138.4	2811 1667.8 2239.4	808.4
		45	m w ges	1646.8 2248.7 1947.7	425.6	3149.5 3325.5 3237.5	124.5
		60	m w ges	4090.3 2702.5 3396.4	981.3	4523 2450 3486.5	1465.8
		75	m w ges	2584.8 3146 2865.4	396.9	5016.5 2028 3522.3	2113.1
		90	m w ges	2174.3 3018 2596.1	596.6	4875.8 2214 3544.9	1882.1
		105	m w	3550.5 4777.3		3106.5 2613.8	

			ges	4163.9	867.5	2860.1	348.4
		120	m	1850.3		5050.3	
			w	2216.3		2660.5	
			ges	2033.3	258.8	3855.4	1689.8
		135	m	2004		2834	
			w	1969		4108	
			ges	1986.5	24.7	3471	900.9
Non-Expertise	ungespiegelt	150	m	4380.7		7599.3	
			w	2460.3		2944.7	
			ges	3420.5	1357.9	5272	3291.4
		165	m	3830.3		7103.5	
			w	1501.7		3264.5	
			ges	2666	1646.6	5184	2714.6
		180	m	2732.3		5534	
			w	3366.5		2789.5	
			ges	3049.4	448.5	4161.8	1940.7
		0	m	3726.8		4750.8	
			w	2716.3		2508.3	
			ges	3221.5	714.5	3629.5	1585.7
		15	m	2679.5		6005.5	
			w	3535.7		3732.7	
			ges	3107.6	605.4	4869.1	1607.1
		30	m	2568.8		5677.3	
			w	2070.3		3702	
			ges	2319.5	352.4	4689.6	1396.7
		45	m	5195.8		3466	
			w	2087.3		4368.3	
			ges	3641.5	2198	3917.1	638
		60	m	3592		7580	
			w	3941.5		3136.5	
			ges	3766.8	247.1	5358.3	3142
		75	m	2750.7		4842	
			w	3632.8		2903.5	
			ges	3191.7	623.7	3872.8	1370.7
		90	m	3332.3		3432.7	
			w	4484.3		5715	
			ges	3908.3	814.6	4573.8	1613.9
		105	m	1827.3		5503	
			w	5661		4646.3	
			ges	3744.2	2710.8	5074.7	605.8
		120	m	4003.7		6275	
			w	3319		3167	
			ges	3661.3	484.1	4721	2197.7
		135	m	2676		5317.3	
			w	2570.3		3706.3	
			ges	2623.2	74.7	4511.8	1139.1
		150	m	2855		5239	
			w	2368.3		3369.8	
			ges	2611.6	344.2	4304.4	1321.8
		165	m	2311.7		5692	
			w	4421.3		4206	
			ges	3366.5	1491.7	4949	1050.8
		180	m	2968.7		7308.3	
			w	3204		4750	
			ges	3086.3	166.4	6029.2	1809
	gespiegelt	0	m	2127.8		7359	
			w	4806		4600.5	
			ges	3466.9	1893.8	5979.8	1950.6
		15	m	4108.3		5377	
			w	4592.3		3171.3	
			ges	4350.3	342.3	4274.2	1559.6
		30	m	1735.3		6451	
			w	1417		2179	
			ges	1576.1	225	4315	3020.8
		45	m	4683.5		3909	
			w	4832		5273.5	
			ges	4757.8	105	4591.3	964.9

		60	m w ges	3912.5 4605 4258.8		4079.7 3930.3 4005	
		75	m w ges	2812.5 4781.8 3797.1	1392.5	5314.7 3799.7 4557.2	1071.3
		90	m w ges	4114.3 4797.7 4456	483.3	6187.5 2140.5 4164	2861.7
		105	m w ges	4307.7 3525 3916.3	553.4	5985.7 3525.7 4755.7	1739.5
		120	m w ges	3197 3463.3 3330.1	188.3	6277.8 3617.7 4947.7	1881
		135	m w ges	1960.3 4535 3247.7	1820.6	5094.3 7397.7 6246	162.7
		150	m w ges	4954 7450 6202	1764.9	5013.5 2348.3 3680.9	1884.6
		165	m w ges	2797.7 3734 3265.8	662.1	5918 2897 4407.5	2136.2
		180	m w ges	4572 4254.3 4413.2	224.6	6281.3 2696 4488.7	2535.2

Tabelle 10-56: Mittelwerte und Standardabweichungen über alle vier unabhängigen Variablen innerhalb der ANOVA

Zu geringe Zellenbesetzungen – daher keine Signifikanztests möglich!

10.7 Analyse der Fehlerrate

10.7.1 Messwiederholungsberechnungen über drei unabhängige Variablen

SNo	sex_cod	c_e_000	c_e_015	c_e_030	c_e_045	c_e_060	c_e_075	c_e_090	c_e_105
3	weiblich	0	0	0	0	0	0	0	0
4	weiblich	0	0	0	0	0	0	0	0
5	weiblich	0	0	0	0	0	0	0	0
6	männlich	0	0	0	0	0	0	1	0
7	weiblich	1	1	3	2	1	1	0	1
8	männlich	0	0	0	0	0	0	0	0
9	weiblich	0	0	0	1	0	1	1	1
11	weiblich	0	0	0	0	0	0	0	0
13	weiblich	0	0	0	1	1	0	0	0
14	weiblich	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 10-57: Ausschnitt aus dem SPSS-Rohdatenfile für die Anzahl der falschen Antworten

Variablenbezeichnungen und Kodierungen

SNo	Versuchspersonennummer
sex_cod	Geschlecht: weiblich = 2, männlich = 1
c_e_000	Anzahl der falschen Antworten für die chars der Expertise bei 0 Grad: 0 = alle richtig, 1 = eine falsche Antwort, 2 = zwei falsche Antworten, 3 = 3 falsche Antworten, 4 = vier falschen Antworten, 5 = fünf falsche Antworten, 6 = sechs falsche Antworten, 7 = sieben falsche Antworten, 8 = alle Antworten sind falsch
c_e_015	Anzahl der falschen Antworten für die chars der Expertise bei 15 Grad
c_e_030	Anzahl der falschen Antworten für die chars der Expertise bei 30 Grad
c_e_045	Anzahl der falschen Antworten für die chars der Expertise bei 45 Grad
c_e_060	Anzahl der falschen Antworten für die chars der Expertise bei 60 Grad
c_e_075	Anzahl der falschen Antworten für die chars der Expertise bei 75 Grad
c_e_090	Anzahl der falschen Antworten für die chars der Expertise bei 90 Grad
c_e_105	Anzahl der falschen Antworten für die chars der Expertise bei 105 Grad

Deskriptivstatistische Auswertung

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Summe	Mittelwert	Standardabw eichung
c_e_000	99	0	7	51	,52	1,101
c_e_015	99	0	8	58	,59	1,270
c_e_030	99	0	7	52	,53	1,215
c_e_045	99	0	8	57	,58	1,310
c_e_060	99	0	8	60	,61	1,490
c_e_075	99	0	8	60	,61	1,391
c_e_090	99	0	8	65	,66	1,371
c_e_105	99	0	7	58	,59	1,278

c_e_120	99	0	8	76	,77	1,442
c_e_135	99	0	8	78	,79	1,466
c_e_150	99	0	8	96	,97	1,488
c_e_165	99	0	7	130	1,31	1,468
c_e_180	99	0	8	143	1,44	1,520
c_n_000	98	0	8	71	,72	1,208
c_n_015	98	0	8	75	,77	1,420
c_n_030	98	0	8	76	,78	1,447
c_n_045	98	0	8	72	,73	1,366
c_n_060	98	0	8	84	,86	1,492
c_n_075	98	0	8	97	,99	1,496
c_n_090	98	0	8	87	,89	1,491
c_n_105	98	0	6	92	,94	1,307
c_n_120	98	0	8	106	1,08	1,622
c_n_135	98	0	7	107	1,09	1,393
c_n_150	98	0	7	121	1,23	1,442
c_n_165	98	0	7	116	1,18	1,460
c_n_180	98	0	7	133	1,36	1,651
f_e_000	99	0	7	72	,73	1,413
f_e_015	99	0	8	82	,83	1,565
f_e_030	99	0	8	77	,78	1,562
f_e_045	99	0	8	88	,89	1,577
f_e_060	99	0	6	101	1,02	1,400
f_e_075	99	0	8	87	,88	1,438
f_e_090	99	0	7	90	,91	1,443
f_e_105	99	0	8	97	,98	1,578
f_e_120	99	0	7	118	1,19	1,602
f_e_135	99	0	7	102	1,03	1,474
f_e_150	99	0	7	110	1,11	1,456
f_e_165	99	0	6	123	1,24	1,546
f_e_180	99	0	8	118	1,19	1,589
f_n_000	99	0	7	95	,96	1,449
f_n_015	99	0	7	102	1,03	1,439
f_n_030	99	0	8	102	1,03	1,508
f_n_045	99	0	8	107	1,08	1,475
f_n_060	99	0	8	105	1,06	1,463
f_n_075	99	0	7	105	1,06	1,470
f_n_090	99	0	7	111	1,12	1,500
f_n_105	99	0	7	127	1,28	1,512
f_n_120	99	0	8	115	1,16	1,550
f_n_135	99	0	7	123	1,24	1,519
f_n_150	99	0	7	127	1,28	1,604
f_n_165	99	0	8	145	1,46	1,698
f_n_180	99	0	7	139	1,40	1,564
Gültige Werte (Listenweise)	98					

Tabelle 10-58: Deskriptivstatistik der Summe der falschen Antworten

Inferenzstatistische Auswertung

	Chars				Faces		
	Rotation	Summe	MW	SD	Summe	MW	SD
Expertise	0	51	.52	1.1	72	.73	1.41
	15	58	.59	1.27	82	.83	1.57
	30	52	.53	1.22	77	.78	1.56
	45	57	.58	1.31	88	.89	1.58
	60	60	.61	1.49	101	1.02	1.4
	75	60	.61	1.39	87	.88	1.44
	90	65	.66	1.37	90	.91	1.44
	105	58	.59	1.28	97	.98	1.58
	120	76	.77	1.44	118	1.19	1.6
	135	78	.79	1.47	102	1.03	1.48
	150	96	.97	1.49	110	1.11	1.46
	165	130	1.31	1.47	123	1.24	1.55
	180	143	1.44	1.52	118	1.19	1.59
Non-Expertise	0	71	.72	1.20	95	.96	1.45
	15	75	.77	1.42	102	1.03	1.44
	30	76	.78	1.44	102	1.03	1.51
	45	72	.73	1.37	107	1.08	1.48
	60	84	.86	1.49	105	1.06	1.46
	75	97	.99	1.5	105	1.06	1.47
	90	87	.89	1.49	111	1.12	1.5
	105	92	.94	1.31	127	1.28	1.51
	120	106	1.08	1.62	115	1.16	1.55
	135	107	1.09	1.39	123	1.24	1.52
	150	121	1.23	1.44	127	1.28	1.6
	165	116	1.18	1.46	145	1.46	1.7
	180	133	1.36	1.65	139	1.40	1.56

Mauchly-Test auf Sphärizität

Maß: Fehlerrate

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Expertise	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000
Rotation	,087	223,906	77	,000	,650	,720	,083
Klasse	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000
Expertise * Rotation	,121	194,050	77	,000	,707	,789	,083
Expertise * Klasse	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000
Rotation * Klasse	,256	124,978	77	,000	,806	,913	,083
Expertise * Rotation * Klasse	,185	154,836	77	,000	,790	,892	,083

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: Fehlerrate

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Expertise	Green_Geiss	61,418	1,000	61,418	12,663	,001	,117
Expertise * sex_cod	Green_Geiss	5,539	1,000	5,539	1,142	,288	,012
Fehler(Expertise)	Green_Geiss	465,624	96,000	4,850			
Rotation	Green_Geiss	196,673	7,799	25,217	24,658	,000	,204
Rotation * sex_cod	Green_Geiss	9,716	7,799	1,246	1,218	,286	,013
Fehler(Rotation)	Green_Geiss	765,695	748,738	1,023			
Klasse	Green_Geiss	,032	1,000	,032	,071	,791	,001
Klasse * sex_cod	Green_Geiss	,578	1,000	,578	1,295	,258	,013
Fehler(Klasse)	Green_Geiss	42,859	96,000	,446			
Expertise * Rotation	Green_Geiss	14,945	8,479	1,763	1,942	,047	,020
Expertise * Rotation * sex_cod	Green_Geiss	7,416	8,479	,875	,964	,466	,010
Fehler(Expertise*Rotation)	Green_Geiss	738,653	813,954	,907			
Expertise * Klasse	Green_Geiss	,115	1,000	,115	,219	,641	,002
Expertise * Klasse * sex_cod	Green_Geiss	1,472	1,000	1,472	2,799	,098	,028
Fehler(Expertise*Klasse)	Green_Geiss	50,471	96,000	,526			
Rotation * Klasse	Green_Geiss	31,015	9,675	3,206	4,967	,000	,049
Rotation * Klasse * sex_cod	Green_Geiss	9,264	9,675	,958	1,484	,143	,015
Fehler(Rotation*Klasse)	Green_Geiss	599,459	928,787	,645			
Expertise * Rotation * Klasse	Green_Geiss	11,604	9,475	1,225	1,869	,049	,019
Expertise * Rotation * Klasse * sex_cod	Green_Geiss	4,473	9,475	,472	,721	,698	,007
Fehler(Expertise*Rotation*Klasse)	Green_Geiss	595,919	909,554	,655			

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: Fehlerrate

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	4778,337	1	4778,337	60,401	,000	,386
sex_cod	,213	1	,213	,003	,959	,000
Fehler	7594,558	96	79,110			

Tabellen 10-59 – 10-62: Analyse mittels dreifaktorieller Messwiederholungsberechnung

Diagramme signifikanter Haupteffekte

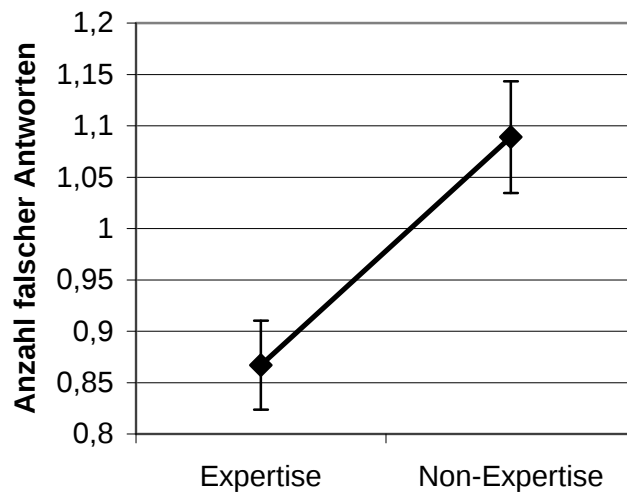


Abbildung 10-36: Haupteffekt Expertise

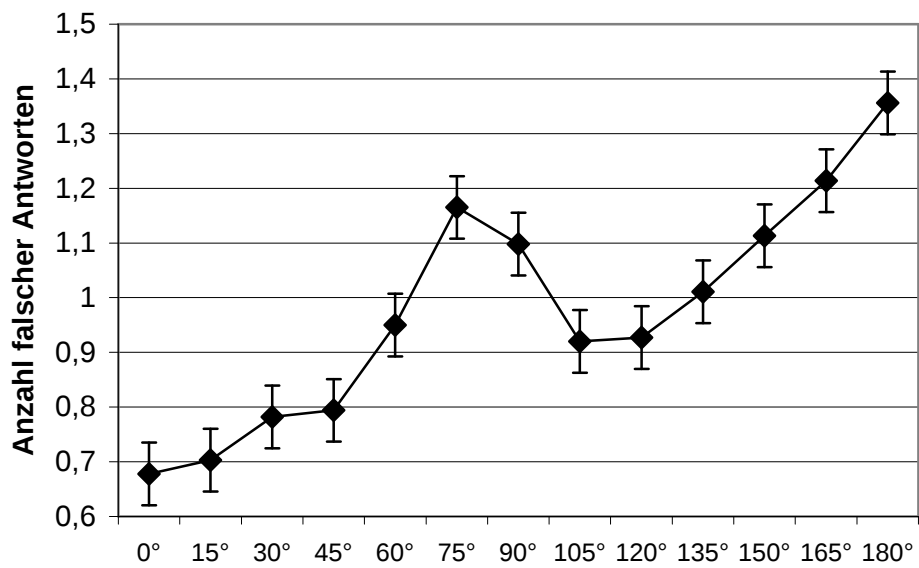


Abbildung 10-37: Haupteffekt der Rotation

Diagramme signifikanter Wechselwirkungen

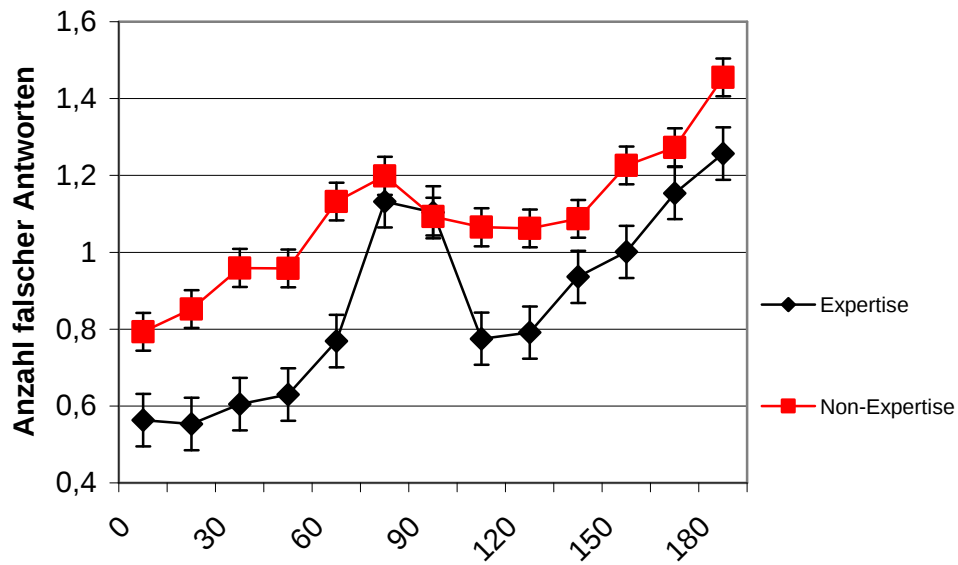


Abbildung 10-38: Wechselwirkung Expertise*Rotation

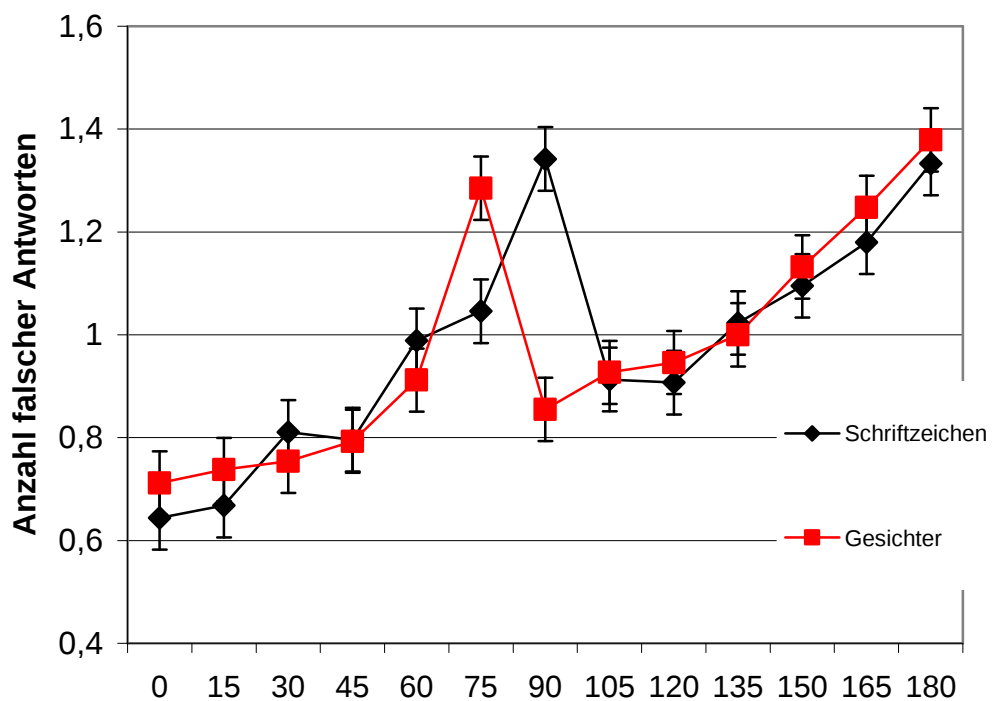


Abbildung 10-39: Interaktion Klasse*Rotation

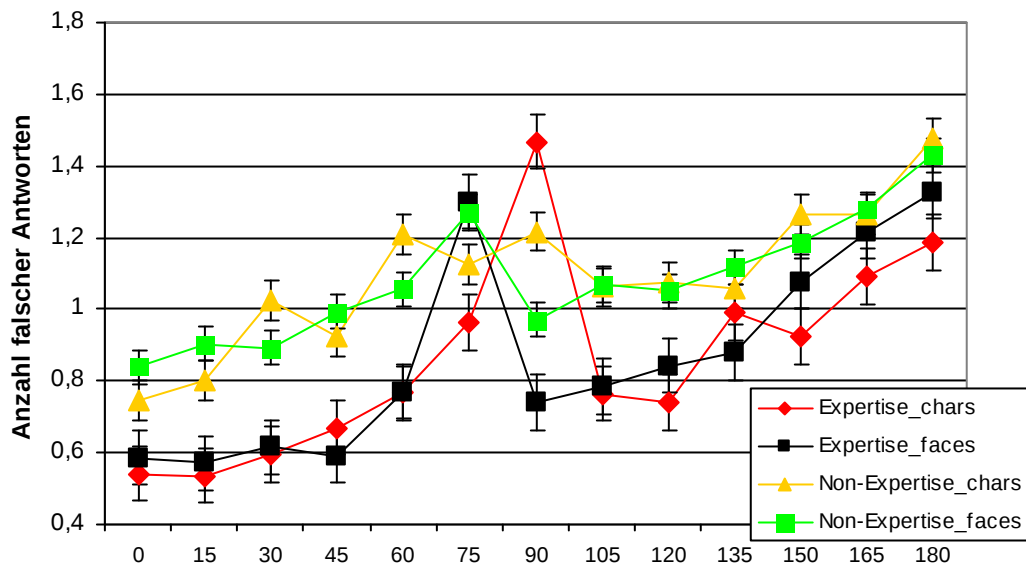


Abbildung 10-40: dreifache Wechselwirkung Expertise*Klasse*Rotation

Diagramme für die Geschlechter

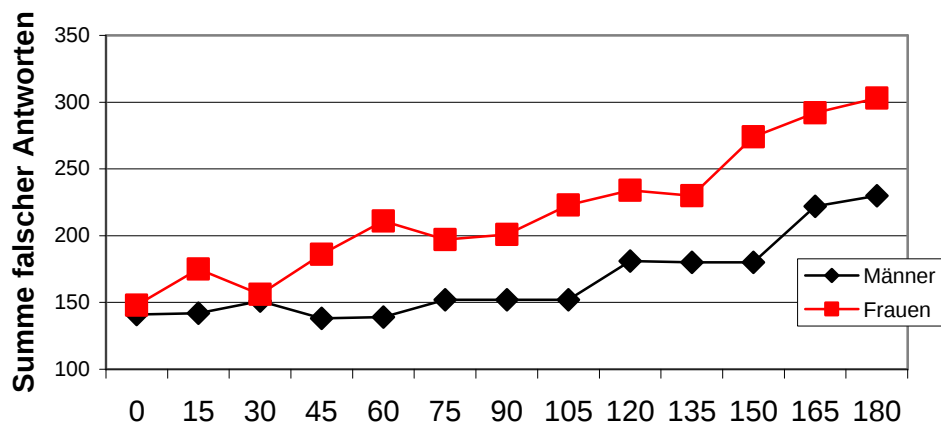


Abbildung 10-41: Vergleich von Männern und Frauen hinsichtlich der Reaktionszeitverläufe über alle unabhängigen Variablen

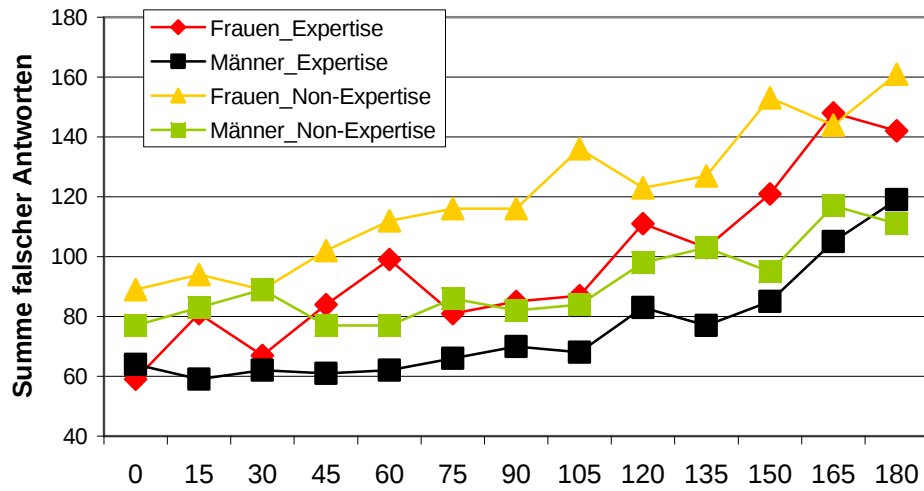


Abbildung 10-42: Vergleich der Geschlechter hinsichtlich der Anzahl an falschen Antworten über die Expertise

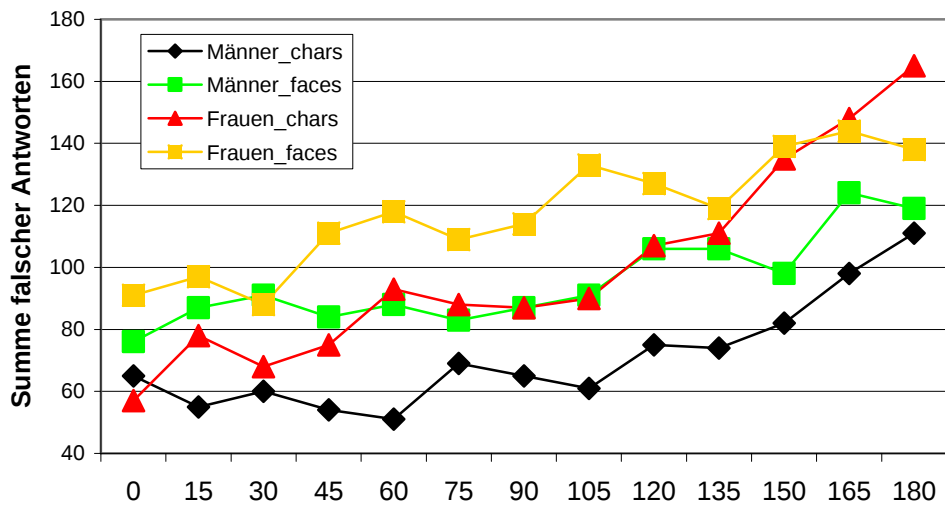


Abbildung 10-43: Vergleich von Frauen und Männer hinsichtlich der Fehlerzahl über die Klasse

10.7.2 Kurvenanpassungen

Modellzusammenfassung und Parameterschätzer

Abhängige Variable: falscheAntw_sum

		Modellzusammenfassung					Parameterschätzer		
EXPERTISE	Gleichung	R-Quadrat	F	Freiheitsg rade 1	Freiheitsg rade 2	Sig.	Konstante	b1	b2
Expertise	Linear	,826	52,354	1	11	,000	100,692	10,330	1,084
	Logarithmisch	,610	17,218	1	11	,002	94,656	45,161	
	Quadratisch	,926	62,993	2	10	,000	138,629	-4,845	
	Potenzfunktion	,687	24,166	1	11	,000	107,503	,258	
	S-förmig	,419	7,942	1	11	,017	5,273	-,601	
	Exponentiell	,873	75,675	1	11	,000	112,738	,057	
	Logistisch	,873	75,675	1	11	,000	,009	,944	
NonExpertise	Linear	,958	249,016	1	11	,000	150,423	8,632	,451
	Logarithmisch	,767	36,203	1	11	,000	142,666	39,302	
	Quadratisch	,986	364,261	2	10	,000	166,210	2,317	
	Potenzfunktion	,812	47,445	1	11	,000	150,248	,188	
	S-förmig	,510	11,447	1	11	,006	5,448	-,445	
	Exponentiell	,974	405,571	1	11	,000	156,846	,041	
	Logistisch	,974	405,571	1	11	,000	,006	,960	

Die unabhängige Variable ist rot_cod.

Tabelle 10-63: Analyse der Funktion - Expertise

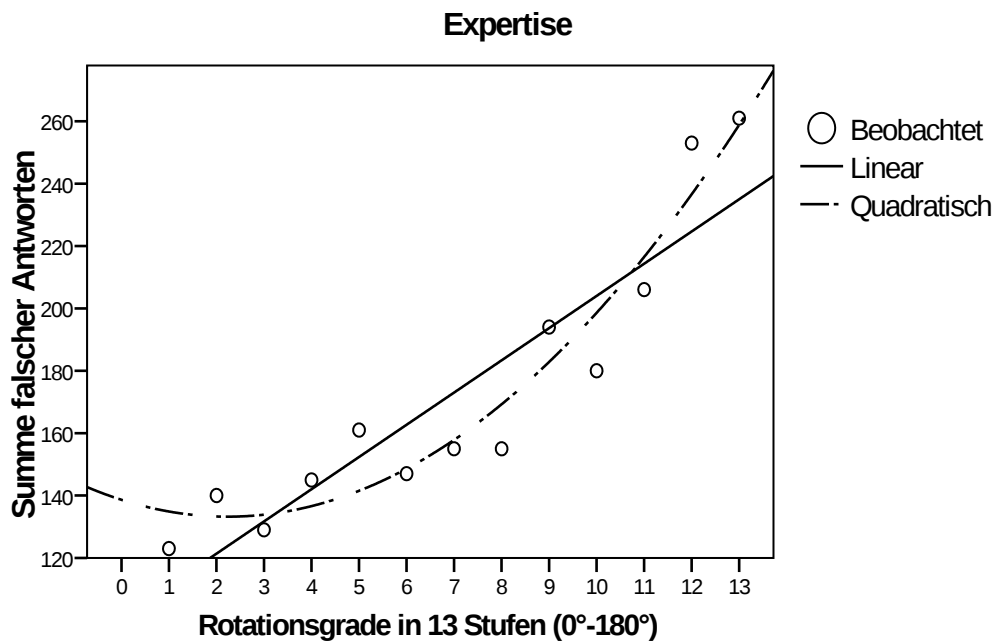


Abbildung 10-44: Quadratische Funktion der Expertise

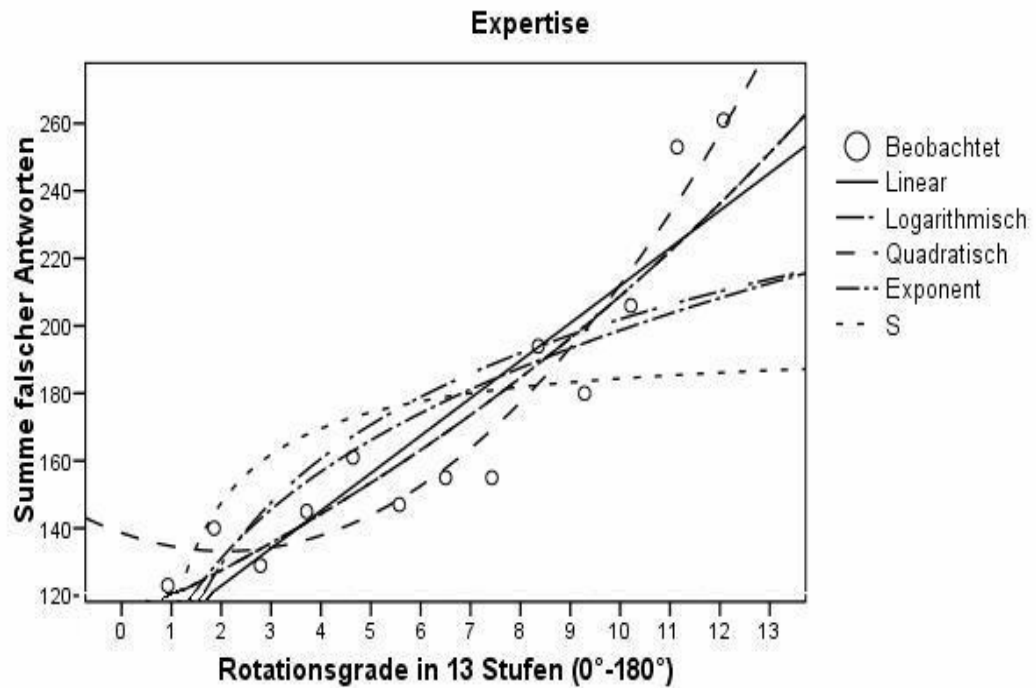


Abbildung 10-45: Kurvenanpassung: Darstellung aller berechneten Funktionen für den Faktor Expertise

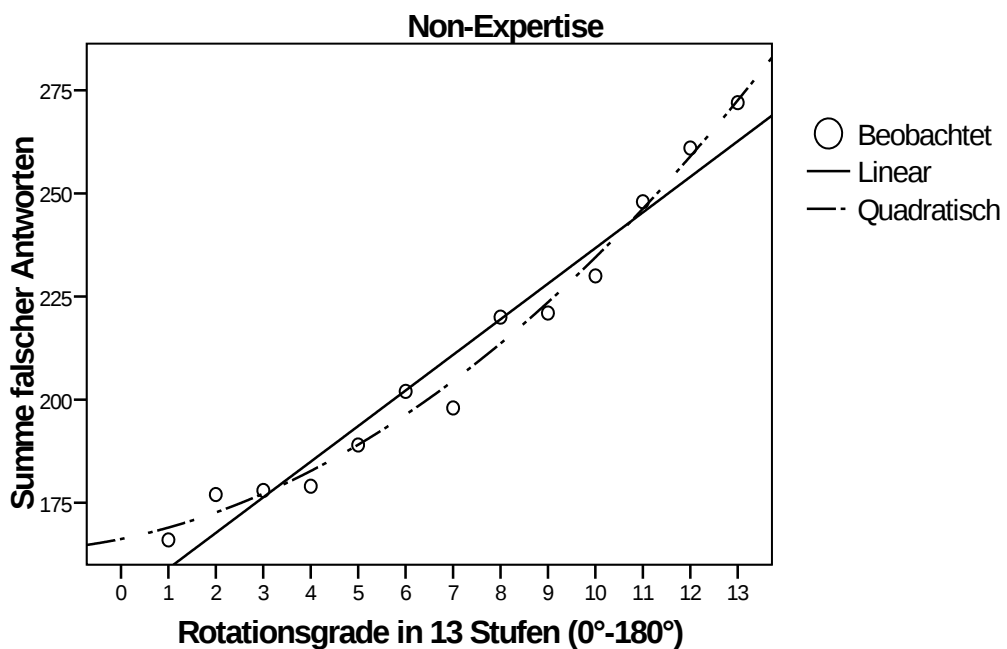


Abbildung 10-46: Quadratische Funktion der Non-Expertise

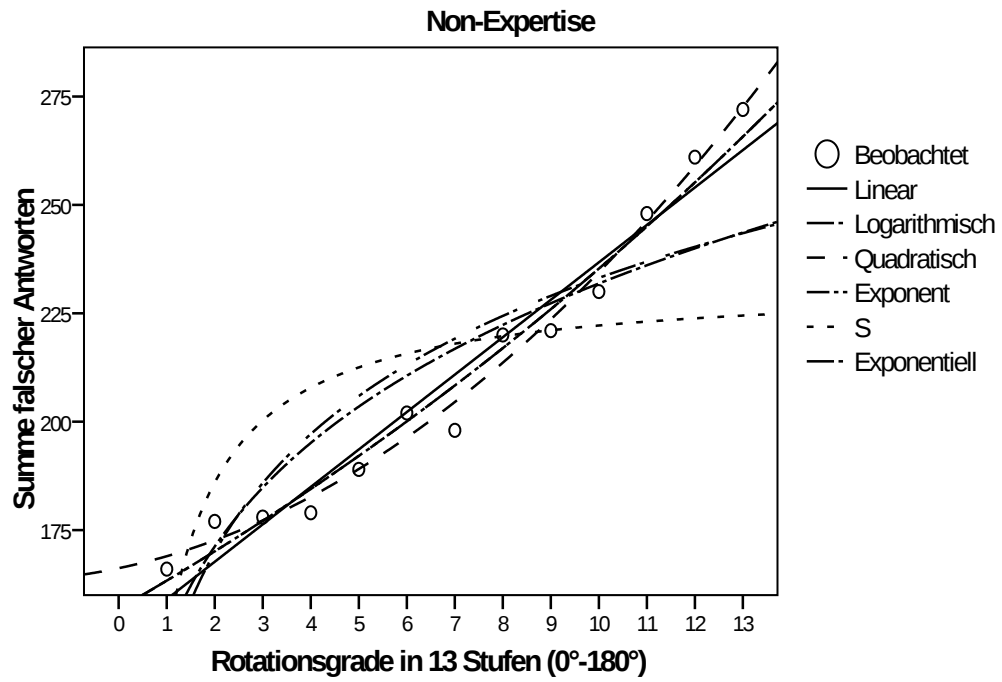


Abbildung 10-47: Kurvenanpassung: Darstellung aller berechneten Funktionen für den Faktor Non-Expertise

Modellzusammenfassung und Parameterschätzer

Abhängige Variable: falscheAntw_sum

VAR00001 Gleichung		Modellzusammenfassung				Parameterschätzer			
		R-Quadrat	F	Freiheitsgrade 1	Freiheitsgrade 2	Sig.	Konstante	b1	b2
ce	Linear	,720	28,220	1	11	,000	30,269	6,489	1,075
	Logarithmisch	,467	9,657	1	11	,010	29,527	26,612	
	Quadratisch	,937	74,264	2	10	,000	67,909	-8,567	
	Potenzfunktion	,554	13,659	1	11	,004	40,470	,327	
	S-förmig	,291	4,519	1	11	,057	4,442	-,707	
	Exponentiell	,797	43,277	1	11	,000	41,600	,077	
	Logistisch	,797	43,277	1	11	,000	,024	,926	
cn	Linear	,915	118,790	1	11	,000	60,538	4,956	,250
	Logarithmisch	,728	29,456	1	11	,000	56,215	22,490	
	Quadratisch	,941	79,480	2	10	,000	69,280	1,460	
	Potenzfunktion	,773	37,412	1	11	,000	61,520	,240	
	S-förmig	,474	9,898	1	11	,009	4,673	-,560	
	Exponentiell	,929	143,757	1	11	,000	64,957	,052	
	Logistisch	,929	143,757	1	11	,000	,015	,950	
fe	Linear	,827	52,532	1	11	,000	70,423	3,841	,008
	Logarithmisch	,745	32,145	1	11	,000	65,130	18,549	
	Quadratisch	,827	23,886	2	10	,000	70,720	3,722	
	Potenzfunktion	,786	40,440	1	11	,000	68,155	,198	
	S-förmig	,574	14,828	1	11	,003	4,688	-,503	
	Exponentiell	,834	55,376	1	11	,000	72,567	,040	
	Logistisch	,834	55,376	1	11	,000	,014	,961	
fn	Linear	,866	70,822	1	11	,000	89,885	3,676	,201
	Logarithmisch	,699	25,594	1	11	,000	86,451	16,811	
	Quadratisch	,894	42,221	2	10	,000	96,930	,858	
	Potenzfunktion	,741	31,459	1	11	,000	89,051	,146	
	S-förmig	,480	10,142	1	11	,009	4,828	-,350	
	Exponentiell	,886	85,757	1	11	,000	92,091	,031	
	Logistisch	,886	85,757	1	11	,000	,011	,969	

Die unabhängige Variable ist rot_cod.

Tabelle 10-64: Analyse der Funktion – Expertise*Klasse

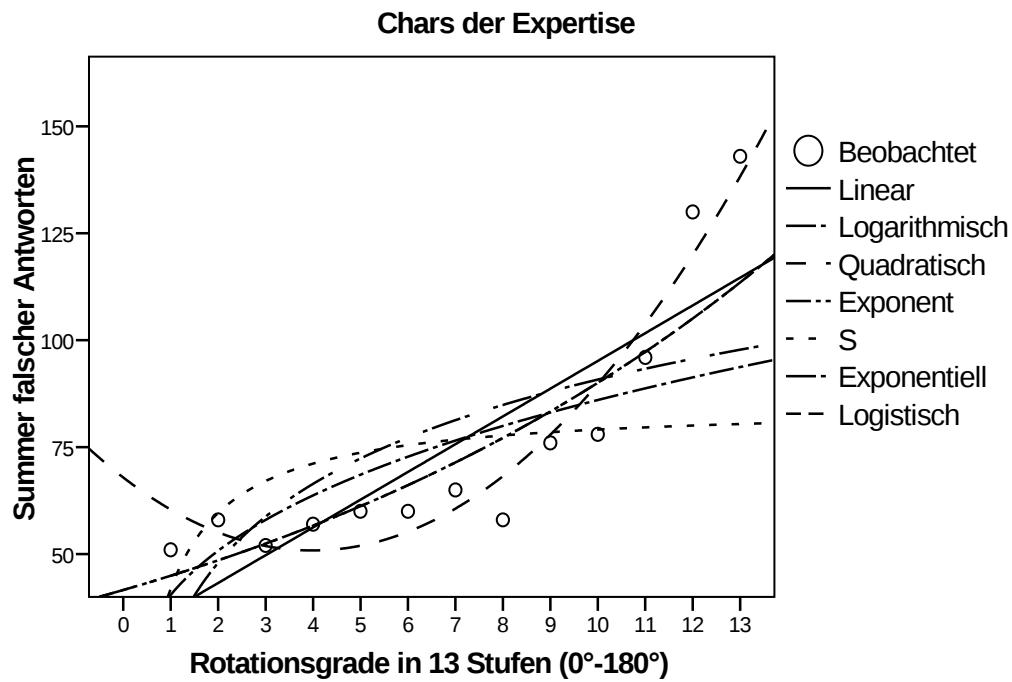


Abbildung 10-48: Quadratische Funktion für die Chars der Expertise

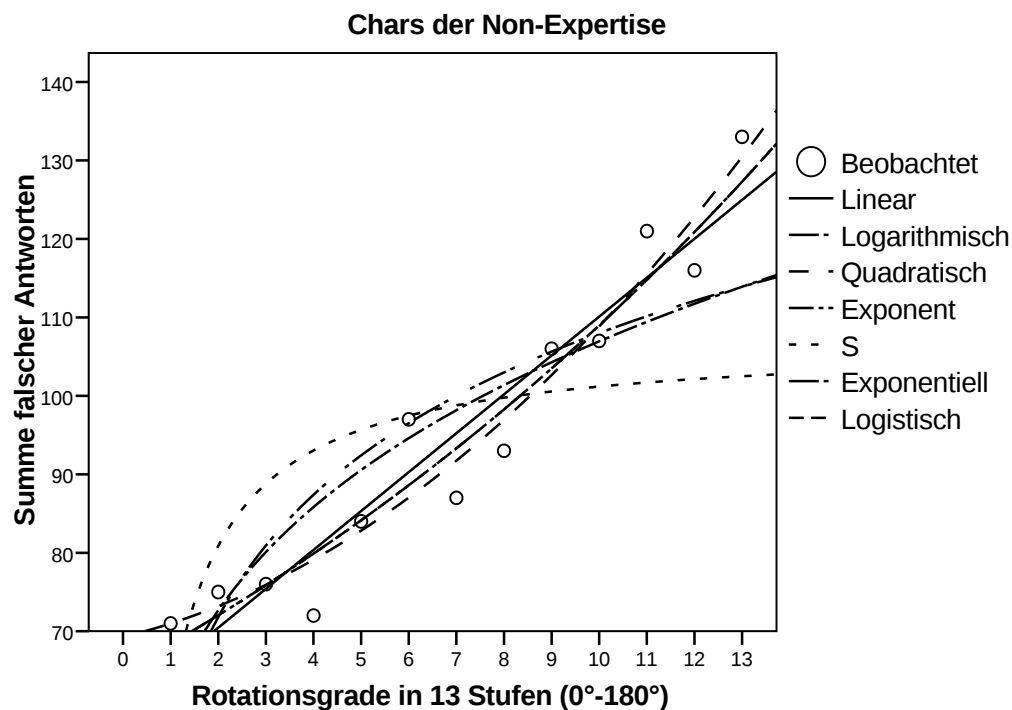


Abbildung 10-49: Quadratische Funktion der Chars der Non-Expertise

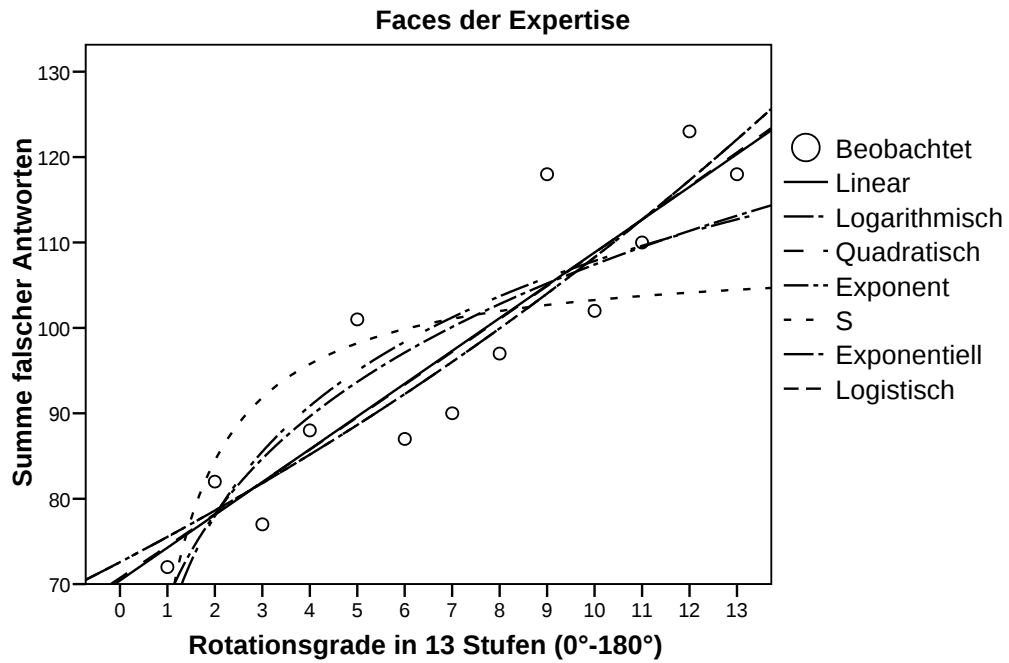


Abbildung 10-50: Exponentielle Funktion der Faces der Expertise

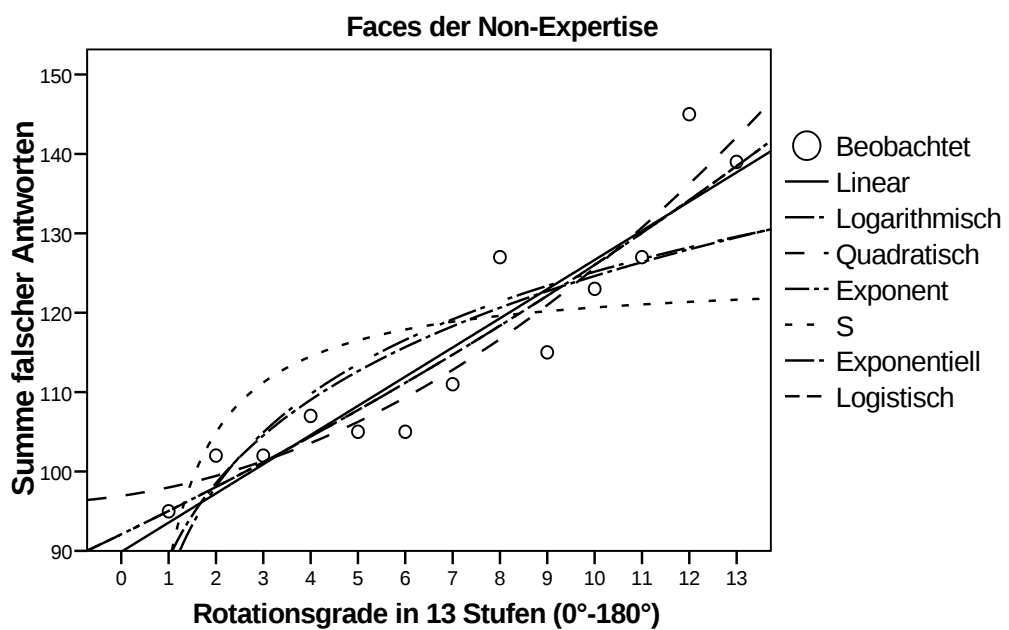


Abbildung 10-51: Quadratische Funktion für die Faces der Non-Expertise

Lebenslauf

<u>Persönliche Daten:</u>	geboren am 15. 06. 1982 im Krankenhaus Horn Österreichische Staatsbürgerin, röm.-kath., ledig, <u>Vater:</u> Lorenz Braunsteiner, geb. 25. 06. 1939, Pensionist, ehem. Versicherungsangestellter <u>Mutter:</u> Pauline Braunsteiner, geb. 28. 03. 1956, geborene Gratsch, Hausfrau, ehem. Einzelhandelskauffrau <u>Bruder:</u> Christoph Braunsteiner, 24. 04. 1979, Angestellter
<u>Schulbildung:</u>	1988-1992 Volksschule in 3741 Pulkau 1992-1996 Hauptschule in 3741 Pulkau 1996-2001 Bundesbildungsanstalt für Kindergarten- pädagogik in St.Pölten 2002-2008 Studium der Richtung Psychologie an der Universität Wien
<u>Praktikas:</u>	Ferienlager der Kinderfreunde: dreiwöchige Betreuung von Kindern im Alter von 5-14 Jahren (Springerin zwischen den Gruppen) im Sommer 1999 Ferienlager der ÖVP: zweiwöchige Betreuung von Kindern im Alter von 11-13 Jahren (Leitung dieser Altersgruppe) im Sommer 2000 6-Wochen-Praktikum im PSZW Eggenburg 2007 6 wöchiges Praktikum auf der Neuropsychiatrie des Kindes- und Jugendalters im AKH-Wien 2008
<u>berufliche Laufbahn:</u>	09. 2001 - 09. 2002 Kindergartenpädagogin bei der Gemeinde Wien 07. 2003 - 12. 2003 Bank Austria CA Julius-Tandler- Platz 08. 2004 - 12. 2006 Firma Conduit als Call-Center- Agent 01. 2007 - Bank Austria CA Lasallestraße
<u>besondere Fähigkeiten:</u>	Zusätzliche Ausbildung zur Hort- und Krippenerzieherin guter Umgang mit Menschen PC-Kenntnisse: Excel, SPSS, Word, Power Point Gitarre und Flöte Spielen
<u>Hobbies und Interessen:</u>	Kontakt mit Menschen, Kindern, Tiere Psychologie, Schwimmen, Skifahren, Inline-Skaten, Arbeiten am Computer, Bücher lesen Weggehen, Tanzen, Singen,