



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Psychophysikalische Determinanten der visuellen
Bewegungswahrnehmung anhand eines Zaubertricks
mittels Computeranimationen

Verfasser:

Kristian Gröbl

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Mai 2009

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Ao. Univ.-Prof. Mag. DDr. Andreas Hergovich

Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei meinem Betreuer, Ao. Univ.-Prof. Mag. DDr Andreas Hergovich für die kreativen Ideen und die sehr gute fachliche Unterstützung bedanken. Nur so war es möglich, dieses Thema zu realisieren.

Ich danke meinen Eltern für die geduldige, liebevolle und aufopfernde Unterstützung. Meinem Bruder danke ich für den geistreichen Gedankenaustausch. Danke, dass Ihr für mich da seid.

Besonderer Dank gilt meiner Freundin Berni, die mich in jeder Lebenssituation an das wirklich Wichtige und Schöne im Leben erinnert.

Ich danke Mathias <Javascript> Kimpl für die fachlich kompetente und sehr geduldige Unterstützung im Bereich der Programmierung. Christian Bechinie danke ich für die Einführung in die Welt der 3D Animation.

Ich danke meinen Freunden Maresi und Xandi.

Ich bin dem gesamten SHL - Team zu großem Dank verpflichtet.

1. INHALTSVERZEICHNIS	2
1.1 TABELLENVERZEICHNIS	4
1.2. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	5
2. EINLEITUNG UND PROBLEMDARSTELLUNG	6
3. DIE WAHRNEHMUNG IM WANDEL DER ZEIT	7
4. DIE VISUELLE BEWEGUNGSWAHRNEHMUNG	10
4.1. FORSCHUNGSHYPOTHESEN	15
5. DER ZAUBERTRICK.....	17
6. TECHNISCHE REALISIERUNG UND OPERATIONALISIERUNG	18
6.1. DIE GESCHWINDIGKEIT DER KIPPBEWEGUNG	20
6.2. DER ROTATIONSZEITPUNKT WÄHREND DER KIPPBEWEGUNG	22
6.3. DIE ROTATIONSGESCHWINDIGKEIT	24
6.4. GRÖÖE UND FORM DER KEULE	26
7. VERSUCHSABLAUF- PRETEST	27
8. AUSWERTUNG- PRETEST.....	29
8.1. VERSTÄNDLICHKEIT	30
8.2. HANDHABBARKEIT	30
8.3. KONSTRUKTION DER ITEMKATEGORIEN	31
9. DISKUSSION DER VORUNTERSUCHUNG	34
10. HAUPTUNTERSUCHUNG.....	36
10.1. VERSUCHSDESIGN	36
10.2. HYPOTHESENGENERIERUNG	37
11. AUSWERTUNG DER HAUPTUNTERSUCHUNG	38
11.1. STICHPROBE	38
11.2. AUSWERTUNG	42
11.3. DIE WENDEKEULE	44
11.3.1. <i>Die große Keule (20 cm)</i>	44
11.3.2. <i>Die mittelgroße Keule (10 cm)</i>	46
11.3.3. <i>Die kleine Keule (6.6 cm)</i>	48

11.3.4. Die Größe der Keule	50
11.4. DER KUGELSCHREIBER	52
11.5. DIE ZIGARETTENSCHACHTEL	57
12. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	60
13. DAS LINEAR-LOGISTISCHE-TEST- MODELL (LLTM).....	62
13.1. ÜBERPRÜFUNG DER EINDIMENSIONALITÄT	64
13.2. PARAMETERSCHÄTZUNG	72
14. ÜBERPRÜFUNG DER HYPOTHESEN	74
15. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	79
16. DISKUSSION	81
17. ZUSAMMENFASSUNG	84
17.1. ABSTRAKT	84
17.2. ABSTRACT	85
18. LITERATURVERZEICHNIS	87
19. ERKLÄRUNG	90
20. ANHANG.....	91
20.1. ÜBERSICHT DER EINZELNEN OBJEKTE	91
20.2. ALLE GESCHWINDIGKEITSKATEGORIEN IM ÜBERBLICK.....	92
20.3. DAS TESTPROZEDERE: EINLEITUNG, INSTRUKTION, BEISPIEL UND DURCHFÜHRUNG DER TESTUNG	96
20.4. DIE SEHPROBENTAFEL.....	100
21. CURRICULUM VITAE.....	101

1.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle01 Das zweite Bilderset	21
Tabelle02 Das dritte Bilderset	21
Tabelle03 Das vierte Bilderset.....	21
Tabelle04 Bewegungskategorien	23
Tabelle05 Rotationsgeschwindigkeiten	25
Tabelle06 Lösungshäufigkeiten/ χ^2 „Kugelschreiber“ (G1 & G2)	32
Tabelle07 Lösungshäufigkeiten/ χ^2 „Kugelschreiber“ (G3 & G4)	33
Tabelle08 Altersverteilung der Stichprobe.....	39
Tabelle09 Bildungsniveau der Stichprobe	40
Tabelle10 120 Items der Hauptuntersuchung	42
Tabelle11 Lösungshäufigkeiten/ χ^2 ; „große Keule“	45
Tabelle12 Lösungshäufigkeiten/ χ^2 ; „mittelgroße Keule“	46
Tabelle13 Lösungshäufigkeiten/ χ^2 ; „kleine Keule“	48
Tabelle14 Die Größe der Keule; sign. Ergebnisse	50
Tabelle15 Lösungshäufigkeiten/ χ^2 „Kugelschreiber“	53
Tabelle16 Lösungshäufigkeiten/ χ^2 „Zigaretenschachtel“	57
Tabelle17 Conditional likelihood test; 30 Items	67
Tabelle18 4 Items Lösungshäufigkeit/ χ^2	68
Tabelle19 Conditional likelihood test; 26 Items	69
Tabelle20 LRT 3 Kriterien.....	71
Tabelle21 Itemparameter der 26 Items	72
Tabelle22 LRT Modell 1	75
Tabelle23 11 Basisparameter Modell 2	77
Tabelle24 LRT Modell 2	77
Tabelle25 LRT Modell 1 & 2	79
Tabelle26 11 Basisparameter.....	79

1.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung01: Darstellung der Keule	18
Abbildung02: Die Bewegung der Keule	19
Abbildung03: Bewegungs- & Ruhephasen	20
Abbildung04: 6 Rotationszeitpunkte	22
Abbildung05: Die verwendeten Objekte	26
Abbildung06: Die vorgezeigten Bewegungen	27
Abbildung07: Verteilung der Vpn nach Geschlecht	29
Abbildung08: Altersverteilung	29
Abbildung09: Lösungshäufigkeit der 120 Items	31
Abbildung10: Lösungshäufigkeit „Kugelschreiber“	32
Abbildung11: Modifikation des Kugelschreibers	34
Abbildung12: Geschwindigkeit der Kippbewegung	36
Abbildung13: Verteilung der Vpn nach Geschlecht	38
Abbildung14: Altersverteilung der 172 Vpn	39
Abbildung15: Bildungsniveau der 172 Vpn	40
Abbildung16: Bildungsniveau nach Geschlecht	41
Abbildung17: Lösungshäufigkeit aller Items	43
Abbildung18: Die große Keule – Lösungshäufigkeiten	44
Abbildung19: Die mittelgroße Keule – Lösungshäufigkeiten	46
Abbildung20: Die kleine Keule – Lösungshäufigkeiten	48
Abbildung21: Der Kugelschreiber – Lösungshäufigkeiten	52
Abbildung22: Die Zigarettenschachtel – Lösungshäufigkeiten	57
Abbildung23: idealer Rotationszeitpunkt	60
Abbildung24: grafischer Modelltest 120 Items	65
Abbildung25: Lösungshäufigkeiten der 120 Testitems	66
Abbildung26: grafischer Modelltest 30 Items	67
Abbildung27: grafischer Modelltest 26 Items (Testscore)	69
Abbildung28: grafischer Modelltest 26 Items (Sehhilfe)	70
Abbildung29: grafischer Modelltest 26 Items (Geschlecht)	71
Abbildung30: grafischer Modelltest Modell1	76
Abbildung31: grafischer Modelltest Modell 2	78

2. Einleitung und Problemdarstellung

Ist das retinale Abbild existent? Wenn ja, wer betrachtet es? Und wenn es niemand sehen kann, existiert es dann wirklich? Die gegenwärtige Fachliteratur beschreibt sehr anschaulich das Abbild der Umwelt auf der Netzhaut mit der, dem Linsensystem des Auges entsprechenden Umkehrung und Größenreduktion. Damit ist allerdings lediglich der physikalischen Beschreibung des optischen Apparates des Auges genüge getan. Obgleich diese Darstellung der Projektion von Objekten in unsere Köpfe sehr „anschaulich“ ist, erklärt sie bei weitem nicht den eigentlichen Wahrnehmungsprozess. Dass nicht alles was gesehen wird auch wahrgenommen wird, soll hier nicht von neuem gezeigt werden. Vielmehr wird der Frage nachgegangen, welche variablen Faktoren der Außenwelt unsere Wahrnehmung dermaßen beeinflussen, dass keine Wahrnehmung stattfindet.

Die Kunst des Zauberns vermag diese Irritation der Wahrnehmung durch Täuschung, Ablenkung und Fingerfertigkeit zu erreichen. Was aber, wenn es einen Zaubertrick gibt, der gänzlich ohne Ablenkung und Täuschung im Fokus unserer Aufmerksamkeit stattfindet und dennoch unsere Wahrnehmung nur durch die Beschaffenheit einer einzigen Bewegung außer Kraft setzt?

3. Die Wahrnehmung im Wandel der Zeit

Im vierten Jahrhundert vor Christus philosophierte schon Aristoteles (384- 322 v. Chr.) über den Sitz des Geistes und der Seele (2002, S.25). Demokrit (460- 371 v. Chr.) und Epikur (341- 271 v. Chr.) begründeten und philosophierten über die damals vorherrschende Eidola- Theorie, die Wahrnehmungsprozesse zu erklären versuchte. Diese Theorie besagt, dass Eidola (Bilder) permanent von allen Objekten aus strömen. Sie haben dieselbe Form wie das entsprechende Objekt und bewegen sich kontinuierlich vom Objekt aus in das menschliche Auge (Goldstein, 2002). Demokrit gelangte zu dem Schluss, dass es zwei Arten von Erkenntnis bzw. Wahrnehmung geben muss: Durch die Sinnesorgane auf der einen Seite und durch den Verstand auf der anderen Seite. Somit war eine der ersten hierarchischen Aufgliederung der menschlichen Wahrnehmungsprozesse begründet.

Eine Kontroverse brach zu der damaligen Zeit aus, als Aristoteles den Sitz des Geistes weiterhin in der Brust und nicht im Gehirn sah, obgleich schon die mehrheitliche Meinung von seiner Annahme abwich. Auch das altgriechische Wort „phren,-os; m.“ bezeichnet in der Übersetzung einerseits das Zwerchfell und andererseits den Geist, den Verstand.

In den folgenden Jahrhunderten wurde viel über die Funktion des Gehirns spekuliert und die verschiedensten Theorien entstanden. Ein deutlicher Einfluss der damaligen technischen Errungenschaften ist dabei klar zu erkennen. So postulierte zum Beispiel Galen (ca. 130- 200 n. Chr.) einen Zusammenhang von Gesundheit, Denken und Emotion in Bezug zu vier verschiedenen Körpersäften, die aus der Mitte des Gehirns ausströmten und verglich dieses System mit den Aquädukten des damaligen Abwassersystems. Diese Säftelehre blieb 1500 Jahre lang gültig (Goldstein, 2002).

Wahrnehmungspsychologisch prägend sind die Arbeiten von René Descartes (1596- 1650) und Johannes Kepler (1571- 1630). Von dem damaligen Stand der Technik beeindruckt, verglichen sie die Arbeitsweise des menschlichen

Körpers mit der einer Maschine (Goldstein, 2002). Die Funktion des Auges wurde wie ein optisches Instrument beschrieben, das Bilder auf die sensorischen Nerven der Netzhaut projiziert. Descartes gelangte durch seine Forschung über die Wahrnehmung der Entfernung von Objekten zu dem Schluss, dass sich die visuelle Wahrnehmung aus zwei Prozessen zusammensetzt (Guski, 1996, S.19). Aus dem Prozess des Sehens und dem des Urteilens. Descartes Unterscheidung zwischen „res cogitans“ und „res extensa“ stellt die klassische Formulierung des Dualismus dar. Demnach existieren eine ausgedehnte räumliche Substanz und eine immaterielle geistige Substanz. Nachdem ein Reiz auf ein Sinnesorgan auftritt, wird er zur Epiphyse (Zirbeldrüse) weitergeleitet und wirkt dort auf den immateriellen Geist ein. Auch die visuelle Reizverarbeitung findet nach Descartes in der Epiphyse statt. In der weiteren Geschichte der Wahrnehmungspsychologie wurde dieser Unterschied durch die Begriffe „Empfindung“ und „Wahrnehmung“ verdeutlicht. Die Empfindung galt als eher einfachere Form der Wahrnehmung ohne höhere geistige Prozesse zu involvieren.

In der Philosophie wurden damals mit dem Begriff „Homunculus“ Wahrnehmungsprozesse erklärt, in dem Sinne, dass es im Kopf eine Gestalt (immaterielle geistige Substanz) gäbe, die Reize wahrnimmt und weiter-verarbeitet. Nicht der Gegenstand selbst, sondern das Abbild im Kopf wird von einer höheren Instanz betrachtet.

Die Verbreitung der Homunculus- Theorie zeigt Goethe in „Faust II“ sehr eindrucksvoll (Goethe, 1832), als Wagner ein „Menschlein“ im Reagenzglas erschafft, dem vergönnt ist mehr zu wissen als Andere - den Homunculus.

Im 18. und 19. Jahrhundert wurden vermehrt bioelektrische Vorgänge und deren Wirkung auf das Nervensystem untersucht. Ende des 19. Jahrhunderts konnten Forscher nachweisen, dass sich Aktionspotentiale sprunghaft den Nerven entlang bewegen. Johannes Peter Müller (1801- 1858) revolutionierte die Physiologie der damaligen Zeit mit seinen Erkenntnissen und Meinungen über die Wahrnehmung und die Spezifität der „Sinnesenergien“. Nach Müller kann ein Gegenstand der Außenwelt nicht Wahrnehmungsobjekt sein, da er einen

gewissen Abstand vom Auge hat. Folglich muss der Gegenstand ein retinales Abbild erzeugen, das im Kopf ein Bild entstehen lässt.

Müller ging jedoch davon aus, dass nicht an einem bestimmten Punkt im Kopf das Bild verarbeitet, sondern das gesamte Gehirn, wenn nicht sogar der gesamte Körper Reize wahrnimmt (Guski, 1996). Die Theorie der spezifischen Sinnesenergien nach Müller besagt unter anderem, dass Wahrnehmung aus unterschiedlichen Sinnesenergien resultiert, die je nach Sinnesqualität auf unterschiedliche Bereiche im Gehirn einwirken. Die Stimulation des Auges führt demnach zum Sehen, die des Ohres zum Hören. Ende des 19. Jh. konnte mit dieser Theorie eine funktionale Unterteilung des Gehirns in einzelne Hirnregionen angenommen werden.

Die Formulierung „retinales Abbild“ oder „Abbild auf der Netzhaut“ ist in der gegenwärtigen Fachliteratur durchaus gebräuchlich und soll nicht mit der Homunculus- Theorie konfundiert werden. Gemeint ist damit die Größe des innervierten Netzhaut- Areal, die, wie im Folgenden aufgezeigt wird, durchaus von Bedeutung ist bei der Untersuchung von Wahrnehmungseffekten.

4. Die visuelle Bewegungswahrnehmung

In der visuellen Wahrnehmung werden komplexe Bewegungen in Einzelteile zerlegt. Es wird ein Referenzsystem angelegt, auf welches die Einzelbewegungen bezogen werden können (Kalveram & Ritter, 1979).

Es wird angenommen, dass Menschen die räumliche Lage von Objekten in ihrer Umgebung durch die Verwendung multipler räumlicher Repräsentationen kodieren. Diese Repräsentationen werden „Landmarks“ oder „Landkarten“ genannt. Um Augen und Augenbewegungen in Richtung des Objekts ausführen zu können, muss die Ziel-Koordinate von dem retinotopen System in ein betrachterzentriertes Koordinatensystem übersetzt werden. Diese räumlichen Landkarten repräsentieren die Lage des Zielobjekts sowohl im räumlichen Verhältnis zum Betrachter (egozentrische Information), als auch das räumliche Verhältnis zwischen zwei Objekten, unabhängig von der Position des Betrachters (allozentrische Information) (Kalveram & Ritter, 1979).

Dietrichsen, Werner, Schmidt und Trommerhäuser (2004) berichten von Verhaltensstudien mit neurologisch unbeeinträchtigten Versuchspersonen, die darauf schließen lassen, dass direktmotorischen Aktionen eher egozentrische Informationen zugrunde liegen. Die Wahrnehmung und kognitive Beurteilung von Objekten wird zu einem größeren Ausmaß auf allozentrische Informationen zurückgeführt. Daraus folgern Dietrichsen et al. (2004), dass die Wahrnehmung von Objekten vom visuellen Kontext beeinflusst wird.

Kerzel, Hommel und Bekkering (2001) gehen ebenfalls davon aus, dass der visuelle Raum auf zwei Landkarten aufgezeichnet wird. Damit ist einerseits die kognitive Verarbeitung gemeint und andererseits die wahrheitsgetreue Abbildung der physikalischen Welt. Ursachen und Erklärungen für optische Täuschungen und Illusionen sind demnach eher in der kognitiven Verarbeitung zu finden.

Das Wahrnehmungssystem ist folglich dem physikalischen Bewegungsapparat und dessen Analyse ähnlich. Damit sind zum Beispiel die Addition oder Subtraktion von Bewegungsvektoren gemeint. Kalveram und Ritter (1979) befassten sich in ihrer Studie mit der Analyse des sensorischen Inputs und nannten diesen Vorgang Wahrnehmungsvektorenanalyse (WVA).

Zusammenfassend ist also zu erkennen, dass die Bewegungswahrnehmung von der tatsächlichen Bewegung abweicht. Die physikalischen Vektoren unterscheiden sich von den Wahrnehmungsvektoren, bedingt durch Informationen, die aus dem Kontext der Bewegung resultieren (Dietrichsen et al., 2004).

Eine Vielzahl an Studien beschäftigt sich mit visuellen Wahrnehmungsphänomenen und möglichen Einflussfaktoren (Busse, Katzner, Tillmann & Treue, 2008; Flach, Knoblich & Prinz, 2004; Gregory & Heard, 1983; Haarmeier & Thier, 1998; Harvey & Braddick, 2008). Ein Kriterium ist dabei immer wieder die Wahrnehmung von Objektmerkmalen, die für das Erkennen von Objekten ausschlaggebend sind, wie zum Beispiel die Wahrnehmung von Konturen.

So beschreiben Ludvigh und Miller (1958) eine signifikante Verschlechterung der Sehschärfe bei einem Anstieg der Geschwindigkeit des beobachteten Objektes. Die Sehschärfe bei der visuellen Verfolgung von bewegten Objekten wird dynamische Sehschärfe genannt. Die unvollständige Verfolgung eines bewegten Objektes mit den Augen führt zu einem durchgängig bewegten Abbild auf der Retina. Diese retinotopie Bewegung führt zu einer Abnahme der Konturenwahrnehmung und somit zu einer Verschlechterung der Sehschärfe.

Die Ursache für die Bewegungsunschärfe sieht Miller (1958) nicht in der durch die Bewegung bedingten extrafovealen Abbildung, sondern in der Bewegung des retinalen Abbildes selbst.

Ein entscheidender Aspekt innerhalb der Erforschung der Bewegungswahrnehmung ist demnach das Gebiet der Geschwindigkeitswahrnehmung. Das große Interesse an Geschwindigkeits- bedingten Effekten resultiert daraus, dass das menschliche Auge einerseits auf bewegte Reize reagiert (Hock,

Schöner & Giese, 2003; Kline & Eagleman, 2008; Purves, Paydarfar & Andrews, 1996; Sterzer, Russ, Preibisch & Kleinschmidt, 2002), andererseits der Wahrnehmung bestimmte Grenzen gesetzt sind, die durch Interpolation im verarbeitenden Gehirnnareal ausgeglichen werden (Yantis, 1995).

Wird in schneller Abfolge die Bewegung eines Objektes in Einzelbildern dargestellt, interpoliert das visuelle System des Menschen den Weg der Bewegung und es wird ein bewegtes Objekt wahrgenommen (Yantis, 1995). Grundlage ist die Wahrnehmung von Korrespondenzen der Elemente innerhalb eines bestimmten Rahmens. Das ist eher einfach, wenn es sich um ein einzelnes Objekt handelt, welches nur geringfügig verändert wird (Wohlschläger, 2000).

Eine sehr genaue Darstellung des Verhältnisses der wahrgenommenen Geschwindigkeit zu anderen, externen Faktoren, geht auf J. F. Brown zurück. Brown (1928) demonstrierte die Abhängigkeit der wahrgenommenen Objektgeschwindigkeit von der relativen Größe des gesamten Bewegungs-umfeldes. Werden alle linearen Dimensionen des Bewegungsfeldes transponiert, dann muss die Geschwindigkeit des Objektes in annähernd derselben Proportion verändert werden, um die wahrgenommene Geschwindigkeit aufrecht zu erhalten.

Brown (1928) führte eine Reihe von Experimenten durch, um diesen Sachverhalt genauer betrachten zu können. Die verwendete Apparatur bestand aus zwei drehbaren Walzen über die ein weißes Papierband lief. Auf dem Papier waren kleine Figuren aus schwarzem Papier angebracht. Ein Karton mit rechteckigem Ausschnitt wurde dicht vor der Walze positioniert damit nur ein Teil der schwarzen Figuren sichtbar wurde. Beide Walzen wurden mit kleinen Motoren angetrieben, deren Geschwindigkeit verstellbar und mit einer Stoppuhr messbar war. Die Aufgabe bestand nun darin, dass Versuchspersonen die Geschwindigkeit der einen Walze der anderen anpassen mussten (Sukzessivvergleich), wobei die Geschwindigkeit des Papierbandes, die Größe der Figuren auf dem Papierband und das Sichtfenster vor der Walze variiert wurden.

Um die Auswirkungen der Entfernung beobachten zu können, wurde der Abstand der beiden zu beobachtenden Apparate verändert und zwar so, dass Apparat B in ein Meter Entfernung und Apparat A in 3.3, 6.6 und 10 Metern von der Versuchsperson entfernt positioniert wurde. Die Bewegungsfelder (das Sichtfenster bzw. der Kartonausschnitt) waren objektiv gleich groß bemessen, ebenso die gleitenden Figuren. Die Versuchspersonen mussten die Geschwindigkeit von B so lange verändern, bis sie der vorgegebenen Geschwindigkeit von A ($V_A = 10 \text{ cm/sec}$) gleich erschien. Abbildung I zeigt die Ergebnisse von Brown im Detail.

Tabelle 2. Abstand von B konstant 1 m.
 V_A bleibt objektiv unverändert.

Vpn.	Abstand von A m	V_A cm/sec.	V_B cm/sec.	V_A/V_B
Maier . .	10,0	10	8,3	1,20
	6,6	10	8,7	1,15
	3,3	10	9,1	1,10
Young . .	3,3	10	9,1	1,10
	6,6	10	8,7	1,15
	10,0	10	8,3	1,20
Pechter . .	10,0	10	8,3	1,20
	6,6	10	8,7	1,15
	3,3	10	8,7	1,15
Center . .	10,0	10	8,3	1,20
	5,0	10	9,1	1,10
Higgins . .	10,0	10	8,0	1,25

Abb.I: Ergebnisse nach Brown (1928, S. 89); Geschwindigkeiten in cm/Sekunde. V_A entspricht der tatsächlichen Geschwindigkeit und V_B der von der Versuchsperson als gleich schnell empfundenen Geschwindigkeit.

Sokolov, Ehrenstein, Pavlova und Cavanaugh (1997) beziehen sich in ihrer Studie auf Ergebnisse von Brown (1928), der das Phänomen beschrieben hatte, dass je größer ein Objekt und/ oder seine räumliche Umgebung ist, umso langsamer ist die wahrgenommene Geschwindigkeit des Objektes. Gemessen wurde bei Sokolov et al. (1997) das Verhältnis der physikalischen Geschwindigkeit bei gleich bleibender wahrgenommener Geschwindigkeit.

In der Studie von Sokolov, Pavlova und Baird (2002) wurde die Übertragung von Geschwindigkeitskategorien visueller Bewegung auf einen variablen Stimulus Kontext untersucht. Die Versuchspersonen beurteilten fünf Stimulus- Geschwindigkeiten, die in drei Kategorien einzuteilen waren.

Sokolov, Pavlova und Ehrenstein (2000) verweisen in ihrer Studie auf das Auftreten von „primacy and frequency effects“ bei der visuellen Geschwindigkeitsbeurteilung. Je nach vorangegangenen Reiz, wird die Geschwindigkeit des Folgereizes über- oder unterschätzt.

Zusammenfassend zeigen die Studien von Sokolov et al. (1997; 2000; 2002), dass ein Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung von bewegten Objekten und kontextuellen Bedingungen besteht. Größe und Form des Objektes sind dabei nicht allein ausschlaggebend, sondern auch, bei unterschiedlichen Reizen, die Reihenfolge der Reizdarbietung.

Die Gestaltpsychologie liefert zu diesem Thema wichtige Beiträge und grundlegende Theorien. Max Wertheimer, Begründer der experimentellen Gestaltpsychologie, erforschte das Vermögen von Versuchspersonen, Scheinbewegungen von „echten“ Bewegungen zu unterscheiden (Sarris, 1989).

Vittorio Benussi (1878- 1927) liefert dazu einen sehr interessanten Ansatz aus der Gestaltpsychologie:

Folgen Reize in relativ kurzem Abstand nacheinander, nehmen wir eher die Struktur oder Gestalt wahr, die auf ihnen aufbaut, als viele einzelne Reize. Die Zeitauffassung ist nach Benussi charakterisiert durch die Begriffe Auffälligkeits- und Aufmerksamkeitsverteilung (Antonelli, 1994).

Innerhalb eines Wahrnehmungskomplexes bewirkt das auffälligere Element eine Aufmerksamkeitssteigerung und nimmt somit den Charakter einer „größeren Präsenz“ gegenüber den anderen Elementen an. Diese größere Präsenz hängt von der größeren Aufmerksamkeitszeit ab, die dieses Element kennzeichnet (Antonelli, 1994). Damit sind vor allem die größere Auffälligkeit des Elements selbst und die größere Aufmerksamkeit des Betrachters gemeint.

Die Form, oder Gestalt von Objekten und Bewegungen ist ein entscheidender Aspekt in der Erforschung der Bewegungswahrnehmung. Von Mühlenen und Müller (2000) beschreiben in ihrer Studie eine perzeptuelle Integration von Be-

wegungs- und Gestaltinformationen bei der Wahrnehmung von Objekten. Unterschiedliche Objekte oder Bewegungsfolgen werden für eine detaillierte visuelle Verarbeitung selektiert oder sogar zusammengefasst. Dieses selektive visuelle Aufmerksamkeit findet sich auch in der Studie von Tse und Logothetis (2002) beschrieben.

4.1. Forschungshypothesen

In dieser Studie sollen anhand eines Zaubertricks Faktoren beschrieben werden, die die visuelle Bewegungswahrnehmung beeinflussen. Es wird der Frage nachgegangen, wie groß der Einfluss der Faktoren auf die visuelle Bewegungswahrnehmung ist und ob ein Zusammenhang zwischen den Faktoren und der Wahrnehmung der Bewegung besteht.

Kalveram und Ritter (1979) beschreiben ein Referenzsystem, dass für die visuelle Bewegungswahrnehmung ausschlaggebend ist. Bewegungen werden in Einzelteile zerlegt bzw. zu Gruppen zusammengefasst. Dieser Ansatz findet sich in ähnlicher Weise auch bei von Mühlen und Müller (2000), die eine selektive visuelle Aufmerksamkeit beschreiben. Benussi (Antonelli, 2004) spricht von der „auffälligen Gestalt“ einer Bewegung und bezieht sich damit auch auf selektive Wahrnehmungsprozesse.

Diese Theorien sprechen dafür, dass sowohl die Form des Objektes als auch die Form der Bewegung einen Einfluss auf die Wahrnehmung hat.

Brown (1928) leistete Pionierarbeit mit seinen Studien über den Einfluss von Umgebungsfaktoren auf die wahrgenommene Geschwindigkeit von Objekten. Sokolov et al. (1997; 2000; 2002) zeigten weiters, dass Ankerreize bei der Bewegungswahrnehmung von großem Einfluss sind. Ludvigh und Miller (1958) beschreiben schließlich eine Verschlechterung der Sehschärfe bei einem Anstieg der Geschwindigkeit.

Diese Studien deuten auf einen Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und der Wahrnehmung von bewegten Objekten hin.

Basierend auf den angeführten theoretischen Grundlagen, wird ein Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit eines bewegten Objektes und der Fähigkeit, die Bewegung wahrzunehmen erwartet. Weiters soll überprüft werden, ob die Form und Größe des Objektes/ der Bewegung einen maßgeblichen Einfluss auf die visuelle Bewegungswahrnehmung haben.

5. Der Zaubertrick

Der Zaubertrick „Wendekeule“, „Färbemesser“ oder „magic knife“ hat nicht nur viele Namen, sondern ist auch ob seiner Einfachheit erstaunlich verblüffend. Man benötigt dazu lediglich ein einziges, nicht zu großes Utensil (maximal 20 cm), das möglichst von länglicher Form ist und zwei unterschiedliche Seiten hat. Zum Beispiel eine kleine flache Keule, die eine blaue und eine rote Seite hat.

Man beteuert nun dem, der sich verzaubern lassen will, dass die Keule zwei gleiche Seiten hat und zeigt die Keulen von beiden Seiten her. Doch eigentlich wird hier immer die gleiche Seite hergezeigt. Die Keule wird zwischen Daumen und Zeigefinger gehalten und von oben nach unten gekippt, so als würde man beide Seiten präsentieren wollen. Während der Kippbewegung wird die Keule aber noch mit dem Daumen und Zeigefinger gedreht, sodass immer die gleiche Seite gezeigt wird.

Ziel ist es, diese Bewegungen so durchzuführen, dass die Drehbewegung nicht wahrgenommen wird und somit der Anschein entsteht, man würde das Objekt von beiden Seiten herzeigen. Und natürlich, dass man dann mit einer „magischen Geste“ die Keule kurz verdeckt um die andere Seite herzuzaubern, die es ja eigentlich nicht geben darf, in den Augen der Betrachter...

6. Technische Realisierung und Operationalisierung

Der Forschungshypothese entsprechend wurden folgende Faktoren in dieser Untersuchung berücksichtigt:

- Die Geschwindigkeit der Kippbewegung
- Der Rotationszeitpunkt während der Kippbewegung
- Die Rotationsgeschwindigkeit
- Die Größe der Wendekeule
- Die Form der Wendekeule

Um möglichst alle Faktoren kontrollieren zu können, wurde der gesamte Zaubertrick auf eine Computer- Animation übertragen. Die Animation wurde mit dem Programm „Cinema4D.r10“ realisiert und basiert auf der Aneinander - reihung von Einzelbildern.

Zuerst wurden verschiedene Objekte mit Hilfe des Programms modelliert. Eine Übersicht der einzelnen Objekte und Abbildungen zur Entstehungsweise findet sich im Anhang (20.1). Die Auswahl der Objekte bezog sich auf die aus der Literatur gewonnen Hinweise über mögliche Einflussfaktoren der Größe und Form der Objekte (Brown, 1928). Als erstes wurde die Form der ursprünglichen „Wendekeule“ annähernd realistisch nachgebildet (Abbildung 01).

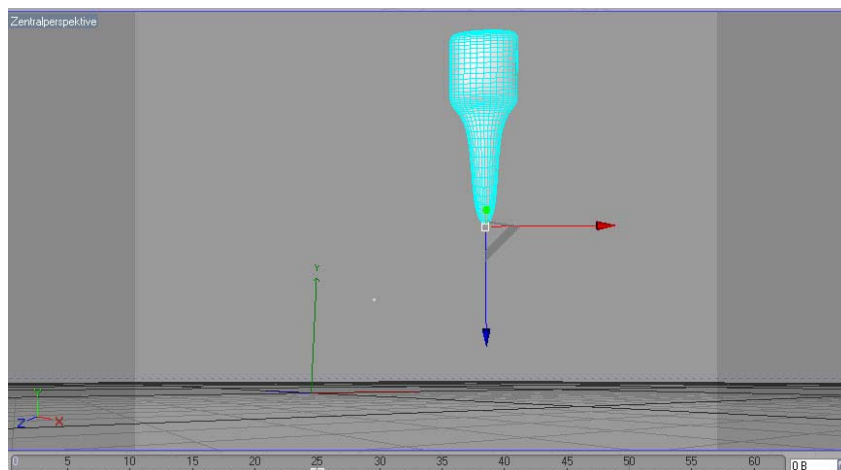


Abb. 01 : Darstellung der „Wendekeule“ im Programm Cinema 4D.

Nachdem das Objekt seine Form bekommen hatte, wurde dem Objekt die für diesen Zaubertrick charakteristische Bewegung zugeteilt. Das ist eine Kippbewegung in der vertikalen Ebene um 180 Grad mit gleichzeitiger Rotation um 180 Grad in der horizontalen Ebene. Wird das Objekt in einem Koordinatensystem abgebildet, entspricht die „Kippbewegung“ einer halben Drehung (=180 Grad) um die X- Achse und die „Rotationsbewegung“ einer halben Drehung um die Y- Achse, wobei der Fußpunkt des Objektes im Ursprung fixiert ist (Abbildung 02).

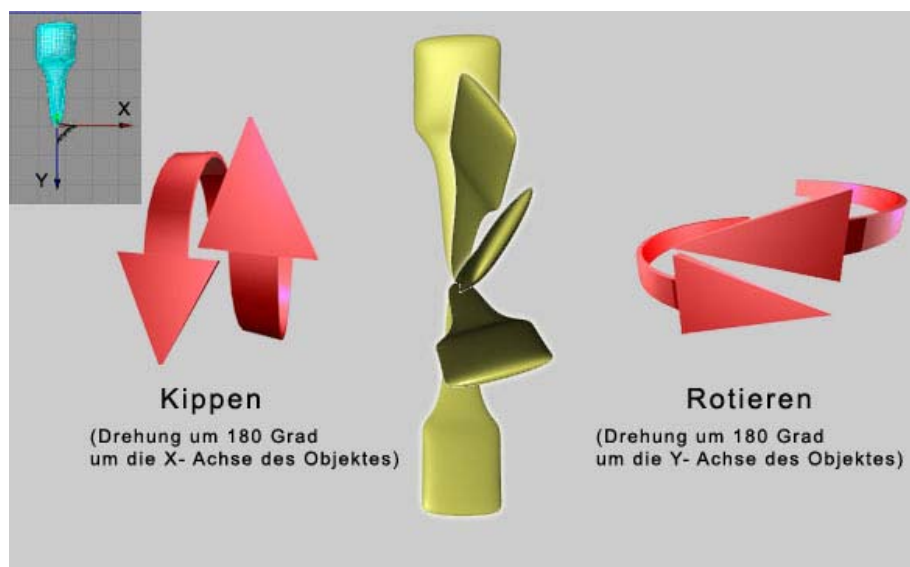


Abb. 02: Die Bewegung der „Wendekule“: Die Kule wird um 180 Grad gekippt und gleichzeitig um 180 Grad rotiert.

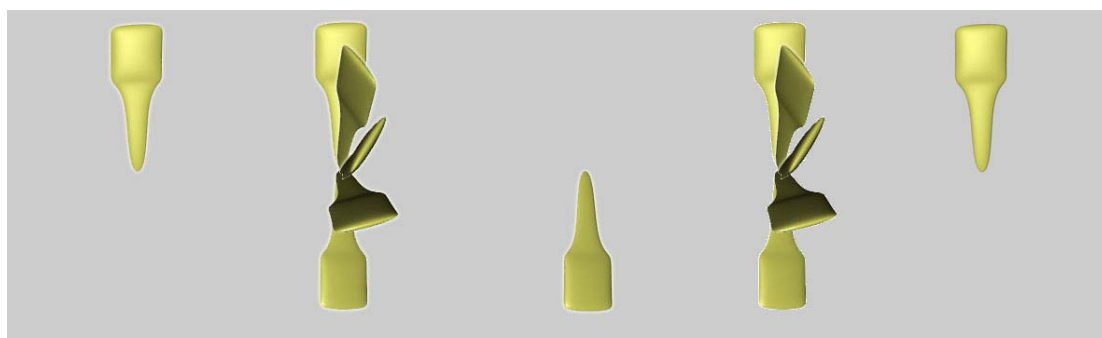
Abbildung 02 zeigt die Kipp- und Drehbewegung auf fünf Einzelbilder aufgeteilt. Jedes Einzelbild zeigt eine Position in dieser Bewegungsfolge. Um aus diesem Bildersatz „bewegte“ Bilder zu erzeugen, bedarf es einer entsprechenden zeitlichen Abfolge, in der jedes einzelne Bild eingeblendet wird. Diese zeitliche Begrenzung der Darstellung jedes einzelnen Bildes wird Flimmer - verschmelzungsfrequenz (FvF) genannt. Eine flüssige Bewegung wird bei moderaten Lichtverhältnissen ab einer Bilderfrequenz von 15 Bildern pro Sekunde erreicht (Bruce, Green & Georgeson, 2004). Die Bilderfrequenz ist im Programm „Cinema 4D.r10“ wählbar und betrug für diese Studie 25 Bilder pro Sekunde.

6.1. Die Geschwindigkeit der Kippbewegung

Der Zaubertrick „Wendekeule“ wurde in vier unterschiedlichen Bildersets dargestellt, die sich durch die Anzahl der Bilder unterschieden. Eine systematische Reduktion der Bilderanzahl führte zur Verkürzung der Animation und so zu einem Anstieg der Geschwindigkeit, mit der die Wendekeule bewegt wurde. Die vier Bildersets wurden folgendermaßen festgelegt:

Das erste Bilderset (Set 01) bestand aus 175 Bildern. Durch die Animation (25 Bilder pro Sekunde) ergab sich daraus ein Film von 7 Sekunden Länge. Die einzelnen Bewegungen der Keule wurden auf die Einzelbilder folgendermaßen aufgeteilt:

Die gesamte Kippbewegung der Keule um 180 Grad und wieder zurück wurde in drei Ruhephasen und zwei Bewegungsphasen unterteilt. Mit den Ruhephasen sind die Zeiträume bestimmt worden in denen keine Bewegung stattfand. Damit war das Erscheinen der Keule zu Beginn jedes Durchganges gemeint, der Zeitpunkt nach der ersten Kippbewegung und der Zeitpunkt am Ende des Durchganges nach der zweiten Kippbewegung (Abbildung 03).



Set 01: 175 Bilder				
Ruhephase	Bewegungsphase	Ruhephase	Bewegungsphase	Ruhephase
25 Bilder	50 Bilder	25 Bilder	50 Bilder	25 Bilder

Abbildung 03: Die Bewegungs- und Ruhephasen der „Wendekeule“ in der ersten Geschwindigkeitskategorie (G1)

Das zweite Bilderset (Set 02) bestand aus 125 Bildern. Die Ruhephasen erstreckten sich weiterhin über 25 Bilder. Die Bewegungsphasen wurden in ihrem Ausmaß auf die Hälfte reduziert um eine Verdoppelung der Geschwindigkeit zu erreichen und betrugen ebenfalls 25 Bilder (Tabelle 01).

Tab. 01: Die Bewegungs- und Ruhephasen der „Wendekeule“ in der zweiten Geschwindigkeitskategorie (G2)

Set 02: 125 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder

Im dritten Bilderset wurden die Bewegungsphasen erneut reduziert. Da die Reduktion auf genau 12.5 Bilder nicht möglich war, wurden die Bewegungsphasen für das Set 03 mit 12 Bildern festgelegt (Tabelle 02).

Tab. 02: Die Bewegungs- und Ruhephasen der „Wendekeule“ in der zweiten Geschwindigkeitskategorie (G3)

Set 03: 99 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder

Das vierte Bilderset bestand aus drei Ruhephasen zu je 25 Bildern und zwei Bewegungsphasen zu je 6 Bildern. Auf Sekunden umgerechnet ergab sich hier für eine Bewegungsphase eine Zeitspanne von 240 Millisekunden. Die Grenze der Bewegungswahrnehmung liegt bei ca. 200 Millisekunden in Abhängigkeit von der Adaptation des Auges (Yantis, 1995). Durch konstant helle Lichtverhältnisse wurde die Helladaptation der Augen der Testpersonen gefordert um so eine Wahrnehmung der Kippbewegung zu erreichen (Tabelle 03).

Tab. 03: Die Bewegungs- und Ruhephasen der „Wendekeule“ in der zweiten Geschwindigkeitskategorie (G4)

Set 04: 87 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder

6.2. Der Rotationszeitpunkt während der Kippbewegung

Der Rotationszeitpunkt der Keule wurde ebenfalls variiert. Der Zeitpunkt der Rotation wurde in Zusammenhang mit der gleichzeitig dargebotenen Kippbewegung der Keule betrachtet. Die gesamte Strecke der Kippbewegung um 180 Grad wurde gedrittelt. Somit ergaben sich für den Zeitpunkt der Rotation folgende sechs Teilabschnitte innerhalb der Kippbewegung:

- 0 – 60 Grad;
- 0 – 120 Grad;
- 0 – 180 Grad;
- 60 – 120 Grad;
- 60 – 180 Grad;
- 120 – 180 Grad (Abbildung 04);

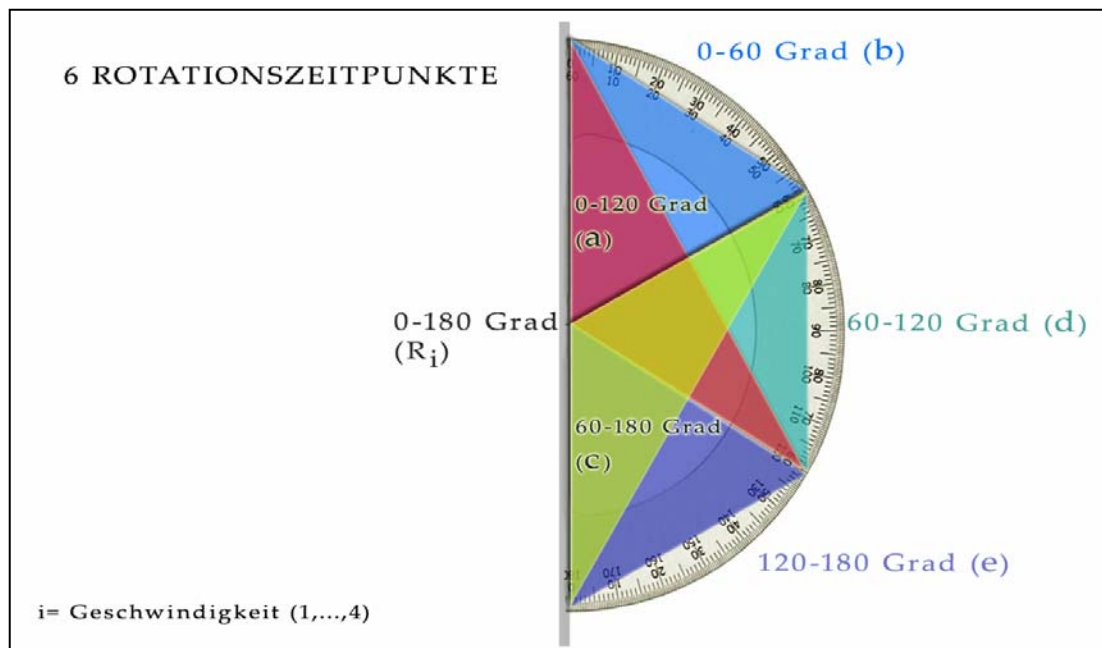


Abb. 04 Die 6 Rotationszeitpunkte innerhalb der Kippbewegung

Übertragen auf die einzelnen Bildersets ergaben sich folgende Bewegungskategorien: (Tabelle 04) (s. Anhang 20.2)

Tab. 04: Die Bewegungskategorien innerhalb einer Geschwindigkeitskategorie

Set 01: 175 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 0 Grad	
Set 01a: 175 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 120 Grad		Rotationszeitpunkt 120 – 0 Grad	
Set 01b: 175 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 60 Grad		Rotationszeitpunkt 60 – 0 Grad	
Set 01c: 175 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 60 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 60 Grad	
Set 01d: 175 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 60 – 120 Grad		Rotationszeitpunkt 120 – 60 Grad	
Set 01e: 175 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 120 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 120 Grad	

6.3. Die Rotationsgeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit der Rotation wurde in Bezug zur Geschwindigkeit der Kippbewegung betrachtet. Durch die Reduktion der Bilderanzahl pro Bilderset ergab sich auch bei der Rotation ein Anstieg der Geschwindigkeit. Auf die oben dargestellten sechs Rotationszeitpunkte aufgeteilt ergaben sich folgende drei Geschwindigkeitskategorien:

- Die Rotationsgeschwindigkeit konnte mit der Geschwindigkeit der Kippbewegung gleichgesetzt werden, da sich die Rotation über die gesamte Bewegungsphase erstreckte.
- Die Rotationsgeschwindigkeit betrug das 1,5 fache der Kippgeschwindigkeit (Set _a, Set _c).
- Die Rotationsgeschwindigkeit betrug das Dreifache der Kippgeschwindigkeit (Set _b, Set _d, Set _e).

Diese Geschwindigkeitsverhältnisse wurden für die Rotationsbewegung auch ohne Kippbewegung betrachtet, um den Einfluss der Kippbewegung auf die Wahrnehmung der Rotation zu erfassen.

Die Rotation als auch die Kippbewegung der Keule sind kreisförmige Bewegungen. Da hier keine Beschleunigung vorlag konnten sie als gleichförmige Kreisbewegungen mit konstanter Winkelgeschwindigkeit $\omega = d\phi/dt$ (Fercher, 1992) betrachtet werden. Die Bilderrate betrug 25 Bilder pro Sekunde. Die Bewegung um 180° des ersten Bildersets wurde auf 50 Bilder aufgeteilt und dauerte somit zwei Sekunden. Die Geschwindigkeit betrug somit $180^\circ/2s \triangleq 90^\circ/s$. Der Formel folgend ergaben sich folgende Rotationsgeschwindigkeiten in Grad pro Sekunde (Tabelle 05):

Tab: 05: Die Rotationsgeschwindigkeiten der Keule

Set01: (Bewegungsphase: 50 Bilder)	
1)	$90^\circ/s$
2) (Set_a, Set_c):	$135^\circ/s$
3) (Set_b, Set_d, Set_e):	$270^\circ/s$

Set02: (Bewegungsphase: 25 Bilder)	
1)	$180^\circ/s$
2) (Set_a, Set_c):	$270^\circ/s$
3) (Set_b, Set_d, Set_e):	$540^\circ/s$

Set03: (Bewegungsphase: 12 Bilder)	
1)	$375^\circ/s$
2) (Set_a, Set_c):	$562.5^\circ/s$
3) (Set_b, Set_d, Set_e):	$1125^\circ/s$

Set04: (Bewegungsphase: 06 Bilder)	
1)	$750^\circ/s$
2) (Set_a, Set_c):	$1125^\circ/s$
3) (Set_b, Set_d, Set_e):	$2250^\circ/s$

6.4. Größe und Form der Keule

Es wurden drei unterschiedlich große Keulen vorgegeben. Die größte Keule hatte ein tatsächliches Ausmaß von 4cm Länge. Das bedeutet, dass das am Computerbildschirm dargestellte Abbild der Keule 4cm groß war. Die relative Größe der Keule war in Relation zur gleichzeitig dargestellten Hand zu betrachten. Die Hand konnte nicht in Originalgröße abgebildet werden, da das den ganzen Bildschirm beansprucht hätte. Die Reduktion erfolgte um ein 5- Faches. Somit betrug die relative Größe der größten Keule 20cm. Die Ausmaße der mittelgroßen Keule waren 2cm bzw. 10cm und die der kleinsten Keule 1.3cm bzw. 6.6cm.

Die Form der Keule wurde dermaßen geändert, dass die Keule durch andere Objekte (Kugelschreiber, Zigarettenschachtel) ersetzt wurde (Abbildung 05).

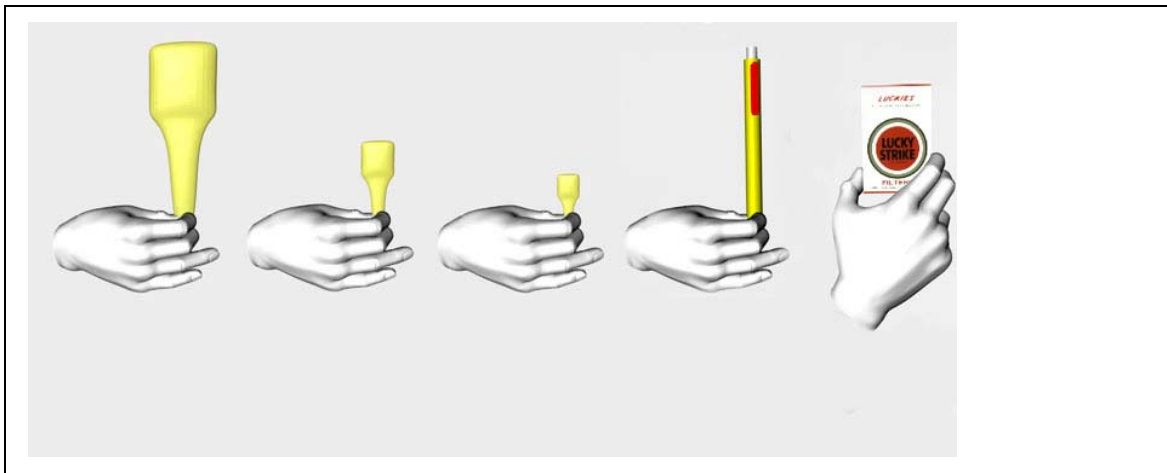


Abbildung 05: Die bei der Testung vorgegebenen Objekte

7. Versuchsablauf- Pretest

Den Versuchspersonen wurden drei verschiedene Bewegungsformen durch kleine Bilder und Animationen vor Testbeginn am Computer erläutert (Anhang 20.2). Abbildung 06 zeigt schematisch die Bewegungen, die zur Auswahl standen.

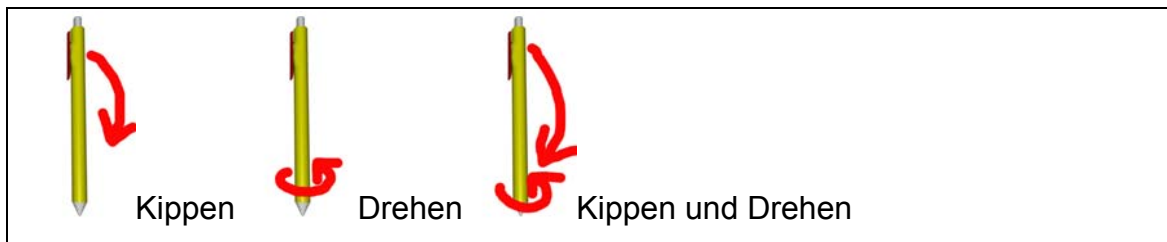


Abb. 06: Diese Bewegungen wurden am Computer vorgezeigt und erklärt.

Der Fragebogen wurde mit dem HTML- Editor „Phase 5“ erstellt. Die einzelnen Filmsequenzen wurden aus dem „.avi“- Format mittels eines „Format- Converters“ in das HTML- kompatible „.swf“- Format übertragen. Die Steuerung der einzelnen Filmsequenzen bzw. der Austausch der Sequenzen nach jeder Antwort erfolgte JavaScript gesteuert. Als wiedergebendes Medium wurde der „shockwave Flashplayer“ gewählt.

Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, die dargebotenen Bildersets diesen drei Bewegungskategorien zuzuordnen, indem sie die Frage beantworteten: „Wurde das Objekt gedreht, gekippt oder beides?“. Die Testung erfolgte am Computer (FSC, Amilo 1650G). Die entsprechenden Abbildungen sind zur Veranschaulichung im Anhang 20.2 abgebildet.

Wie oben bereits erwähnt wurden die Bewegungsfolgen in Geschwindigkeit, Bewegung, Form und Größe des Objektes variiert.

Es war für jede Bewegungskategorie ein Button zum Anklicken vorhanden. Zusätzlich befand sich ein Wiederholungsknopf in der Mitte der Seite, um den Durchgang des aktuellen Videos zu wiederholen. Die Wiederholungsfunktion war auf zweimal limitiert und ermöglichte erst dann die Antwort: „Ich weiß es

nicht“. Ebenso war die Möglichkeit „keine Bewegung“ als Knopf zum Anklicken vorhanden (s. Anhang 20.2).

Die Anzahl der Items belief sich auf 190. Bei einer durchschnittlichen Bearbeitungszeit von 5 Sekunden pro Item wurde die Dauer der Testung auf 16 Minuten pro Versuchsperson festgelegt.

Die verschiedenen Bewegungsfolgen wurden allen Vpn in randomisierter Form vorgegeben, um „Geschwindigkeits-Gewöhnungs-Effekte“ (Sokolov, Pavlova & Baird, 2002; Sokolov, Pavlova & Ehrenstein, 2000) zu vermeiden. Die Lichtverhältnisse wurden konstant hell gehalten und es wurde immer derselbe Computer und Bildschirm verwendet.

Um eine eventuell bestehende Beeinträchtigung der Sehkraft der Versuchspersonen im Vorfeld ausschließen zu können und um die Sehkraft während der Testung vergleichbar zu machen, wurde vor Beginn der Testung die Frage gestellt, ob eine Sehhilfe (Brille oder Kontaktlinsen) benötigt wird. Die Sehkraft der Vpn wurde weiters mittels einer Sehprobentafel ermittelt (Anhang 20.3) und bei einer Sehkraft unter 90% des regulären Visus wurden die Vpn noch vor der Testung ausgesiekt. Somit konnte bei der Untersuchung der Anspruch erhoben werden, nur Personen mit normalem oder korrigiertem Visus verwendet zu haben.

8. Auswertung- Pretest

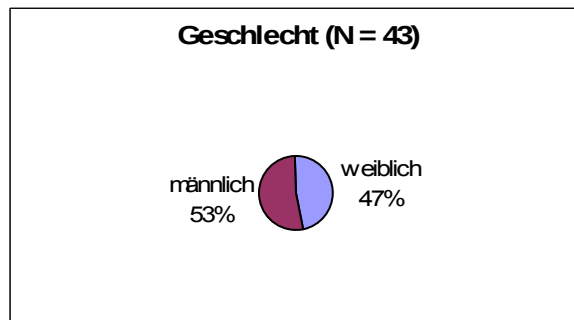


Abbildung 07: Verteilung der Vpn nach Geschlecht

Es nahmen 43 Personen an der Untersuchung teil. Davon waren 23 männliche und 20 weibliche Versuchspersonen (Abb. 07). Das Bildungsniveau war sehr heterogen gestaltet und die Altersverteilung der

Probanden reichte von 20 bis 61 Jahren, wobei sich der Mittelwert bei 32,9 und der Median bei 31 Jahren befand (Abbildung 08).

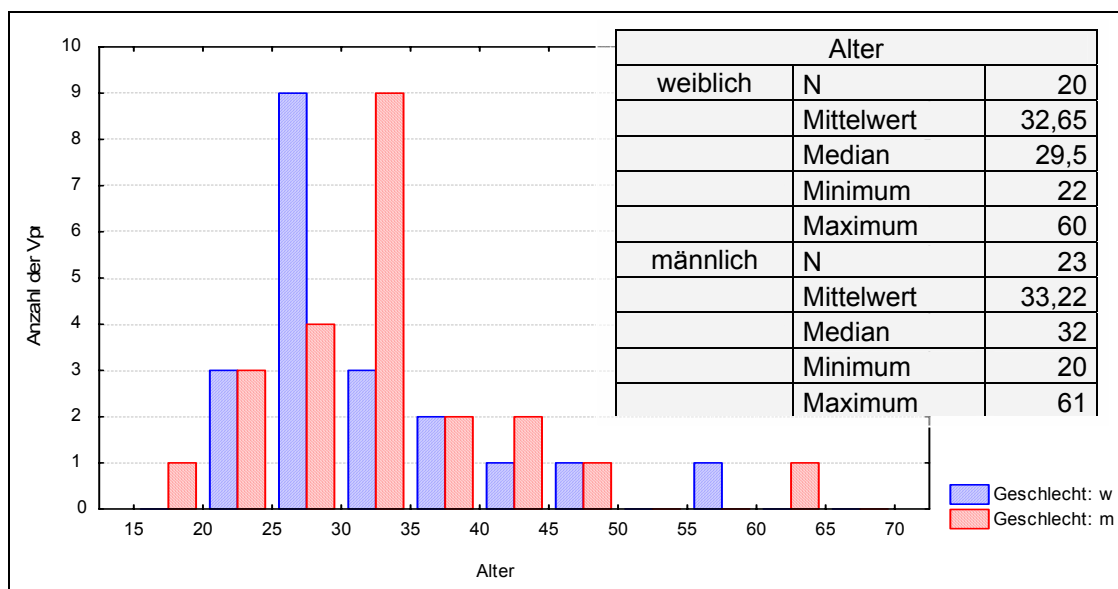


Abbildung 08: Altersverteilung der Vpn nach Geschlecht

Überprüft wurden die Verständlichkeit der Instruktionen zu Beginn der Testung, die Handhabbarkeit des Testprozedere, die Zumutbarkeit und die Konstruktion der Itemkategorien.

8.1. Verständlichkeit

Die Verständlichkeit der Instruktionen zu Beginn der Untersuchung wurde über Kommentare der Testpersonen und durch Verhaltensbeobachtung während der Testung erhoben. Es stellte sich heraus, dass die Instruktionen leicht zu verstehen waren, wenn sie gelesen wurden. Da das nicht immer der Fall war, bestand die Notwendigkeit, für die Hauptuntersuchung eine Aufforderung zum sorgfältigen Lesen einzufügen. Ebenso wurden einzelne Formulierungen der Instruktionen vereinfacht, verkürzt und verändert um maximales Verstehen in der Hauptuntersuchung zu ermöglichen.

8.2. Handhabbarkeit

Die Handhabbarkeit des Tests erwies sich für die Vpn als sehr einfach und praktisch. Alle Probanden konnten je nach persönlicher Präferenz mit der Maus oder mit dem Touchpad (berührungsempfindliche Fläche unterhalb der Tastatur) direkt am Computer die Fragen beantworten. Es wurden keine Probleme beobachtet oder rückgemeldet.

Die Verwendung des Wiederholungsknopfes wurde hauptsächlich bei höheren Geschwindigkeiten beobachtet. Durch das Wiederholen konnten viele Items richtig gelöst werden. Der Wiederholungsknopf wurde aus diesem Grund für die Hauptuntersuchung entfernt.

Es wurden 190 Items vorgegeben. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit belief sich auf ca. 20 Minuten, also etwas länger als im Vorfeld angenommen. Es konnten keine Schädigungen der Testpersonen während und nach der Testung beobachtet werden. Das Testverfahren in dieser Form wurde durchwegs als interessant und spannend beschrieben und forderte einen hohen Grad an Konzentration.

8.3. Konstruktion der Itemkategorien

Die Geschwindigkeitskategorien waren insgesamt zu langsam. Von 190 Items konnte bei 114 Items eine Varianz von 0 beobachtet werden. Diese Items wurden für die Hauptuntersuchung teilweise ausselektiert.

Von den 190 vorgegebenen Items stellten 120 Items die kombinierte Kipp- und Drehbewegung dar. Die drei ursprünglichen Antwortmöglichkeiten „drehen“, „kippen“ und „beides“ wurden für die folgenden Auswertungen dichotomisiert. „Drehen“ und „kippen“ sind folglich als „nicht gelöst“ und „beides“ als „gelöst“ gekennzeichnet, da nur die Antwort „beides“ in diesem Fall der vorgegebenen Bewegung entspricht. Die Lösungshäufigkeit dieser Items zeigt Abbildung 09.

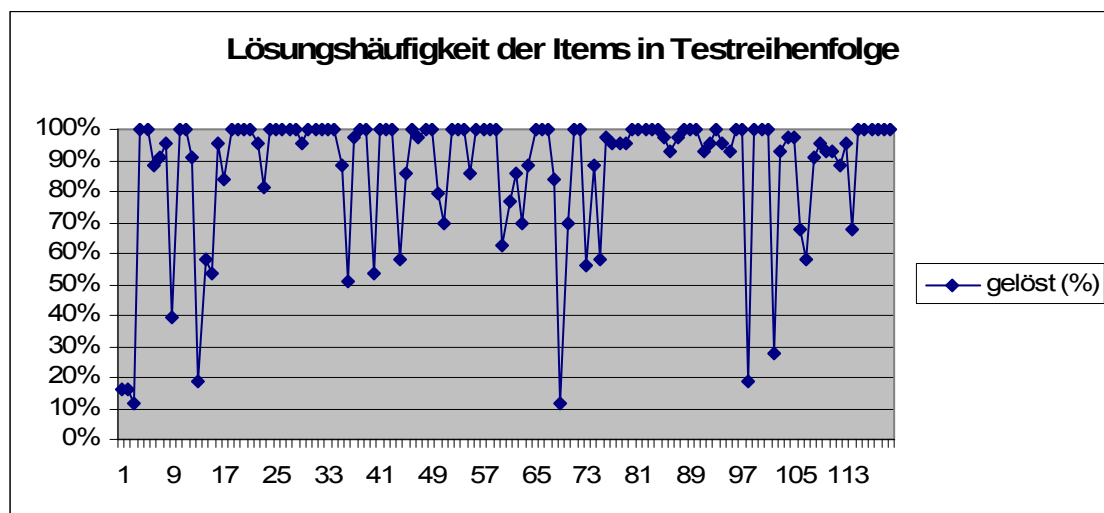


Abb 09: Die Lösungshäufigkeit aller 120 Items in der Testreihenfolge

Aus Abbildung 09 ist ersichtlich, dass die Lösungshäufigkeiten über die gesamte Testdauer variieren. Ein Absinken oder Ansteigen der Kurven, das auf einen systematischen Lerneffekt hindeuten würde, ist nicht zu erkennen. Auffallend sind die drei Items zu Beginn der Testung deren Lösungs-wahrscheinlichkeit auffallend gering ist. Diese wurden von mehr als 80% der Vpn (83.7%, 83.7% und 88.4%) nicht gelöst.

Das erste Item zeigt in dieser Testserie das Objekt „Kugelschreiber“ in der zweit- niedrigsten Geschwindigkeit (G2) mit spätem Rotationszeitpunkt (R2d).

Bei genauerer Betrachtung (Abb. 10) erscheint dieser Datenpunkt als Ausreißer.

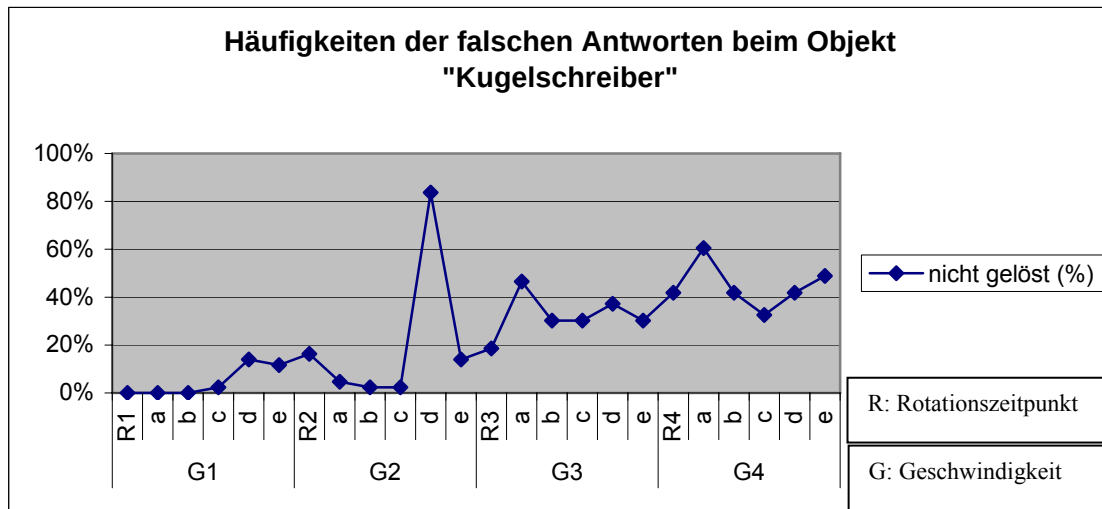


Abb. 10: Die Lösungshäufigkeiten (%) der Items „Kugelschreiber“ in allen Geschwindigkeitskategorien (G1 – G4) und Rotationszeitpunkten (R1 – R4).

Ein kontinuierlicher Anstieg der falschen Antworten ist hier zu erkennen. Der Punkt G2R2d zeigt eine sehr hohe Ausprägung (Tabelle 06), die von dem übrigen Verlauf der Kurve abweicht und äußerst signifikant ist ($\chi^2(1; N = 43) = 19.558, p=.000$).

Tabelle 06: Geschwindigkeit G1 und G2 des Kugelschreibers und Rotationszeitpunkte R1 – R2; Lösungshäufigkeiten und Chi- Quadrat (N = 43), $\alpha = .05$

	G1					
	R1	a	b	c	d	e
nicht gelöst (%)	0	0	0	2,3	14,0	11,6
gelöst (%)	100	100	100	97,7	86,0	88,4
Chi-Quadrat				39,093	22,349	25,326
df				1	1	1
Asymptotische Signifikanz				0,000	0,000	0,000
	G2					
	R2	a	b	c	d	e
nicht gelöst (%)	16,3	4,7	2,3	2,3	83,7	14,0
gelöst (%)	83,7	95,3	97,7	97,7	16,3	86,0
Chi-Quadrat	19,558	35,372	39,093	39,093	19,558	22,349
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Bei dem Item G4R4a (Tabelle 07) sinkt ebenfalls die Lösungshäufigkeit unter 40%. Das lässt vermuten, dass die Rotationsbewegung bei dieser Kipp- und Dreh- Geschwindigkeit, zu diesem Rotationszeitpunkt (R4a) schwächer wahrgenommen wird. Der Unterschied ist allerdings nicht signifikant ($\chi^2(1; N = 43) = 1.884, p=.170$).

Tabelle 07: Geschwindigkeit G3 und G4 des Kugelschreibers und Rotationszeitpunkte R3 – R4; Lösungshäufigkeiten und Chi- Quadrat (N = 43)

	G3					
	R3	a	b	c	d	e
nicht gelöst (%)	18,6	46,5	30,2	30,2	37,2	30,2
gelöst (%)	81,4	53,5	69,8	69,8	62,8	69,8
Chi-Quadrat	16,953	0,209	6,721	6,721	2,814	6,721
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0,000	0,647	0,010	0,010	0,093	0,010
	G4					
	R4	a	b	c	d	e
nicht gelöst (%)	41,9	60,5	41,9	32,6	41,9	48,8
gelöst (%)	58,1	39,5	58,1	67,4	58,1	51,2
Chi-Quadrat	1,140	1,884	1,140	5,233	1,140	0,023
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0,286	0,170	0,286	0,022	0,286	0,879

Die Items in der vierten Geschwindigkeitskategorie (G4) können von den Vpn nicht signifikant häufiger der tatsächlich vorgegebenen Bewegung zugeordnet werden. Die einzige Ausnahme bildet das Item G4R4c. In der dritten Geschwindigkeit (G3) sind nur mehr zwei Items nicht signifikant richtig gelöst. Um den Unterschied zwischen G3 und G4 zu verringern wurde für die Hauptuntersuchung eine Geschwindigkeit dazwischen erstellt. Somit könnten mögliche geschwindigkeitsbezogene Effekte deutlicher in Erscheinung treten.

9. Diskussion der Voruntersuchung

In der Hauptuntersuchung galt es zu untersuchen, ob hier ein Effekt vorliegt, der durch die Kombination von Kippgeschwindigkeit und Rotationszeitpunkt bedingt wurde. Ebenfalls zu berücksichtigen war die Tatsache, dass das Item G2R2d das erste in einer langen Testserie war. Ein Positionseffekt war nicht auszuschließen. Aus diesem Grund wurden für die Hauptuntersuchung fünf Anfangs-Items konstruiert, die nicht in die Auswertung aufgenommen wurden.

Durch die Kommentare der Versuchspersonen während der Testung stellte sich sehr bald heraus, dass das Beantworten schwieriger Items mehr durch logisches Denken erfolgte als durch die Beurteilung des tatsächlich Gesehenen. So wurde beim Kugelschreiber die Position des roten Rechtecks beobachtet (Abb. 11 a). Ist es am Ende der Bewegung verschwunden, nahmen die Versuchspersonen an, dass sich der Kugelschreiber gedreht hat. Die Bewegung wurde nicht gesehen, aber trotzdem konnte das Item richtig beantwortet werden. Um diesen Effekt in der Hauptuntersuchung zu vermeiden, wurde ein neuer Kugelschreiber konstruiert. Dieser Kugelschreiber hatte vorne und hinten ein rotes Rechteck. Die neue Form des Kugelschreibers unterschied sich sonst nicht von dem ursprünglichen Kugelschreiber (Abb. 11 b).

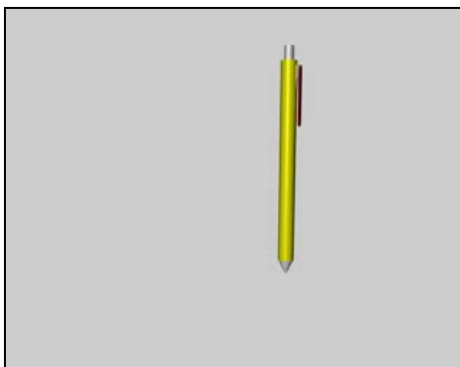


Abb. 11 a

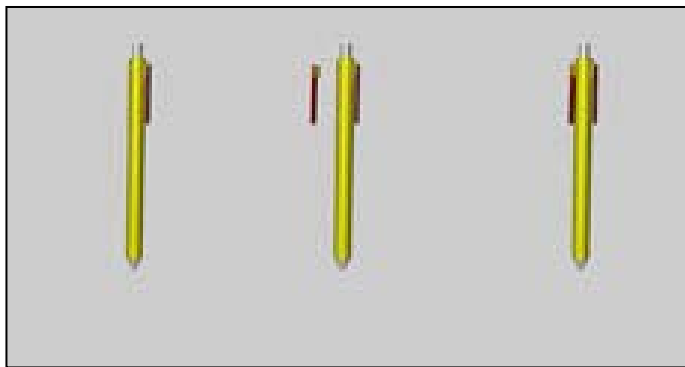


Abb. 11 b

Der Kugelschreiber in seiner ursprünglichen Form (a) und die Modifikation des Kugelschreibers (b)

In der Hauptuntersuchung wurden die neuen fünf Anfangs- Items einerseits dazu verwendet, um die Versuchspersonen an das Testverfahren zu gewöhnen und Anfangseffekte zu vermeiden. Andererseits dienten diese Items dem Zweck, den „neuen“ Kugelschreiber in langsamer Geschwindigkeit zu präsentieren. Somit lernten die Probanden das durchaus neue und ungewöhnliche Objekt von allen Seiten kennen und konnten im weiteren Verlauf der Testung keine Rückschlüsse mehr aufgrund der einseitigen Markierung des Kugelschreibers ziehen.

10. Hauptuntersuchung

10.1. Versuchsdesign

Für die Hauptuntersuchung wurde derselbe Computer (FSC, Amilo 1650G) verwendet wie für die Voruntersuchung. Das Prozedere blieb annähernd unverändert (s. Anhang 20.2). Es wurden die Instruktionen zu Beginn der Testung verändert und vereinfacht, um ein maximales Verständnis zu gewährleisten und um Zwischenfragen zu vermeiden. Als Antwortmöglichkeit wurde der Wiederholungsknopf entfernt um diese Verfälschung der Ergebnisse zu vermeiden. Dafür wurden fünf Anfangs- Items konstruiert um den Einstieg in das Test- Prozedere zu erleichtern und um Anfangs- Effekte zu vermeiden. Ebenso wurde der Kugelschreiber wie oben erwähnt (s. Abb. 11) verändert und vorgegeben.

Die Geschwindigkeitskategorien wurden der Leistung aus der Voruntersuchung angepasst. Es wurde die langsamste Geschwindigkeit (90°/s) entfernt, da die Ergebnisse aus der Voruntersuchung darauf hinweisen, dass hier kein Effekt zu erwarten ist.

Dafür wurde eine weitere Geschwindigkeitskategorie eingeführt, die zwischen 375°/s und 750°/s liegt und 500°/s beträgt (Abbildung 12).

- Geschwindigkeit 1 (G1): 90°/s (50 Bilder)
- Geschwindigkeit 1 (G1): 180°/s (25 Bilder)
- Geschwindigkeit 2 (G2): 375°/s (12 Bilder)
- Geschwindigkeit 3 (G3): 500°/s (09 Bilder)
- Geschwindigkeit 4 (G4): 750°/s (06 Bilder)

Abb. 12: Die 4 Geschwindigkeitskategorien der Hauptuntersuchung. In Klammer die in der Animation verwendete Bilderanzahl um die Bewegung bei einer Bilderrate von 25 Bildern pro Sekunde darzustellen. Grau unterlegt ist die ausselektierte Geschwindigkeitskategorie;

10.2. Hypothesengenerierung

Die Funktion des Zaubertricks soll untersucht werden. Operationalisiert wird der Erfolg bzw. Misserfolg anhand der Wahrnehmung der Rotation innerhalb der Kippbewegung.

- AV : Rotation wurde gesehen ja/nein
 - UV1: Objektgröße
 - UV2: Objektform
 - UV3: Rotationszeitpunkt
 - UV4: Geschwindigkeit
-
- Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Objektgröße und der Wahrnehmung der Rotation
 - Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Form des Objektes und der Wahrnehmung der Rotation
 - Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Rotationszeitpunkt und der Wahrnehmung der Rotation
 - Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und der Wahrnehmung der Rotation

11. Auswertung der Hauptuntersuchung

Für die Hauptuntersuchung wurde dasselbe Prozedere verwendet wie für die Voruntersuchung. Die Instruktionen wurden vereinfacht und die Änderungen aufgrund der Voruntersuchung berücksichtigt.

11.1. Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 191 Versuchspersonen teil. Das sind jene, deren Visus nach einer Überprüfung mittels Sehtafel über 90% lag. Von diesen 191 Versuchspersonen mussten für die Auswertung 19 Personen ausselektiert werden, da ihr Antwortverhalten den vorgegebenen Items widersprach. Überprüft wurde die ernsthafte Bearbeitung der Items mittels zwölf Kontroll- Items, die ein Objekt in langsam rotierender Bewegung zeigten. Wenn von diesen zwölf Kontroll- Items mehr als vier nicht gelöst wurden, konnte für die Auswertung kein ernsthaftes Ergebnis erwartet werden und somit mussten die Daten der Vpn von der Auswertung ausgeschlossen werden.

Somit umfasste die Stichprobe der Hauptuntersuchung 172 Versuchspersonen. Männliche und weibliche Versuchspersonen sind gleichmäßig verteilt und zeigen mit 88 bzw. 84 Personen je Geschlecht eine Gleichverteilung (s. Abb. 13).

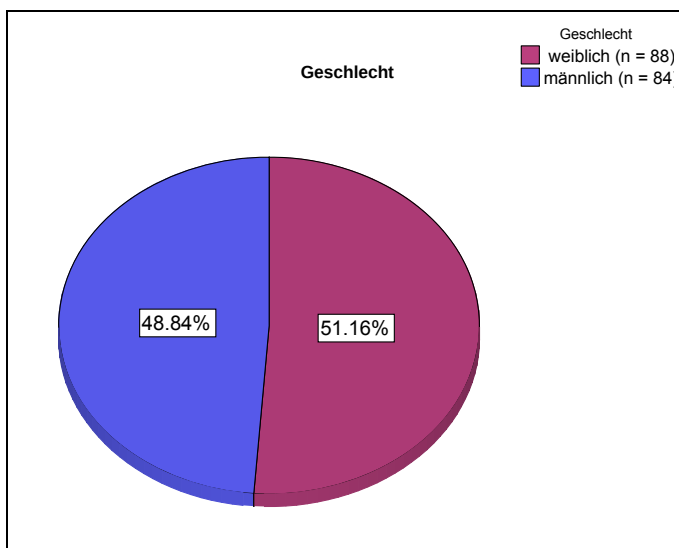


Abb. 13: Verteilung der Vpn nach Geschlecht

Das Alter der Versuchspersonen reicht von 19 bis 62 Jahren wobei der Median bei 28.0 und der Mittelwert bei 29.6 Jahren liegt (s. Abb. 14 und Tabelle 08)

Tabelle 08: Altersverteilung

Alter	
N	172
Mittelwert	29.60
Median	28.00
Minimum	19
Maximum	62

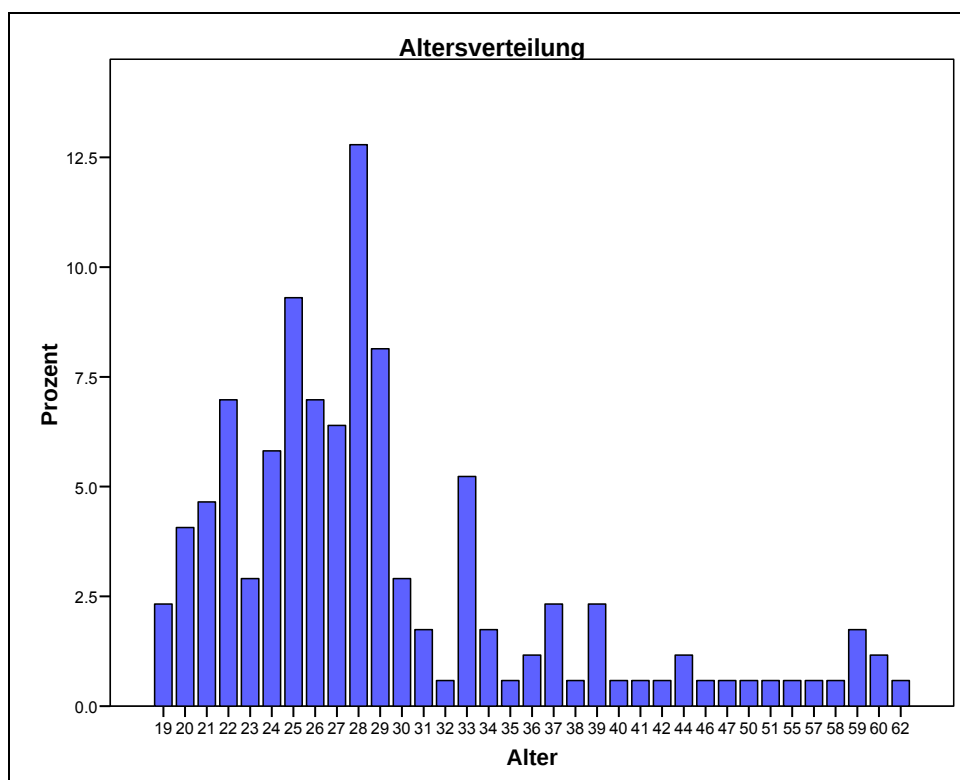


Abb. 14: Altersverteilung der 172 Vpn

In Abbildung 14 ist zu erkennen, dass das Alter der Vpn eine linksschiefe Verteilung aufweist. Von einer Gleichverteilung ist in diesem Fall eher abzusehen, da auch der Median mit 28.0 Jahren um zirka 10 Jahre niedriger ist, als zu erwarten gewesen wäre. Diese Altersverteilung spiegelt sich auch im Bildungsniveau der Stichprobe wieder.

Das Bildungsniveau ist eher einseitig mit 51.16% der Vpn mit Maturaabschluss. 25% absolvierten ein Universitätsstudium und 10.47% eine Fachhochschule. Der Rest der Vpn teilt sich gleichermaßen auf Akademie und Fachschule auf (je 4.07%) und auf Lehrabschluss (2.9%) und Hauptschulabschluss (Abbildung 15 und Tabelle 09).

Tabelle 09: Bildungsniveau

Bildung		
	Häufigkeit	Prozent
Hauptschule	4	2.3
Lehre	5	2.9
Fachschule	7	4.1
Matura	88	51.2
Akademie	7	4.1
FH Diplom	18	10.5
Universität	43	25.0
Gesamt	172	100.0

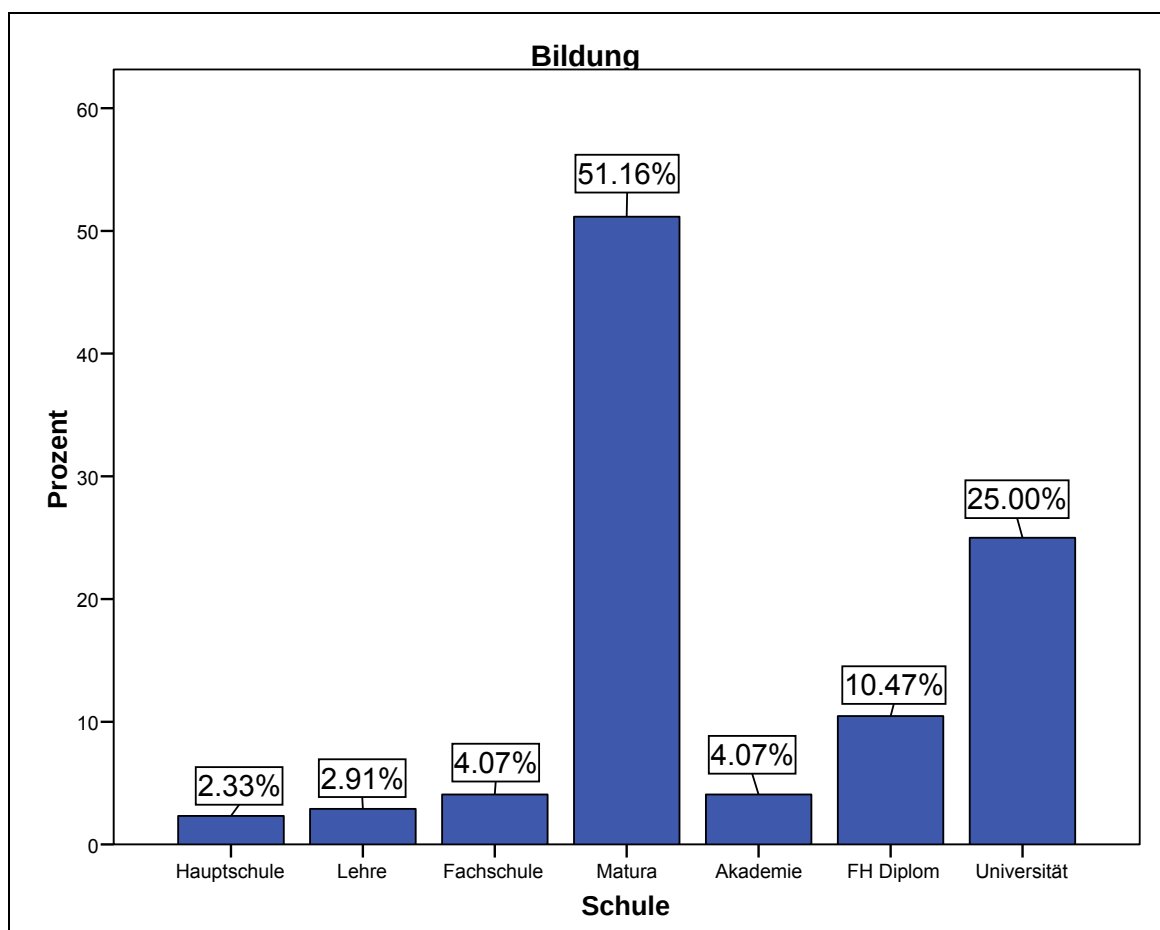


Abb. 15: Bildungsniveau der 172 Vpn

Geschlechtsunterschiede in Bezug auf das Bildungsniveau können ausgeschlossen werden (Abbildung 16)

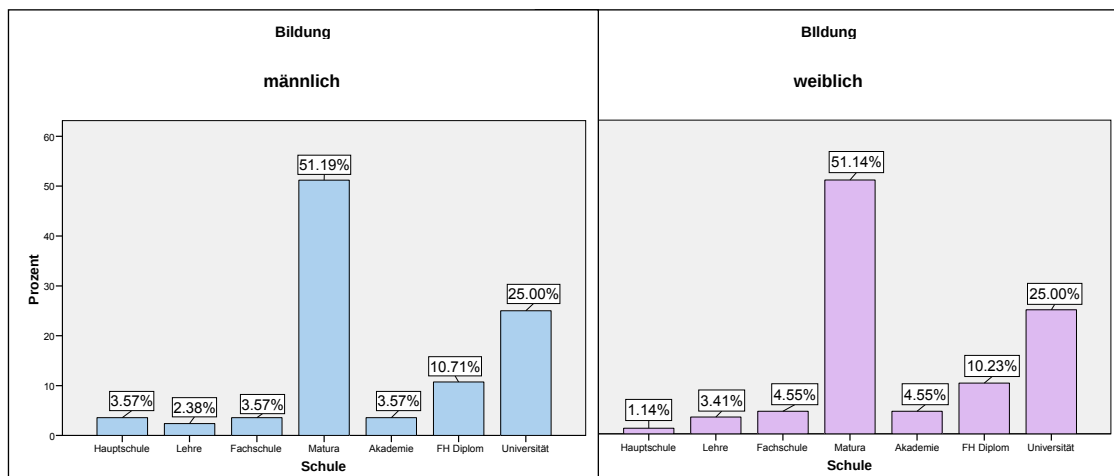


Abb. 16: Bildungsniveau männlicher und weiblicher Vpn

Sowohl das Alter als auch das Bildungsniveau der Versuchspersonen erklärt sich dadurch, dass sich die Hauptanzahl der Vpn aus Studenten der Universität Wien zusammensetzt. Eine mögliche Beeinflussung der Ergebnisse aufgrund dieser Verteilung kann im Vorfeld nicht ausgeschlossen werden. Jedoch finden sich in der Literatur keine Hinweise dafür.

11.2. Auswertung

Tabelle 10 zeigt alle relevanten Items im Überblick.

Tabelle 10: 120 Items der Testserie zeigten die kombinierte Kipp- und Drehbewegung

4 Geschwindigkeiten (G1 – G4)	
6 Rotationszeitpunkte (R1 – R6)	
5 Objekte	
Summe	120 Items

Die Kipp- und Drehbewegung wurde auch isoliert vorgegeben, jedoch zeigte sich hier schon in der Voruntersuchung kein Effekt. Sowohl das Kippen als auch das Drehen konnte richtig zugeordnet werden. Erst die Kombination dieser Bewegungen führt zu einer Fehleinschätzung bezüglich der Beschaffenheit der Bewegung.

Im Folgenden sollen also die 120 Items betrachtet werden, die den Zaubertrick in verschiedenen Varianten darstellen. Für die Auswertung wurden diese Items dichotomisiert. Die Antwortmöglichkeit „beides“ stand während der Testung für die Bewegungskombination „drehen und kippen“. Da diese Bewegungskombination von allen 120 Items dargestellt wurde, wird „beides“ durch „gelöst“ ersetzt. Die Antwortmöglichkeiten „kippen“ und „drehen“ folglich mit „nicht gelöst“.

Abbildung 17 zeigt die Lösungshäufigkeit aller 120 Items in der Testreihenfolge.

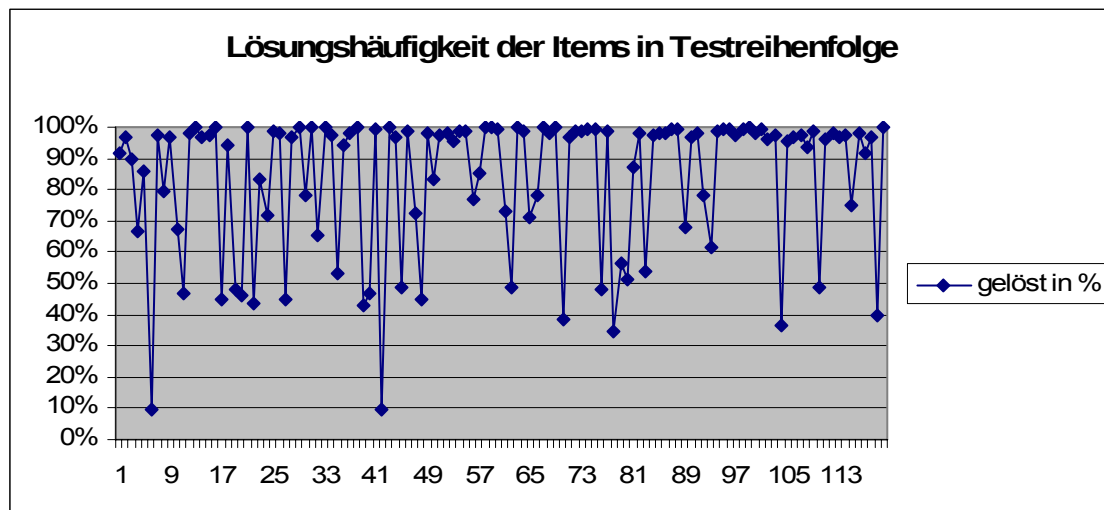


Abb. 17: Lösungshäufigkeit aller Items

Durch die Anfangs-items konnte der Starteffekt vermieden werden. Es zeigt sich ein sehr heterogenes Bild, das auf keine signifikanten Lerneffekte schließen lässt, obwohl ein gewisser Lerneffekt bei einer Serie von 120 Items zu erwarten ist.

Im Folgenden sollen anhand der einzelnen Objekte signifikante Unterschiede innerhalb des Antwortverhaltens der Versuchspersonen dargestellt werden. Die Hypothesenprüfung erfolgt im Anschluss daran mittels Linear- Logistischem – Test- Modell.

11.3. Die Wendekeule

11.3.1. Die große Keule (20 cm)

Die Form der Keule wurde so gewählt, dass sie dem ursprünglichen Utensil, das für diesen Zaubertrick verwendet wird, ähnlich ist. Die Ausmaße der Keule wurden variiert, um den Einfluss der Größe des Objektes auf die Bewegungswahrnehmung darzustellen. Die genaue Beschreibung der Größenreduktion findet sich in Kapitel 6.4. genau beschrieben.

Abbildung 18 zeigt die Lösungshäufigkeiten der großen Keule.

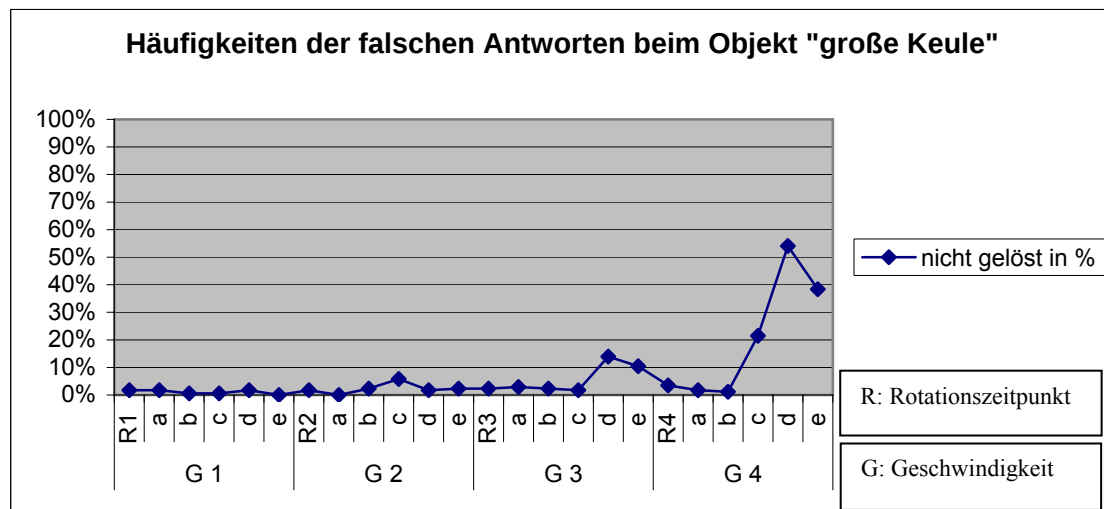


Abb. 18: Die Große Keule (20 cm) über vier Geschwindigkeiten mit allen Rotationszeitpunkten

In Abbildung 18 ist deutlich zu sehen, dass die Geschwindigkeit der Bewegung einen erheblichen Einfluss auf das Antwortverhalten der Vpn hat. Die Geschwindigkeitskategorien 1 bis 3 zeigen keinen merklichen Unterschied und alle Items wurden gelöst (Tabelle 11 a - d).

Tabelle 11 a: Lösungshäufigkeit der großen Keule (20 cm); Kippgeschwindigkeit bei 180°/s (G1), alle Rotationszeitpunkte (R1 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 1 (180°/s)					
	R1 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	1.7	1.7	0.6	0.6	1.7	0.0
gelöst in %	98.3	98.3	99.4	99.4	98.3	100.0
Chi-Quadrat	160.209	160.209	168.023	168.023	160.209	
df	1	1	1	1	1	
Asymptotische Signifikanz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Tabelle 11 b: Lösungshäufigkeit der großen Keule (20 cm); Kippgeschwindigkeit bei 375°/s (G2), alle Rotationszeitpunkte (R2 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 2 (375°/s)					
	R2 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	1.7	0.0	2.3	5.8	1.7	2.3
gelöst in %	98.3	100.0	97.7	94.2	98.3	97.7
Chi-Quadrat	160.209		156.372	134.326	160.209	156.372
df	1		1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000

Tabelle 11 c: Lösungshäufigkeit der großen Keule (20 cm); Kippgeschwindigkeit bei 500°/s (G3), alle Rotationszeitpunkte (R3 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 3 (500°/s)					
	R3 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	2.3	2.9	2.3	1.7	14.0	10.5
gelöst in %	97.7	97.1	97.7	98.3	86.0	89.5
Chi-Quadrat	156.372	152.581	156.372	160.209	89.395	107.535
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabelle 11 d: Lösungshäufigkeit der großen Keule (20 cm); Kippgeschwindigkeit bei 750°/s (G4), alle Rotationszeitpunkte (R4 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 4 (750°/s)					
	R4 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	3.5	1.7	1.2	21.5	54.1	38.4
gelöst in %	96.5	98.3	98.8	78.5	45.9	61.6
Chi-Quadrat	148.837	160.209	164.093	55.837	1.140	9.302
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.286	0.002

Es zeigt sich hier nur ein Item, welches nicht eindeutig gelöst werden konnte. Das Item G4R4d (Tabelle 11 d). Die Winkelgeschwindigkeit der Kippbewegung beträgt hier 750°/s, der Rotationszeitpunkt liegt zwischen 60° und 120° von der Kippbewegung und die Rotationsgeschwindigkeit beträgt 2250°/s.

11.3.2. Die mittelgroße Keule (10 cm)

Die mittelgroße Keule entspricht in der Form genau der großen Keule. Die Ausmaße wurden allerdings reduziert, sodass die Größe nur mehr 10 cm beträgt. Abbildung 19 zeigt die Lösungshäufigkeit für diese Items.

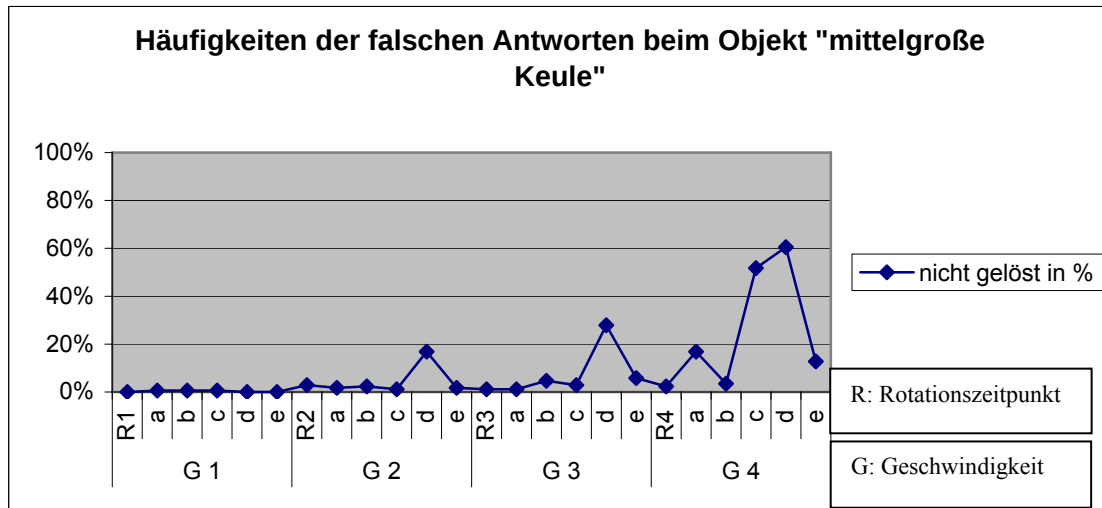


Abb. 19: Die mittelgroße Keule über vier Geschwindigkeiten mit allen Rotationszeitpunkten

Auch hier zeigt sich, wie schon bei der großen Keule, ein deutlicher Einfluss der Kippgeschwindigkeit (G1-G4) auf die Bewegungswahrnehmung. Die erste Geschwindigkeitskategorie konnte von fast allen Versuchspersonen gelöst werden. Die Geschwindigkeiten 2 bis 4 zeigen ein Ansteigen der falschen Antworten (Tabelle 12 a-d).

Tabelle 12 a: Lösungshäufigkeit der mittelgroßen Keule (10 cm); Kippgeschwindigkeit bei 180°/s (G1), alle Rotationszeitpunkte (R1 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 1 (180°/s)					
	R1 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	0.0	0.6	0.6	0.6	0.0	0.0
gelöst in %	100.0	99.4	99.4	99.4	100.0	100.0
Chi-Quadrat(a)		168.023	168.023	168.023		
df		1	1	1		
Asymptotische Signifikanz		0.000	0.000	0.000		

Tabelle 12 b: Lösungshäufigkeit der mittelgroßen Keule (10 cm); Kippgeschwindigkeit bei 375°/s (G2), alle Rotationszeitpunkte (R2 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 2 (375°/s)					
	R2 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	2.9	1.7	2.3	1.2	16.9	1.7
gelöst in %	97.1	98.3	97.7	98.8	83.1	98.3
Chi-Quadrat(a)	152.581	160.209	156.372	164.093	75.558	160.209
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabelle 12 c: Lösungshäufigkeit der mittelgroßen Keule (10 cm); Kippgeschwindigkeit bei 500°/s (G3), alle Rotationszeitpunkte (R3 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 3 (500°/s)					
	R3 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	1.2	1.2	4.7	2.9	27.9	5.8
gelöst in %	98.8	98.8	95.3	97.1	72.1	94.2
Chi-Quadrat(a)	164.093	164.093	141.488	152.581	33.581	134.326
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabelle 12 d: Lösungshäufigkeit der mittelgroßen Keule (10 cm); Kippgeschwindigkeit bei 750°/s (G4), alle Rotationszeitpunkte (R4 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 4 (750°/s)					
	R4 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	2.3	16.9	3.5	51.7	60.5	12.8
gelöst in %	97.7	83.1	96.5	48.3	39.5	87.2
Chi-Quadrat(a)	156.372	75.558	148.837	0.209	7.535	95.256
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000	0.000	0.000	0.647	0.006	0.000

Bei der mittelgroßen Keule sind zwei Items auffällig, die beide in der vierten Geschwindigkeitskategorie liegen: Das Item G4R4c und G4R4d (Tabelle 12 d). Beide Items zeigen die Kippbewegung mit einer Winkelgeschwindigkeit von 750°/s. Der Rotationszeitpunkt unterscheidet allerdings diese beiden Items. Das Item G4R4c zeigt die Rotation bei 60° bis 180° von der Kippbewegung und rotiert somit auch langsamer (1125°/s) als das Item G4R4d (2250°/s), das bei 60° bis 120° rotiert.

Das Item G4R4d wurde von 60.5% der Versuchspersonen nicht gelöst. Dieses Ergebnis ist signifikant ($\chi^2(1; N = 172) = 7.535, p=.006$) und deutet darauf hin, dass wenn bei einer Kippgeschwindigkeit von 750°/s die Rotation zwischen 60°

und 120° stattfindet, die Rotation nicht gesehen wird und somit der Zaubertick funktioniert.

11.3.3. Die kleine Keule (6.6 cm)

Die kleine Keule ist das kleinste Objekt dieser Testserie. Es sind hier die größten Effekte zu erwarten, da die räumliche Präsenz dieses Objektes am geringsten ist. Abbildung 20 zeigt die Lösungshäufigkeiten der kleinen Keule.

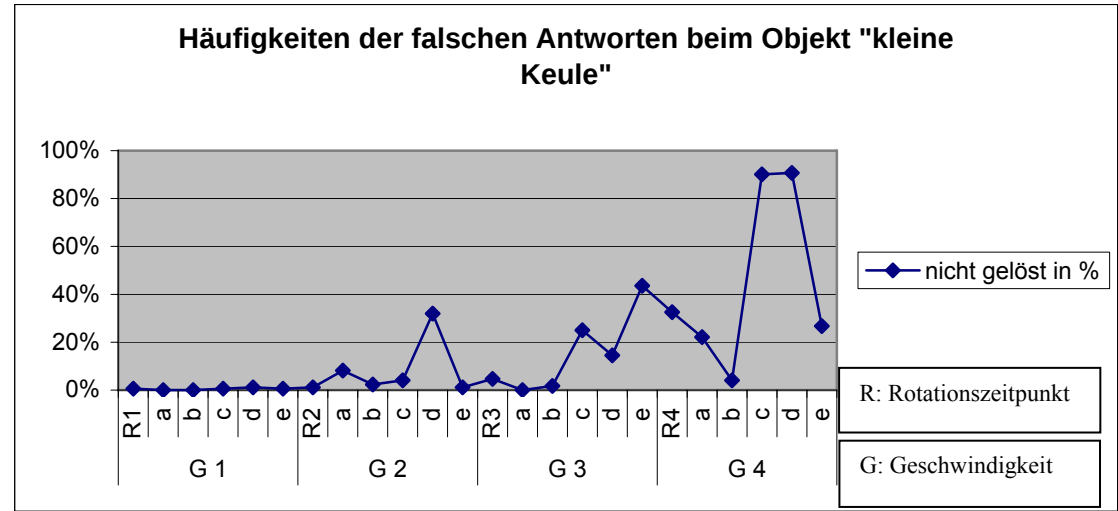


Abb. 20: Die kleine Keule über vier Geschwindigkeiten mit allen Rotationszeitpunkten

Die erste Geschwindigkeitskategorie ist auch hier zu einfach. Allerdings zeigen sich bei diesem Objekt schon ab der dritten Geschwindigkeit (500°/s) mögliche Effekte (Tabelle 13 a-d).

Tabelle 13 a: Lösungshäufigkeit der kleinen Keule (6.6 cm); Kippgeschwindigkeit bei 180°/s (G1), alle Rotationszeitpunkte (R1 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 1 (180°/s)					
	R1 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	0.6	0.0	0.0	0.6	1.2	0.6
gelöst in %	99.4	100.0	100.0	99.4	98.8	99.4
Chi-Quadrat	168.023			168.023	164.093	168.023
df	1			1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000			0.000	0.000	0.000

Tabelle 13 b: Lösungshäufigkeit der kleinen Keule (6.6 cm); Kippgeschwindigkeit 375°/s (G2), alle Rotationszeitpunkte (R2 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 2 (375°/s)					
	R2 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	1.2	8.1	2.3	4.1	32.0	1.2
gelöst in %	98.8	91.9	97.7	95.9	68.0	98.8
Chi-Quadrat	164.093	120.558	156.372	145.140	22.349	164.093
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabelle 13 c: Lösungshäufigkeit der kleinen Keule (6.6 cm); Kippgeschwindigkeit bei 500°/s (G3), alle Rotationszeitpunkte (R3 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 3 (500°/s)					
	R3 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	4.7	0.0	1.7	25.0	14.5	43.6
gelöst in %	95.3	100.0	98.3	75.0	85.5	56.4
Chi-Quadrat	141.488		160.209	43.000	86.535	2.814
df	1		1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000		0.000	0.000	0.000	0.093

Die Winkelgeschwindigkeit der Kippbewegung beträgt in der dritten Geschwindigkeitskategorie 500°/s. Hier zeigt sich, dass bei einer Rotationsgeschwindigkeit von 1500°/s (G3R3e) zwischen 120° und 180° von der Kippbewegung nicht mehr eindeutig differenziert werden kann. Nur mehr 56.4% der Versuchspersonen konnten dieses Item richtig lösen. Da das Ergebnis nicht signifikant ist ($\chi^2(1; N = 172) = 2.814, p=.093$) kann davon ausgegangen werden, dass unter diesen Bedingungen eine eindeutige Lösung des Items nicht möglich war.

Tabelle 13 d: Lösungshäufigkeit der kleinen Keule (6.6 cm); Kippgeschwindigkeit bei 750°/s (G4), alle Rotationszeitpunkte (R4 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 4 (750°/s)					
	R4 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	32.6	22.1	4.1	90.1	90.7	26.7
gelöst in %	67.4	77.9	95.9	9.9	9.3	73.3
Chi-Quadrat	20.930	53.581	145.140	110.721	113.953	37.209
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Wie im Vorfeld angenommen zeigen sich bei diesem Objekt bei einer Kippgeschwindigkeit von 750°/s die größten Effekte. Zwei Items wurden von 90% der Versuchspersonen nicht gelöst. Das Item G4R4c ($\chi^2(1; N = 172) = 110.721, p=.000$) wurde von 90.1% der Vpn nicht gelöst. Hier findet die Rotation zwi-

schen 60° und 180° der Kippbewegung statt und rotiert mit einer Winkelgeschwindigkeit von 1125°/sek. 90.7% der Vpn konnten das Item G4R4d nicht lösen ($\chi^2(1; N = 172) = 113.953, p=.000$). Hier rotiert das Objekt zwischen 60° und 120° von der Kippbewegung mit einer Geschwindigkeit von 2250°/s.

Obwohl die Rotationsgeschwindigkeit der beiden Items unterschiedlich ist, kann von den Versuchspersonen bei dieser Geschwindigkeit nicht nur nicht mehr eindeutig differenziert werden ob eine Rotation stattgefunden hat oder nicht, es wird die Rotation von über 90% der Vpn nicht mehr wahrgenommen. Unter diesen Bedingungen dürfte der Zaubertrick am besten funktionieren.

11.3.4. Die Größe der Keule

Tabelle 14 zeigt eine Übersicht der bisherigen Ergebnisse. Die unterschiedlich großen Keulen weisen Gemeinsamkeiten auf, die auf einen systematischen Effekt hindeuten.

Tabelle 14: Die Items der drei Keulen, die nicht eindeutig oder falsch gelöst wurden im Überblick; Der Rotationszeitpunkt bezieht sich immer auf die gleichzeitig stattfindende Kippbewegung; signifikante Ergebnisse sind rot markiert; Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	Keule (groß)	Keule (mittelgroß)		Keule (klein)		
Rotationsgeschwindigkeit	2250°/s	1125°/s	2250°/s	1500°/s	1125°/s	2250°/s
Rotationszeitpunkt	60°-120°	60°- 180°	60°- 120°	120°- 180°	60°- 180°	60°- 120°
nicht gelöst in %	54.1	51.7	60.5	43.6	90.1	90.7
gelöst in %	45.9	48.3	39.5	56.4	9.9	9.3
Chi-Quadrat	1.140	0.209	7.535	2.814	110.721	113.953
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.286	0.647	0.006	0.093	0.000	0.000

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass, wenn eine Keule von 0° bis 180° gekippt wird und genau zwischen 60° und 120° um 180° um die eigene Achse gedreht wird, dann die Drehbewegung nicht wahrgenommen wird, wenn die Keule maximal 10 cm groß ist und die Drehgeschwindigkeit 2250°/s oder 6.25 U/s

(Umdrehungen pro Sekunde) beträgt. Ist die Keule 6.6 cm groß, tritt derselbe Effekt auf, allerdings auch schon bei einer Drehgeschwindigkeit von $1125^\circ/\text{s}$ bzw. 3.125 U/s.

Die Ergebnisse lassen einen Zusammenhang zwischen Rotationszeitpunkt und Größe der Keule vermuten. Der Zeitpunkt zwischen 60° und 120° zeigt die deutlichsten Ergebnisse bei der kleinen und mittelgroßen Keule in der Weise, dass die Items signifikant öfter nicht gelöst wurden. Bei der großen Keule hingegen kann bei diesem Rotationszeitpunkt von den Versuchspersonen nicht eindeutig differenziert werden, um welche Bewegung es sich handelt.

Zusammenfassend zeigt sich hier, dass unabhängig von der Größe der Keule eine Grundgeschwindigkeit von $750^\circ/\text{s}$ bzw. 2.1 U/s notwendig ist um überhaupt einen Effekt zu erzielen. Ebenfalls ausschlaggebend ist der Rotationszeitpunkt, der jedoch nicht beliebig ist.

11.4. Der Kugelschreiber

Der Kugelschreiber ist von seiner Form her noch weniger auffallend, als die Keule. Gewählt wurde dieses Objekt erstens, weil es im alltäglichen Leben sehr oft vorkommt und immer griffbereit ist, und zweitens wegen der schmalen Form, die im Vergleich zur Keule noch weniger Anhaltspunkte bei einer Drehung liefert. Abbildung 21 zeigt die Lösungshäufigkeiten des Kugelschreibers.

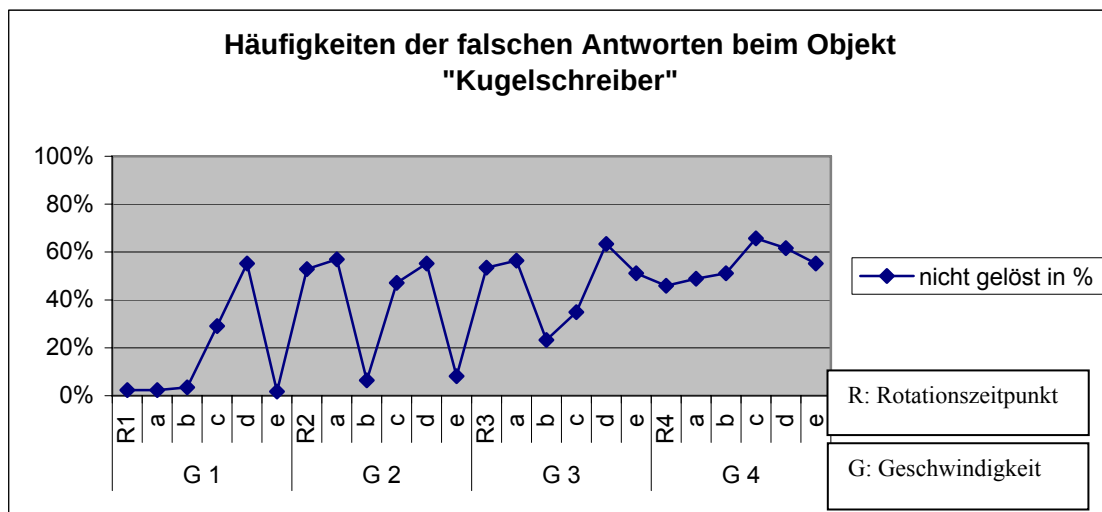


Abb. 21: Der Kugelschreiber über vier Geschwindigkeiten mit allen Rotationszeitpunkten

Die Verteilung der Lösungshäufigkeiten gestaltet sich hier auf den ersten Blick anders als bei den Keulen zuvor. Ein Anstieg der falschen Antworten ist zwar auch hier zu erkennen, jedoch scheint der Kugelschreiber gegenüber der Geschwindigkeit resistenter zu sein. Das erste Item, dass nicht signifikant häufiger gelöst werden konnte ($\chi^2(1; N = 172) = 1.884, p=.170$) findet sich hier schon in der ersten Geschwindigkeitskategorie und zwar das Item G1R1d (Tabelle 15 a).

Tabelle 15 a: Lösungshäufigkeit des Kugelschreibers; Kippgeschwindigkeit bei 180°/s (G1), alle Rotationszeitpunkte (R1 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 1 (180°/s)					
	R1 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	2.3	2.3	3.5	29.1	55.2	1.7
gelöst in %	97.7	97.7	96.5	70.9	44.8	98.3
Chi-Quadrat	156.372	156.372	148.837	30.140	1.884	160.209
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.170	0.000

Dieses Item (rot markiert) war auch schon in der Voruntersuchung auffällig. In der Voruntersuchung war es allerdings das erste Item in der langen Testserie und überaus signifikant ($\chi^2(1; N = 43) = 19.558, p=.000$) indem 83% der Versuchspersonen dieses Item nicht lösen konnten (Tabelle 06). Ein Positionseffekt war nicht auszuschließen. Nachdem in der Hauptuntersuchung der Positionseffekt durch Start-items vermieden wurde, konnten immerhin 44.8% der Vpn dieses Item lösen ($\chi^2(1; N = 172) = 1.884, p=.170$). Da das Ergebnis nicht signifikant ist, kann angenommen werden, dass die Vpn bei dieser Geschwindigkeit nicht eindeutig differenzieren können um welche Bewegung es sich hier handelt.

Auffallend ist bei diesem Item vor allem die langsame Rotationsgeschwindigkeit. Eine Geschwindigkeit von 540°/s (nur 1.5 Umdrehungen pro Sekunde) dürfte beim Kugelschreiber schon ausreichen, damit die Drehbewegung nicht mehr eindeutig wahrzunehmen ist. Ausschlaggebend ist auch hier das „Timing“, also wann die Drehbewegung während der Kippbewegung einsetzt.

Tabelle 15 b: Lösungshäufigkeit des Kugelschreibers; Kippgeschwindigkeit bei 375°/s (G2), alle Rotationszeitpunkte (R2 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 2 (375°/s)					
	R2 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	52.9	57.0	6.4	47.1	55.2	8.1
gelöst in %	47.1	43.0	93.6	52.9	44.8	91.9
Chi-Quadrat	0.581	3.349	130.814	0.581	1.884	120.558
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.446	0.067	0.000	0.446	0.170	0.000

Die zweite Geschwindigkeitskategorie (375°/s; Tabelle 15 b) zeigt denselben Effekt wie auch schon die erste Kippgeschwindigkeit (180°/s). Wird der Kugelschreiber mit 1125°/s zwischen 60° und 120° gedreht, wird die Bewegung nicht eindeutig wahrgenommen ($\chi^2(1; N = 172) = 1.884, p=.170$). Bei dieser Geschwindigkeitskategorie zeigt sich ein weiterer Rotationszeitpunkt als schwer differenzierbar. Wird der Kugelschreiber zwischen 60° und 180° rotiert, können 47.1% ($\chi^2(1; N = 172) = 0.851, p=.446$) die Versuchspersonen diese Bewegung nicht eindeutig erkennen.

Tabelle 15 c: Lösungshäufigkeit des Kugelschreibers; Kippgeschwindigkeit bei 500°/s (G3), alle Rotationszeitpunkte (R3 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 3 (500°/s)					
	R3 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	53.5	56.4	23.3	34.9	63.4	51.2
gelöst in %	46.5	43.6	76.7	65.1	36.6	48.8
Chi-Quadrat	0.837	2.814	49.209	15.721	12.302	0.093
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.360	0.093	0.000	0.000	0.000	0.760

Tabelle 15 c zeigt die Lösungshäufigkeiten des Kugelschreibers in der dritten Geschwindigkeitskategorie (500°/s). Bei dieser Kippgeschwindigkeit sind nur mehr zwei Rotationszeitpunkte signifikant häufiger erkannt worden.

Die niedrigste Rotationsgeschwindigkeit beträgt in dieser Geschwindigkeitskategorie 500°/s und erstreckt sich über die gesamte Kippbewegung (0° bis 180°). 53.5% der Versuchspersonen konnten dieses Item nicht lösen ($\chi^2(1; N = 172) = 0.837, p=.360$). Auch bei einer Rotationsgeschwindigkeit von 750°/s in den oberen zwei Drittel der Kippbewegung (0°-120°) konnten 56.4% der Vpn ($\chi^2(1; N = 172) = 2.814, p=.093$) die Rotation nicht wahrnehmen.

In dem Bereich der Kippbewegung von 60°-120° findet die Rotation des Kugelschreibers mit einer Geschwindigkeit von 1500°/s statt. In diesem Bereich konnte die kombinierte Kipp-Drehbewegung von den Versuchspersonen nicht erkannt werden. 63.4% der Vpn erkannten die Drehbewegung nicht. Das sind signifikant mehr Vpn als jene, die die Rotation wahrgenommen haben ($\chi^2(1; N = 172) = 12.302, p=.000$).

Im untersten Drittel (120°-180°) der Kippbewegung rotiert der Kugelschreiber ebenfalls mit einer Geschwindigkeit von 1500°/s. Hier konnten die Vpn nicht eindeutig differenzieren, um welche Bewegung es sich handelt. 51.2% der Vpn lösten dieses Item nicht.

Tabelle 15 d: Lösungshäufigkeit des Kugelschreibers; Kippgeschwindigkeit bei 750°/s (G4), alle Rotationszeitpunkte (R4 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 4 (750°/s)					
	R4 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	45.9	48.8	51.2	65.7	61.6	55.2
gelöst in %	54.1	51.2	48.8	34.3	38.4	44.8
Chi-Quadrat	1.140	0.093	0.093	16.953	9.302	1.884
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.286	0.760	0.760	0.000	0.002	0.170

Die vierte Geschwindigkeitskategorie (Tabelle 15 d) liefert die eindeutigsten Ergebnisse des Kugelschreibers. Keines der Items konnte signifikant gelöst werden. Das deutet darauf hin, dass die Form des Kugelschreibers bei einer Kippgeschwindigkeit von 750°/s (2.1 U/s) die Wahrnehmung der Rotation erschwert. Je nach Rotationszeitpunkt („Timing“) wird dieser Effekt mehr oder weniger deutlich.

Bei einer Rotationsgeschwindigkeit von 750°/s zum Rotationszeitpunkt 0-180° konnten 54.1% der Versuchspersonen die Rotation sehen. Dieser Rotationszeitpunkt ist allerdings der auffälligste, da er sich über die gesamte Strecke der Kippbewegung (0°-180°) erstreckt. Dennoch konnten nicht signifikant mehr Vpn dieses Item lösen ($\chi^2(1; N = 172) = 1.140, p=.286$).

Sehr indifferent sind die Antworten der Vpn auch bei den nächsten beiden Rotationszeitpunkten. Beim Zeitpunkt „a“ (0°-120°) konnten 51.2% der Vpn die Drehung wahrnehmen und beim Zeitpunkt „b“ (0°-60°) waren es 48.8%. Die Unterschiede sind allerdings nicht signifikant und deuten darauf hin, dass bei dieser Kippgeschwindigkeit, zu diesen Rotationszeitpunkten das Erkennen einer Rotation sehr schwierig ist.

Genauso gestaltet es sich auch beim letzten Rotationszeitpunkt (120°-180°). 55.2% der Vpn konnten hier keine Rotation erkennen.

Ein höchst signifikantes Ergebnis zeigt sich beim Rotationszeitpunkt zwischen 60° und 180° ($\chi^2(1; N = 172) = 16.953, p=.000$). Hier konnten 65.7% der Versuchspersonen die Rotation nicht erkennen. 61.6% der Vpn ($\chi^2(1; N = 172) = 9.302, p=.002$) unterlagen beim Rotationszeitpunkt zwischen 60° und 120° der Täuschung und nahmen die Drehung nicht wahr.

Auffallend ist hier, dass sich nicht nur die Rotationszeitpunkte unterscheiden, sondern auch die Rotationsgeschwindigkeiten. Eine Rotationsgeschwindigkeit von 1125°/s (3.125 U/s) zum richtigen Zeitpunkt (60°-120°) beeinflusst die Wahrnehmung der Rotation mehr als eine Drehgeschwindigkeit von 2250°/s (6.25 U/s) zu einem sonst günstigen Zeitpunkt (60°-120°) oder zu einem „schlechten“ Zeitpunkt (0°-60°).

Der Kugelschreiber liefert die eindeutigsten Ergebnisse: Wenn das Objekt die Form eines Kugelschreibers hat, ist die Geschwindigkeit nicht ausschlaggebend für die Wahrnehmungstäuschung. Viel wichtiger ist der Zeitpunkt, zu dem die Täuschung innerhalb der Bewegung stattfindet.

11.5. Die Zigarettenschachtel

Die Form „Zigarettenschachtel“ wurde im Vorfeld gewählt, um in dieser Testreihe ein auffälliges Objekt zu repräsentieren. Der Zaubertrick „Wendekeule“ funktioniert ansonsten nur mit schmalen, länglichen Objekten. Ob die räumliche Ausprägung dieses Objektes einen Einfluss auf die Wahrnehmung hat, galt es hier zu untersuchen. Abbildung 22 und Tabelle 16 a-d zeigen die Lösungshäufigkeiten der Zigarettenschachtel.

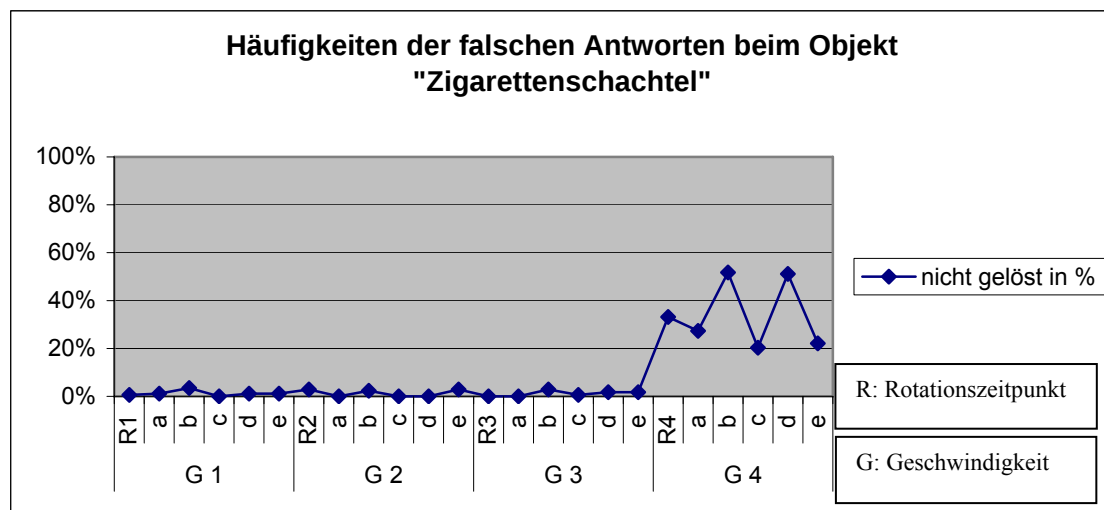


Abb. 22: Die Zigarettenschachtel über vier Geschwindigkeiten mit allen Rotationszeitpunkten

Tabelle 16 a: Lösungshäufigkeit der Zigarettenschachtel; Kippgeschwindigkeit bei 180°/s (G1), alle Rotationszeitpunkte (R1 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 1 (180°/s)					
	R4 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	0.6	1.2	3.5	0.0	1.2	1.2
gelöst in %	99.4	98.8	96.5	100.0	98.8	98.8
Chi-Quadrat	168.023	164.093	148.837		164.093	164.093
df	1	1	1		1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000

Tabelle 16 b: Lösungshäufigkeit der Zigarettenschachtel; Kippgeschwindigkeit bei 375°/s (G2), alle Rotationszeitpunkte (R2 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 2 (375°/s)					
	R4 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	2.9	0.0	2.3	0.0	0.0	2.9
gelöst in %	97.1	100.0	97.7	100.0	100.0	97.1
Chi-Quadrat	152.581		156.372			152.581
df	1		1			1
Asymptotische Signifikanz	0.000		0.000			0.000

Tabelle 16 c: Lösungshäufigkeit der Zigarettenschachtel; Kippgeschwindigkeit bei 500°/s (G3), alle Rotationszeitpunkte (R3 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 3 (500°/s)					
	R4 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	0.0	0.0	2.9	0.6	1.7	1.7
gelöst in %	100.0	100.0	97.1	99.4	98.3	98.3
Chi-Quadrat			152.581	168.023	160.209	160.209
df			1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz			0.000	0.000	0.000	0.000

Tabelle 16 d: Lösungshäufigkeit der Zigarettenschachtel; Kippgeschwindigkeit bei 750°/s (G4), alle Rotationszeitpunkte (R4 a-e); Chi- Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	G 4 (750°/s)					
	R4 (0°-180°)	a (0°-120°)	b (0°-60°)	c (60°-180°)	d (60°-120°)	e (120°-180°)
nicht gelöst in %	33.1	27.3	51.7	20.3	51.2	22.1
gelöst in %	66.9	72.7	48.3	79.7	48.8	77.9
Chi-Quadrat	19.558	35.372	0.209	60.488	0.093	53.581
df	1	1	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000	0.000	0.647	0.000	0.760	0.000

Es zeigen sich hier nur zwei Items, die nicht signifikant häufiger gelöst werden konnten. Beide befinden sich in der schnellsten Geschwindigkeitskategorie (750°/s). 51.7% ($\chi^2(1; N = 172) = 16.953, p=.000$) der Versuchspersonen konnten beim Rotationszeitpunkt „b“ (0°-60°) die Rotation nicht sehen. Das ist insofern interessant, da dieser Rotationszeitpunkt beim Kugelschreiber zum selben Ergebnis führt (51.2%). Die Form des Kugelschreibers ist aber von gänzlich anderer Gestalt und dennoch weisen beide Objekte innerhalb der selben Geschwindigkeit bei dem gleichen Rotationszeitpunkt Parallelen auf, mit denen im Vorfeld nicht zu rechnen war.

51.2% der Versuchspersonen konnten die Rotation zum Zeitpunkt d (60°-120°) nicht wahrnehmen. Das Ergebnis ist zwar nicht signifikant ($\chi^2(1; N = 172) = 0.093, p=.760$), deutet aber darauf hin, dass die Vpn bei diesem Item unschlüssig waren. Dieser Rotationszeitpunkt ist vom „Timing“ allerdings über alle Objekte hinweg der beste, wie folgende Zusammenfassung zeigen soll.

12. Zusammenfassung der Ergebnisse

Abbildung 23 zeigt grafisch den Rotationszeitpunkt, bei dem unabhängig vom Objekt der Zaubertrick bzw. die Täuschung des visuellen Systems bei dieser Stichprobe zu zumindest zu 50% gelungen ist. Es sei hier erwähnt, dass der Zaubertrick von größerem Erfolg gekrönt ist, wenn der „magische Kontext“, der hier durch die Computer- Animation herausgelöst wurde, vorhanden ist.

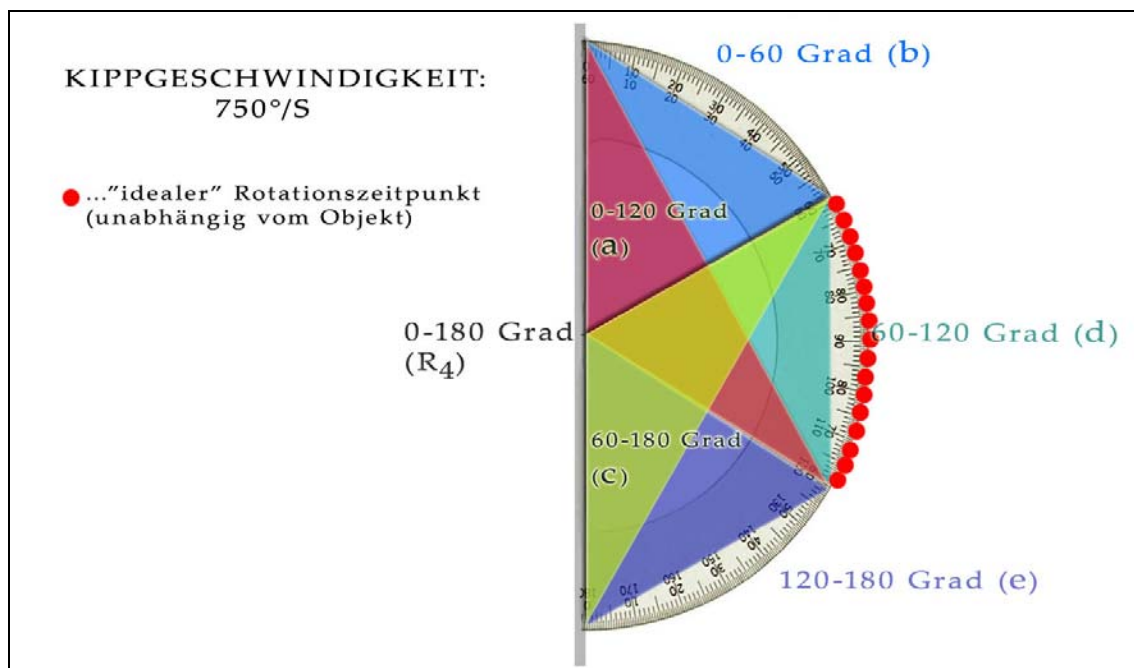


Abb. 23: Rote Punkte zeigen den idealen Rotationszeitpunkt, damit die Wahrnehmung der Rotation beeinflusst wird.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der entscheidende Rotationszeitpunkt sowohl vom Objekt, als auch von der Kippgeschwindigkeit abhängt. Während die Wahrnehmung der Rotation bei der Zigarettenschachtel nur in der schnellsten Geschwindigkeit (750°/s) bei zwei Rotationszeitpunkten zu nicht signifikanten Ergebnissen führt, sind beim Kugelschreiber auch bei einer langsameren Geschwindigkeit diese Effekte beobachtbar.

Sehr ähnliche Ergebnisse liefern die große Keule und die Zigarettenschachtel. Das spricht für die Hypothese, dass die Größe des Objektes einen Einfluss auf die Bewegungswahrnehmung hat.

Die unterschiedlichen Größen der Keulen zeigen diesen Effekt auch innerhalb derselben Objekt- Form. Je größer das Objekt, umso schneller muss die Bewegung stattfinden, damit sie nicht mehr wahrgenommen wird. So genügt bei der kleinsten Keule eine Rotationsgeschwindigkeit von $1500^{\circ}/s$. Die größte Keule benötigt eine Geschwindigkeit von $2250^{\circ}/s$ um dasselbe Ergebnis zu erzielen.

Die Form des Kugelschreibers ist für diesen Effekt am besten gewählt worden. Hier reicht schon eine Winkelgeschwindigkeit von $540^{\circ}/s$ aus damit die Drehbewegung nicht mehr eindeutig wahrgenommen wird. Das spricht dafür, dass die Form des Objektes einen Einfluss auf die Bewegungswahrnehmung hat.

Auch die Tatsache, dass die Geschwindigkeit einen erheblichen Einfluss auf die Bewegungswahrnehmung hat, kann mit den vorangegangenen Ergebnissen sehr deutlich bestätigt werden.

Ebenfalls gezeigt hat sich, dass der Rotationszeitpunkt ausschlaggebend ist für das Gelingen der Täuschung.

Um all diese Faktoren unabhängig von einander betrachten zu können und um somit den Einfluss jedes einzelnen Faktors auf die Bewegungswahrnehmung in diesem Kontext beschreiben zu können, soll im Folgenden das Linear- Logistische - Test- Modell seine Anwendung finden.

13. Das Linear-Logistische-Test- Modell (LLTM)

Das Linear-Logistische-Test Modell ist eine Erweiterung des Rasch Modells. Die probabilistische Testtheorie oder item-response-theory (IRT) betrachtet die untersuchten Merkmale als latente Dimensionen und die Items eines Tests als Indikatoren dieser Dimensionen. Somit sind manifeste Variablen Indikatoren einer latenten (postulierten) Dimension ξ (Fähigkeit einer Person).

IRT- Modelle gehen nicht vom Rohscore eines Tests aus, sondern setzen bei jedem einzelnen Item an und beschreiben die Antwort (Reaktion) der Versuchsperson mit drei Komponenten:

- Eigenschaft der Person (Fähigkeit)
- Eigenschaft des Items (Schwierigkeit)
- Zufall

Formel 1 zeigt die Modellgleichung des Rasch- Modells (Fischer & Seliger-Ponocny, 1998):

Formel 1: Das Rasch- Modell (Fischer & Seliger-Ponocny, 1998)

$$P(+|S_v, I_i) = \frac{\exp(\theta_v - \beta_i)}{1 + \exp(\theta_v - \beta_i)}$$

θ_vPersonenparameter (Fähigkeit von Person v)

β_iItemparameter (Schwierigkeit von item i)

Die Gleichung beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass Person v das Item i richtig löst in Abhängigkeit von der Fähigkeit der Person v (θ_v) und der Schwierigkeit des Items i (β_i).

Die Testitems korrelieren folglich miteinander, wenn die latente Variable die manifeste beeinflusst. Wenn nun eine latente Dimension existiert, kann man diese statistisch konstant halten und die Korrelationen müssten verschwinden.

Das Rasch Modell wird als gesättigtes Modell betrachtet, da es für jedes Item Parameter schätzt. Das LLTM bietet als Spezialfall des Rasch Modells die Möglichkeit, den Itemparameter (β_i) als Summe der gewichteten Basisoperationen darzustellen (Fischer, 1995) (Formel 1.1).

Formel 1.1: Der Itemparameter (β_i) als Summer der gewichteten Basisoperationen (Fischer & Seliger-Ponocny, 1998)

$$\beta_i = \sum_{j=1}^p w_{ij} \alpha_j + c, \quad \text{with } p \leq k - 1.$$

β_i Schwierigkeitsparameter des Items i

α_j Geschätzte Schwierigkeit der Basisoperationen

w_{ij}Gewichtung der Basisoperationen α_j in Item i

Die Itemschwierigkeit kann somit auch über eine Funktion der Testbedingungen (Basisoperationen) modelliert werden (Fischer, 1995).

Mit dieser Erweiterung der Gleichung kann im Folgenden ein Modell der Fähigkeit, ein Item zu lösen, abgebildet werden - in Abhängigkeit der im Vorfeld postulierten Hypothesen.

13.1. Überprüfung der Eindimensionalität

Um das LLTM anwenden zu können, muss das Rasch Modell für den verwendeten Test Gültigkeit besitzen (Fischer, 1995). Um die Itemparameter unterschiedlicher Teilstichproben gegenüberzustellen, wurden zwei externe (Geschlecht, Brillenträger) und ein internes (Testscore) Teilungskriterium herangezogen, anhand deren ein grafischer Modelltest und eine Überprüfung mittels bedingter Maximum-Likelihood-Schätzung durchgeführt wurde.

Ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen deutet das darauf hin, dass die Items dieselbe latente Dimension messen und nicht von anderen Faktoren beeinflusst werden.

Abbildung 24 zeigt den grafischen Modellanpassungs- Test für den Vergleich der Parameterschätzung männlicher und weiblicher Versuchspersonen. Wenn das Rasch Modell für diese Items Gültigkeit besitzt, liegen die Werte nahe oder auf der 45° Geraden.

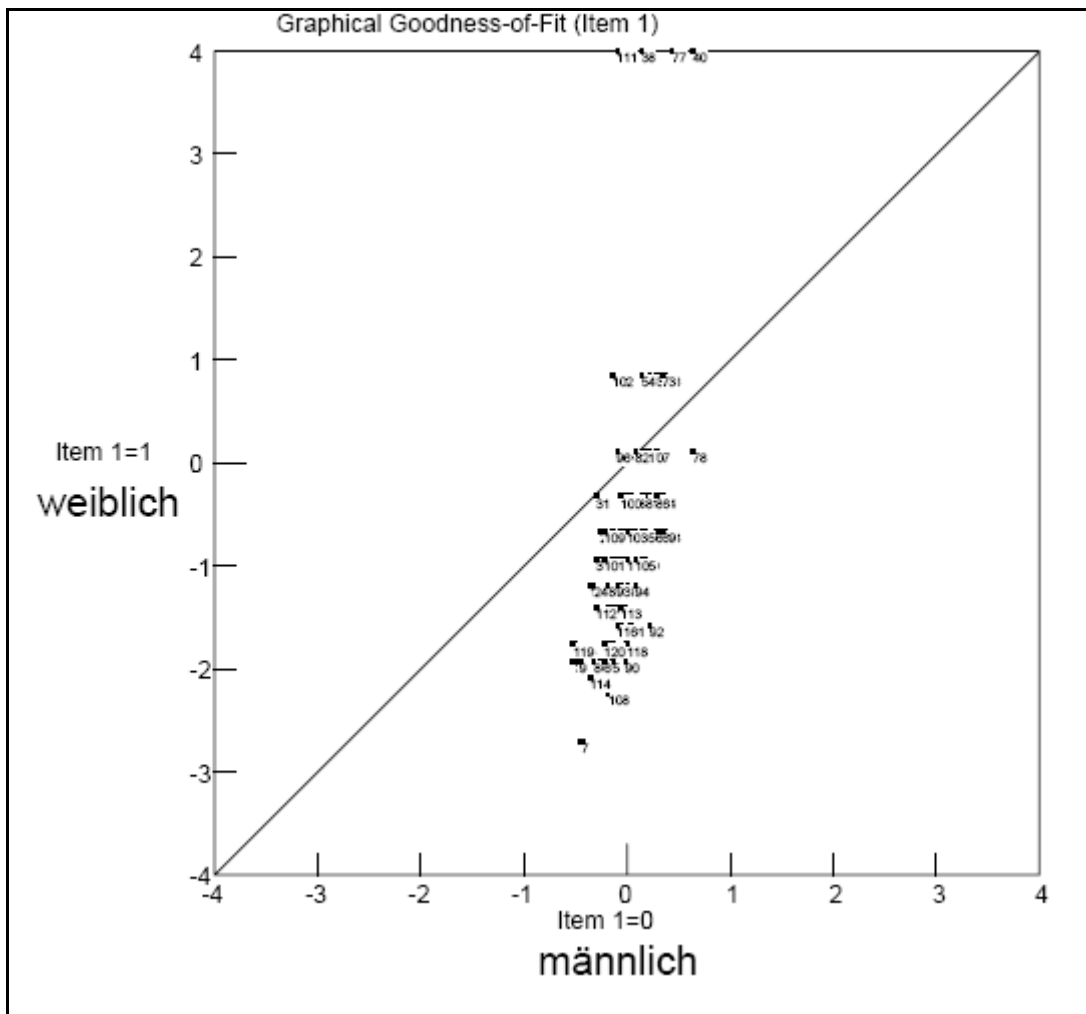


Abb. 24: Grafische Modellanpassung der 120 Testitems; Teilkriterium: Geschlecht

Die grafische Analyse deutet darauf hin, dass hier keine Passung vorliegt. Mehrere Faktoren können dafür verantwortlich sein, dass es hier zu einer Über- und Unterschätzung der Parameter kommt.

Der Median des Testscores liegt bei 100 ($s = 5.6$) gelösten Aufgaben wobei der Unterschied zwischen Männern (Mittelwert = 99.9, $s = 4.7$) und Frauen (Mittelwert = 98.9; $s = 6.3$) minimal ist. Von 120 Testitems deuten 100 gelöste Items auf einen zu leichten Test hin.

Abbildung 25 zeigt noch einmal die Lösungshäufigkeiten der Items innerhalb der vier Geschwindigkeitskategorien. Hier lässt sich deutlich erkennen, dass nur in der vierten Geschwindigkeitskategorie eine Testscoreränderung über alle

Objekte stattfindet. Der Anschaulichkeit halber werden nur die falschen Antworten abgebildet.

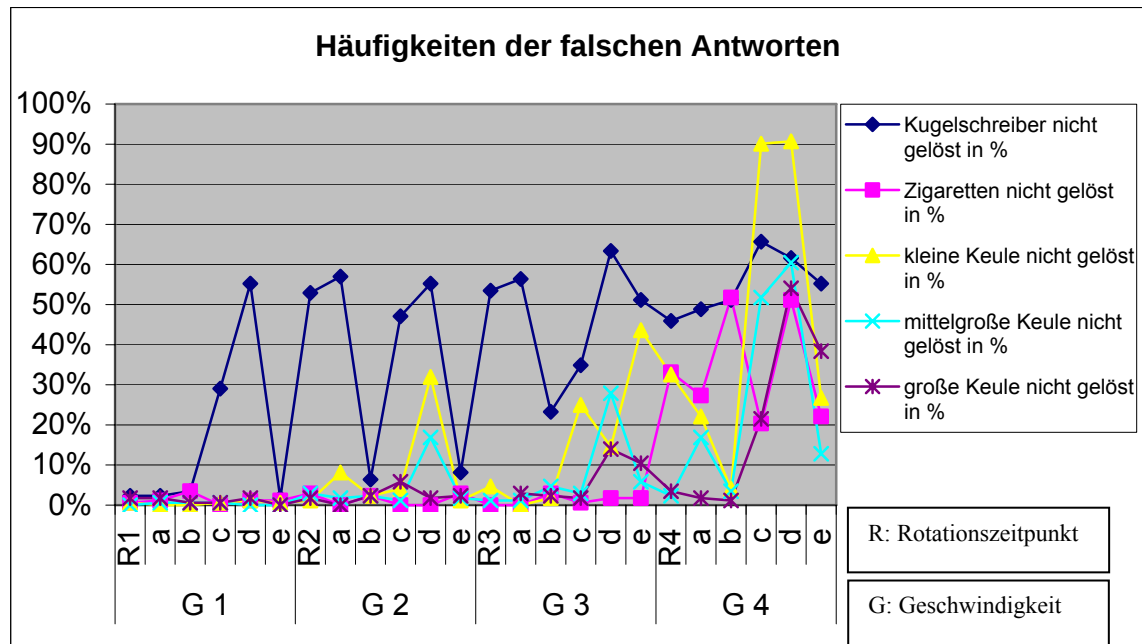


Abb. 25: Die Häufigkeiten der falschen Antworten aller 120 Items über alle Geschwindigkeiten von allen Objekten;

Die Grafik in Abbildung 25 zeigt die Verteilung der Antworten über die vier Geschwindigkeitskategorien. Die grafische Modellanpassung aus Abbildung 24 gibt die Vielzahl an „zu leichten“ Items wieder. Der Einfluss der Geschwindigkeit ist hier unumstritten und wurde mittels Chi- Quadrat Tests im vorherigen Kapitel ausführlich beschrieben. Für die Analyse mittels LLTM soll die Geschwindigkeit konstant gehalten werden bei einer Kippgeschwindigkeit von 750°/s (G 4).

Daraus resultieren 30 Items für die weitere Analyse mittels LLTM.

Der grafische Modellanpassungstest (Abbildung 26) zeigt die 30 Items. Als Teilkriterium wurde hier der Testscore verwendet.

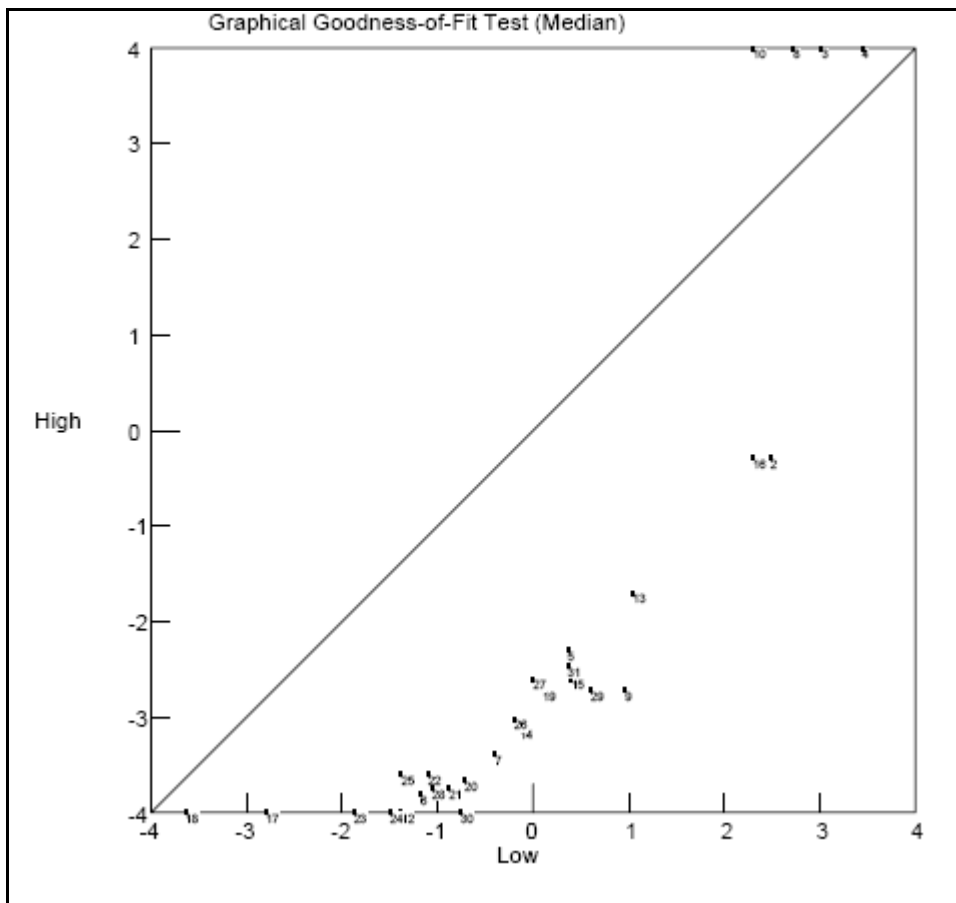


Abb. 26: Modelltest der 30 Test- Items bei 750°/s geteilt nach Testscore

Der Trennscore lag hier bei einem Median von 20 ($s = 3.1$) gelösten Aufgaben. 36% der Versuchspersonen (62) konnten mehr Aufgaben lösen, 64% der Vpn lagen darunter.

Die Überprüfung mittels Conditional Likelihood-Ratio-Test (Tabelle 17) deutet trotz der grafisch schlechten Anpassung auf Rasch homogene Items hin.

Tabelle 17: Conditional Likelihood-Ratio-Test (LRT) für 30 Items; Teilungskriterium: Median

Andersen chi_2		29.1221
df		29
chi_2 ($\alpha = .05$)	42.5519	(Wilson-Hilferty approximation)
chi_2 ($\alpha = .01$)	49.6196	(Wilson-Hilferty approximation)

Der parallel zum 1. Median verlaufende Punkteschwarm in Abbildung 26 deutet auf einen systematischen Effekt hin, der auf die vier Items ganz rechts oben zurückzuführen ist.

Hiezu sei erwähnt, dass das LpcM-Win nicht Schwierigkeitsparameter schätzt sondern „Leichtigkeitparameter“ in diesem Sinne, dass Parameter mit hohen positiven Werten wenig zur Schwierigkeit des Tests beitragen, wohingegen hohe negative Werte die Schwierigkeit charakterisieren, die ein Parameter zum Test beiträgt.

Die vier Items In Abbildung 26 haben sehr hohe positive Werte und somit möglicherweise Einfluss auf das gesamte Modell. Tabelle 18 zeigt diese vier Items samt Lösungshäufigkeiten und Chi- Quadrat.

Tabelle 18: Die vier auffälligen Items; Lösungshäufigkeiten und Chi-Quadrat (N = 172); $\alpha = .05$

	Keule (20cm)		Keule (10cm)	
	0°-120°	0°- 60°	0°-180°	0°- 60°
nicht gelöst in %	1.7	1.2	2.3	3.5
gelöst in %	98.3	98.8	97.7	96.5
Chi-Quadrat	160.209	164.093	156.372	148.837
df	1	1	1	1
Asymptotische Signifikanz	0.000	0.000	0.000	0.000

Diese Items konnten von über 96% der Versuchspersonen gelöst werden. Damit sind sie anscheinend „zu leicht“ und beeinflussen die gesamte Modellschätzung. Für die weiteren Analysen werden diese Items ausselektiert. Somit verbleiben 26 Items für die weitere Untersuchung.

Für diese Items wurde wieder der Modelltest durchgeführt und Abbildung 27 zeigt die grafische Anpassung bei der neuerlichen Teilung der Stichprobe nach dem Testscore diesmal ohne die vier ausselektierten Items.

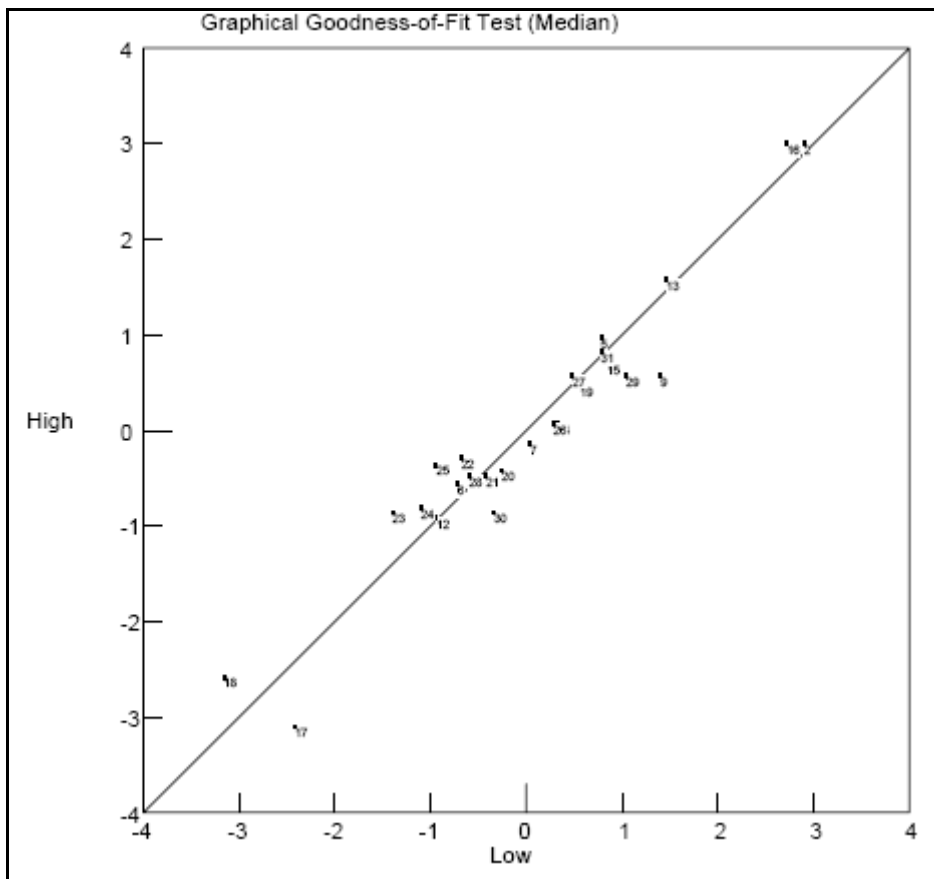


Abb. 27: Modelltest der 26 Items bei 750°/s geteilt nach Testscore

Der Median lag bei 16 ($s = 2.9$) gelösten Aufgaben wobei 37% der Versuchspersonen mehr als 16 Aufgaben lösen konnten. In dieser Gruppe ($n = 64$) erhielten die Versuchspersonen einen Mittelwert von 18.3. Die größere Gruppe der Gesamtstichprobe ($n = 111$; 64%) konnte weniger als 16 Aufgaben lösen bei einem Mittelwert von 13.0.

Die Modellanpassung ist zufrieden stellend, wie auch Tabelle 19 zeigt. Das Andersen Chi- Quadrat ist mit einem Wert von 20.77 kleiner als das kritische Chi- Quadrat, sowohl bei einem 5%-igen als auch bei einem 1%-igen alpha- Niveau.

Tabelle 19: Conditional Likelihood-Ratio-Test (LRT) für 26 Items; Teilungskriterium: Median = 16

Andersen chi_2		20.77
df		25
chi_2 ($\alpha = .05$)	37.6456	(Wilson-Hilferty approximation)
chi_2 ($\alpha = .01$)	44.337	(Wilson-Hilferty approximation)

Die Modelltests für die Teilstichproben „Geschlecht“ und „Brillenträger“ sind in den folgenden Abbildungen angeführt (Abbildung 28, 29).

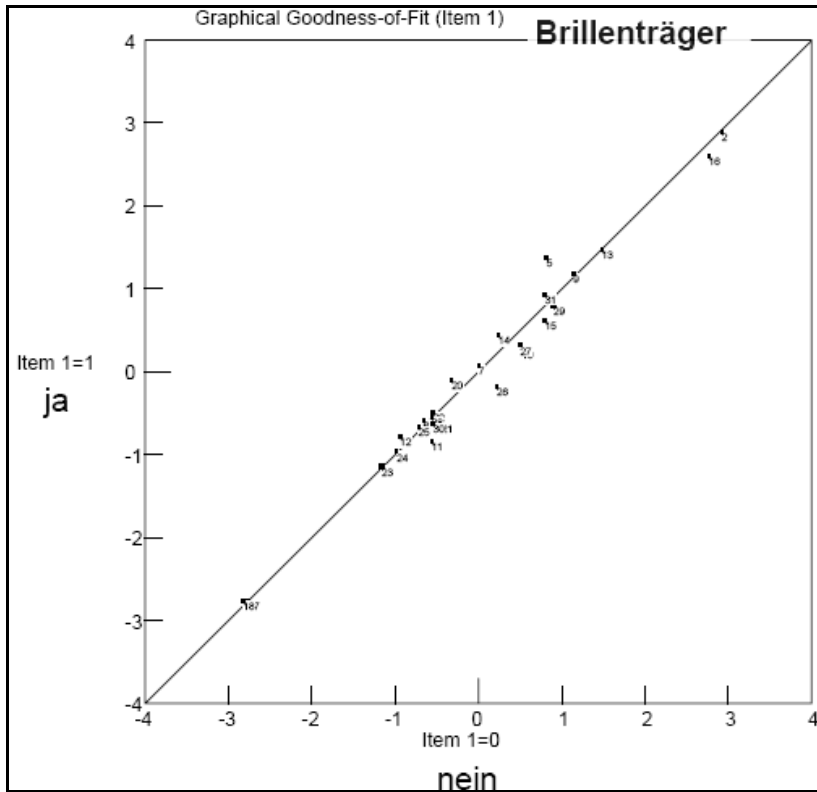


Abb. 28: Modelltest der 26 Items bei 750°/s geteilt nach Brillenträger

Die Gruppe der Brillenträger ($n = 77$; 44.8%) wurde mit den Brillenlosen ($n = 95$; 55.2%) verglichen. Die Mittelwerte beider Gruppen sind sehr ähnlich mit im Schnitt 14.8 gelösten Aufgaben bei den Brillenträgern aber etwas niedriger als 15.9 gelöste Aufgaben bei der Gruppe der Vpn ohne Sehhilfe.

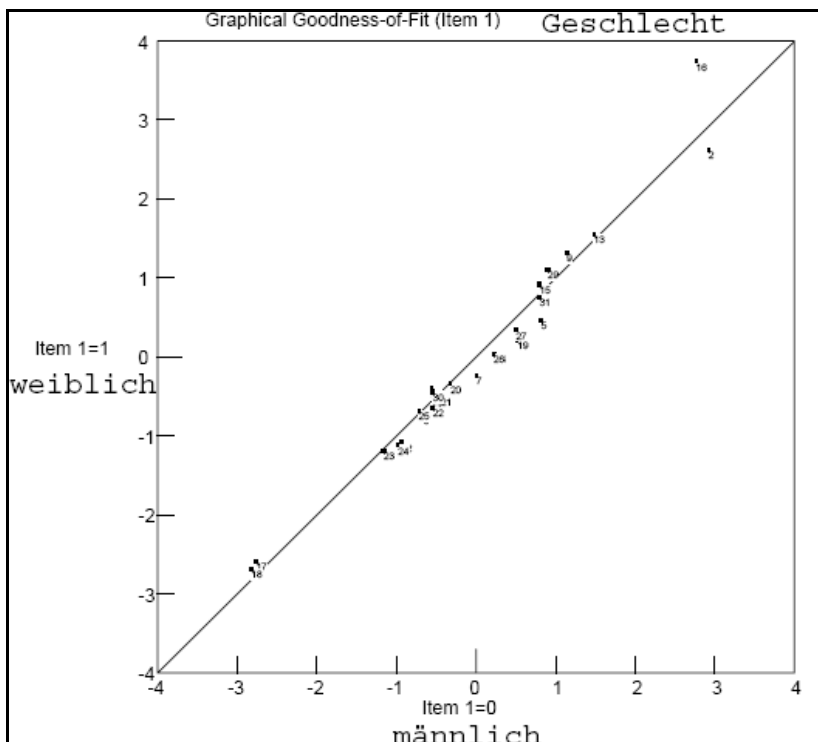


Abb. 29: Modelltest der 26 Items bei 750°/s geteilt nach Geschlecht

Der letzte Modelltest vergleicht die Itemparameterschätzungen von männlichen und weiblichen Versuchspersonen. Die Gruppe der weiblichen Vpn war etwas größer mit 88 Personen (52%) und erreichte einen Mittelwert von 14.6 ($s = 3.3$). Die Gruppe der männlichen Versuchspersonen war etwas kleiner, erreichte dafür aber einen etwas höheren Wert (Mittelwert = 16.2; $s = 2.4$).

Die bedingte Maximum-Likelihood-Schätzung ist für die drei Teilungskriterien in Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20: Die Ergebnisse der Modelltests im Überblick; Andersen Chi- Quadrat (LR); kritische Grenze bei $\alpha = .05$;

Modelltest	df	LR	$\chi^2_{\text{krit.}}$
Rohscore (Trennwert 16)	25	20.77	37.65
Brillenträger (ja/nein)	25	33.53	37.65
Geschlecht (männlich/weiblich)	25	19.15	37.65

13.2. Parameterschätzung

Die Modelltests zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Teilstichproben. Die genauere Betrachtung der Itemparameter zeigt Tabelle 21.

Tabelle 21: Itemparameter der 26 Testitems geordnet nach Schwierigkeit

Itemparameter	Itemnummer	Item
-2.8333	18	Keule (6 cm) d
-2.7655	17	Keule (6 cm) c
-1.1765	23	Kugelschreiber c
-0.9956	24	Kugelschreiber d
-0.9453	12	Keule (10 cm)d
-0.724	25	Kugelschreiber e
-0.6756	6	Keule (20 cm) d
-0.5792	11	Keule (10 cm) c
-0.5792	28	Zigaretten b
-0.5552	22	Kugelschreiber b
-0.5552	30	Zigaretten d
-0.459	21	Kugelschreiber a
-0.3384	20	Kugelschreiber R4
-0.0163	7	Keule (20 cm) e
0.2207	26	Zigaretten R4
0.2481	14	Keule (6 cm) R4
0.5082	27	Zigaretten a
0.5389	19	Keule (6 cm) e
0.802	15	Keule (6 cm) a
0.802	31	Zigaretten e
0.8376	5	Keule (20 cm) c
0.9108	29	Zigaretten c
1.1512	9	Keule (10 cm) a
1.488	13	Keule (10 cm) e
2.764	16	Keule (6 cm) b
2.9271	2	Keule (20 cm) R4

Die kleine Keule (6 cm) trägt mit zwei Itemparametern am meisten zur Schwierigkeit des Tests bei. Der Kugelschreiber liegt nur unwesentlich dahinter. Auffallend sind die gleichen Rotationszeitpunkte ($d = 60^\circ - 120^\circ$; $c = 60^\circ - 180^\circ$), die auch schon in Punkt 11.3.4. beschrieben wurden.

Für die Hypothese, dass die Größe des Objektes einen Einfluss auf die Wahrnehmung der Rotation hat, spricht die Anordnung dieser Itemparameter. Die Reihung der Parameter zeigt, dass die kleinste Keule (6 cm) schwieriger ist als

die mittlere Keule (10 cm) und die große Keule (20 cm), allerdings zum selben Rotationszeitpunkt (d).

Die Wahl des Rotationszeitpunktes ist ausschlaggebend. Der Rotationszeitpunkt (d) ist unter den ersten elf Parametern mit allen Objekten vertreten und scheint in der zweiten Hälfte der Liste nicht mehr auf. Somit trägt dieser Rotationszeitpunkt ausschlaggebend zur Schwierigkeit dieser Testserie bei. Allerdings ist auch hier zu sehen, dass der Rotationszeitpunkt alleine nicht ausschlaggebend sein kann, sondern, dass die anderen Faktoren ebenfalls eine wichtige Rolle spielen.

Um einerseits diese Punkte eindeutiger betrachten zu können und um andererseits die Wechselwirkungen erfassen zu können und um die Hypothesen zu beantworten, sollen die Hypothesen als Parameter an das Modell angepasst werden.

14. Überprüfung der Hypothesen

Die aus der Literatur abgeleiteten Hypothesen:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Objektgröße und der Wahrnehmung der Rotation.
- Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Form des Objektes und der Wahrnehmung der Rotation.
- Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Rotationszeitpunkt und der Wahrnehmung der Rotation.
- *Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und der Wahrnehmung der Rotation.*

Die letzte Hypothese wurde bereits in Kapitel 12 beantwortet. Es gibt eindeutige Hinweise darauf, dass die Wahrnehmung der Rotation ab einer Kippgeschwindigkeit von $750^\circ/\text{s}$ für die V_{pn} , unabhängig vom dargebotenen Objekt, erschwert wird und zu Fehlentscheidungen führt. Außerdem musste die Geschwindigkeit von $750^\circ/\text{s}$ für die Überprüfung der Eindimensionalität konstant gehalten werden, da sonst keine rasch-homogenen Items zu erkennen gewesen wären, da der Einfluss der Geschwindigkeit einfach zu groß ist.

Das Rasch Modell liefert 26 Itemparameter für diese Testserie. Mittels LLTM soll diese Zahl reduziert werden, um den Einfluss der als Hypothesen formulierten Faktoren auf die Wahrnehmung einzeln betrachten zu können.

Es wurden zwei Modelle mit unterschiedlicher Parameteranzahl formuliert.

Das erste Modell besteht aus folgenden fünf Basisparametern, die den Hypothesen dieser Untersuchung entsprechen und aus der Literatur abgeleitet wurden:

1. Die Größe des Objektes wurde mit einem Parameter dargestellt, da die Hinweise aus der Literatur für einen linearen Zusammenhang sprechen.
2. Die Form des Objektes teilte sich auf drei Parameter auf
 - Keule
 - Kugelschreiber
 - Zigarettenschachtel
3. Der Rotationszeitpunkt wurde mit einem Parameter dargestellt.

Wie bei der Überprüfung des Rasch Modells wird auch hier eine bedingte Maximum-Likelihood Schätzung (LRT) und ein grafischer Modelltest durchgeführt. Tabelle 22 zeigt die Modellanpassung von Modell 1 (5 Basisparameter).

Tabelle 22: Ergebnisse des LRT; Vergleich der Likelihoods der Daten aus Modell 1, mit denen des Rasch Modells

Modell	Zahl der Parameter	$df = (k-1-p)$ $k \dots$ Anzahl der geschätzten Parameter $p \dots$ Anzahl der Basis Parameter	$\chi^2 \alpha = 0.05$	χ^2 emp	Pearson Korr.
1	5	20	31.4021	961.4342	0.3683

Die 26 Itemparameter können nicht mit den 5 postulierten Basisparametern ausreichend erklärt werden. Das Modell 1 muss demnach verworfen werden. Auch die Korrelation von 0.37 zwischen Rasch Modell und LLTM ist bei weitem zu niedrig um irgendwelche Aussagen treffen zu können.

Die grafische Modellanpassung veranschaulicht die Schätzung der unterschiedlichen Parameter in Abbildung 30 für Modell 1 (5 Basisparameter).

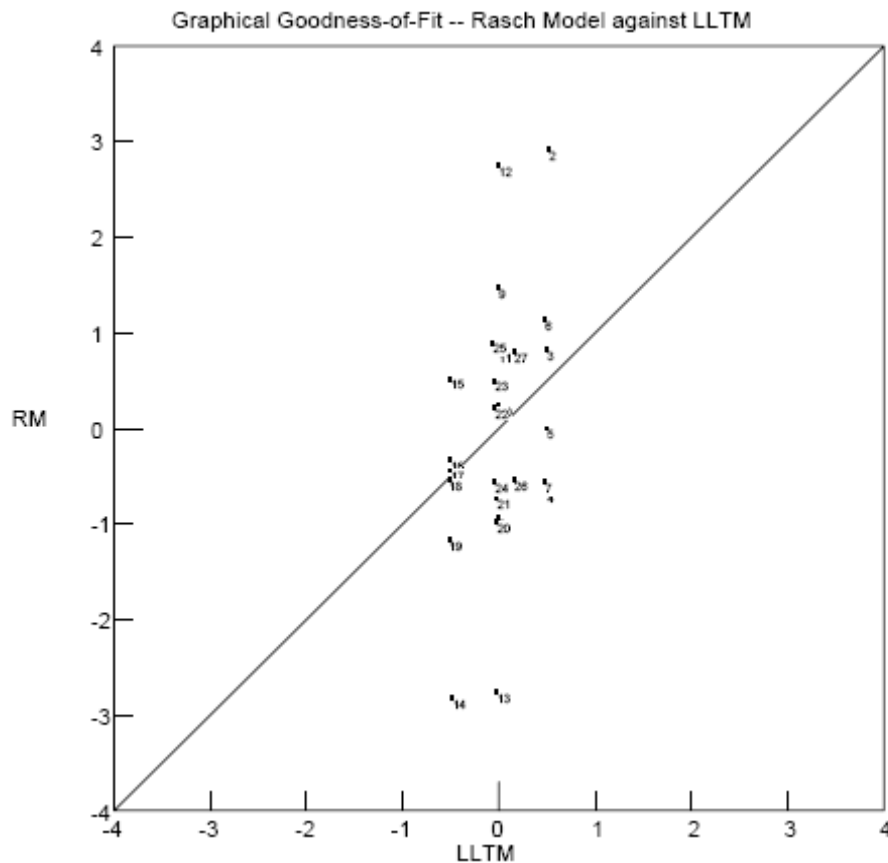


Abb. 30 Modell 1 (5 Basisparameter)

In Abbildung 30 ist deutlich zu sehen, dass zwischen den postulierten 5 Hauptkomponenten und den Parametern des Rasch Modells ein signifikanter Unterschied besteht. Die postulierten Hypothesen (Modell 1) erklären demnach die Parameter des Rasch Modells nicht ausreichend.

Dieses Ergebnis hat sich schon in den vorangegangenen Auswertungsschritten abgezeichnet. So deuten z.B. die Ergebnisse über den Einfluss des Rotationszeitpunktes auf starke Wechselwirkungen zwischen der Größe des Objektes und auch der Form des Objektes hin. Die Wechselwirkungen sollen keinesfalls hier nachträglich als Hypothesen generiert werden. Aber durch die explizite Formulierung der Wechselwirkungen als Komponenten können die als Hypothese formulierten Basisparameter Aufschluss über den hier vorherrschenden Effekt geben, wenn das Modell Gültigkeit besitzt.

Modell 2 besteht aus 11 Basisparametern. Tabelle 23 zeigt die Basiskomponenten in der Übersicht.

Tabelle 23: Die 11 Basisparameter (Modell 2)

Parameternr.	1	2	3	4	5	6	7
Name	Größe des Objektes			Form des Objektes			Rotationszeitpunkt
Parameter	klein 0.0.1	mittel 0.1.0.	groß 1.0.0.	Keule 1.0.0.	Kuli 0.1.0.	Zigaretten 0.0.1.	

Parameternr.	8	9	10	11
Name	Wechselwirkungen			
Parameter	kuli,c,d,e	zig,b,d	klein/mittel c,d	groß d

Die Wechselwirkungen wurden nach den unterschiedlichen Lösungshäufigkeiten je nach Objekt und Rotationszeitpunkt formuliert (s. Abschnitt 11). Die Likelihood Schätzung zeigt Tabelle 24.

Tabelle 24: Ergebnisse des LRT; Vergleich der Likelihoods der Daten aus Modell 2, mit denen des Rasch Modells

Modell	Zahl der Parameter	$df = (k-1-p)$ $k \dots$ Anzahl der geschätzten Parameter $p \dots$ Anzahl der Basis Parameter	$\chi^2 \alpha = 0.05$	$\chi^2 \text{ emp}$	Pearson Korr.
2	11	14	23.6735	182.5979	0.8634

Die 26 Itemparameter können nicht mit den 11 postulierten Basisparametern ausreichend erklärt werden. Auch das Modell 2 muss demnach verworfen werden. Die Korrelation von $r = 0.86$ spricht allerdings für eine wesentlich höhere Übereinstimmung zwischen LLTM und Rasch Modell.

Die grafische Modellanpassung veranschaulicht die Schätzung der unterschiedlichen Parameter in Abbildung 31 für Modell 2 (11 Basisparameter).

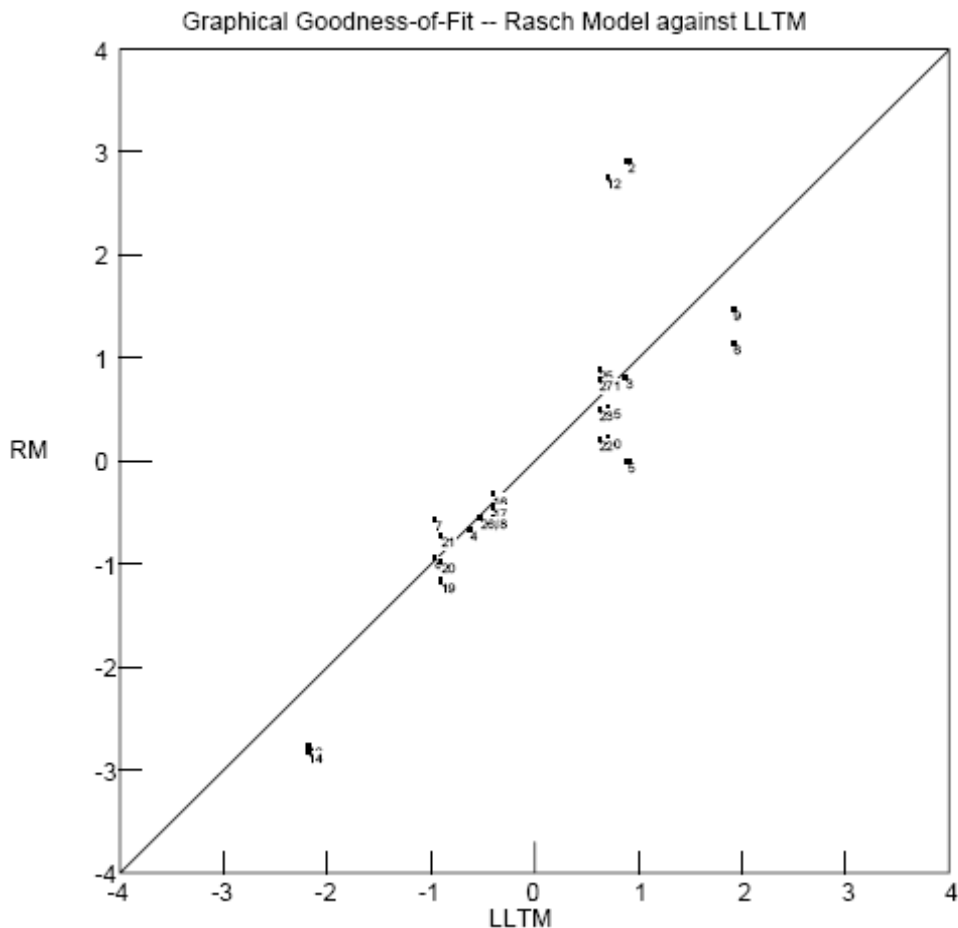


Abb. 31 Modell 2 (11 Komponenten)

Die Anpassung an die 45° Gerade ist nicht einwandfrei gelungen. Es zeigen sich allerdings systematische Verzerrungen, die auf weitere Faktoren schließen lassen, die hier noch nicht berücksichtigt wurden.

Da auch dieses Modell mit 11 Basisparametern verworfen werden muss, müssen auch die Zusammenhangshypothesen verworfen werden. Dass es einen Zusammenhang gibt, konnte zweifelsfrei dargestellt werden. Wie groß der Effekt der einzelnen Faktoren ist kann nur unter Vorbehalt dargestellt werden.

15. Zusammenfassung der Ergebnisse

Tabelle 25 zeigt die beiden Modelle des LLTM im Überblick.

Tabelle 25: Ergebnisse des LRT; Vergleich der Likelihoods der Daten aus Modell 1 und 2, mit denen aus den Daten des Rasch Modells

Modell	Zahl der Parameter	$df = (k-1-p)$ $k \dots$ Anzahl der geschätzten Parameter $p \dots$ Anzahl der Basis Parameter	$\chi^2 \alpha = 0.05$	$\chi^2 \text{ emp}$	Pearson Korr.
1	5	20	31.4021	961.4342	0.3683
2	11	14	23.6735	182.5979	0.8634

Obwohl Modell 2 mit 11 Basiskomponenten das Lösungsverhalten der Versuchspersonen schon wesentlich besser beschreibt, kann auch dieses Modell mit $\chi^2_{\text{emp}} = 182.5979$ ($\chi^2 \alpha = 0.05$; $\chi^2_{\text{krit.}} = 23.6735$) nicht angenommen werden. Die Betrachtung der 11 Komponenten (Tabelle 26) liefert aber dennoch eindeutige Hinweise.

Tab. 26: Die 11 Basisparameter (Modell 2)

	Basic Parameters	Standard Errors	z-Value	Significance
1	-0.2819	0.1050	2.6841	sign.(5% and 1%)
2	0.7550	0.1048	7.2013	sign.(5% and 1%)
3	-0.4730	0.0826	5.7299	sign.(5% and 1%)
4	0.4615	0.0750	6.1545	sign.(5% and 1%)
5	-0.6560	0.1027	6.3847	sign.(5% and 1%)
6	0.1945	0.1090	1.7847	n.s.
7	0.0065	0.1014	0.0641	n.s.
8	-0.5047	0.1427	3.5371	sign.(5% and 1%)
9	-1.1540	0.1392	8.2923	sign.(5% and 1%)
10	-2.8985	0.1659	17.4756	sign.(5% and 1%)
11	-1.5258	0.1951	7.8202	sign.(5% and 1%)

Es zeigt sich sehr eindeutig, dass die Parameter, die die Wechselwirkungen beschreiben am meisten zur Schwierigkeit des Tests beitragen (Parameter 8, 9, 10 & 11) und die gesamte Schätzung beeinflussen.

Dennoch ist auch der Einfluss der Größe des Objektes und der Form des Objektes anhand der Parameter ablesbar.

Die Parameter 4, 5 und 6 liefern Auskunft über den Einfluss der Form des Objektes auf die Schwierigkeit diese Items zu lösen. Parameter 5 wurde für die Form des Kugelschreibers gewählt und trägt am meisten zur Schwierigkeit bei. Das spiegelt die Ergebnisse aus Kapitel 11 und 12 eindeutig wieder.

Die Größe des Objektes wurde mit den Parametern 1, 2 und 3 dargestellt. Auch hier werden die Ergebnisse aus Kapitel 11 und 12 bestätigt. Parameter 1 steht für die kleine Keule (6 cm) und trägt am meisten zur Schwierigkeit bei. Diese Items konnten von über 95% der Versuchspersonen nicht gelöst werden und waren somit die schwierigsten der Testserie. Mittels LLTM zeigt sich hier eine Tendenz, dass die Größe der Keule für die Schwierigkeit, ein Item zu lösen, maßgeblich verantwortlich zeichnet.

16. Diskussion

Die vorliegende Studie untersuchte Faktoren, die die Bewegungswahrnehmung beeinflussen. Anders als bei Brown (1928) wurde hier eine komplexe Bewegungskombination aus Dreh- und Kippbewegungen untersucht. Diese Komplexität trug maßgeblich dazu bei, dass die Ergebnisse nicht so eindeutig ausgefallen sind, wie erwartet. Ein Zusammenhang zwischen abnehmender Objektgröße und sinkender Bewegungswahrnehmung konnte aber auch in dieser Studie gezeigt werden.

Auch die Annahme, dass bei steigender Geschwindigkeit die Konturenwahrnehmung sinkt (Ludvig & Miller, 1958; Miller, 1958) konnte gezeigt werden. So waren durch Form und Größe auffälligere Objekte (Zigaretenschachtel, große Keule) auch bei höheren Geschwindigkeiten besser sichtbar und somit die Bewegungen besser differenzierbar.

Das Anlegen eines Referenzsystems (Kalveram & Ritter, 1979; von Mühlen & Müller, 2000) bei der visuellen Bewegungswahrnehmung konnte in dieser Studie nicht beobachtet werden. In diesem Falle hätten die Ergebnisse für eine schlechtere Wahrnehmung der Rotationsbewegung sprechen müssen, je größer das Objekt ist. Es wurde nämlich angenommen, dass bei größeren Objekten die Kippbewegung als Indikator für die gesamte Bewegung herangezogen wird. Das war hier eindeutig nicht der Fall. Ebenso konnte der gestaltpsychologische Ansatz von Benussi (Antonelli, 1994) mit diesem Prozedere nicht bestätigt werden.

Gezeigt werden konnte, dass die Wahrnehmungstäuschung prinzipiell mit jedem der drei verwendeten Objekte funktioniert. Die Form des Objektes begünstigte allerdings eindeutig das Vorhandensein der Täuschung. Die langsamste Kippbewegung, bei der eine Täuschung stattgefunden hatte, war bei der Form des Kugelschreibers zu beobachten.

Da die untersuchte Bewegungskombination einem Zaubertrick nachempfunden ist, erscheint es nicht verwunderlich, dass das Timing eine wesentliche Rolle

spielt. Die Rotationszeitpunkte hatten in dieser Studie einen signifikanten Einfluss auf die Wahrnehmungstäuschung der Versuchspersonen. Es konnte in diesem Zusammenhang ein „idealer“ Rotationszeitpunkt definiert werden.

Die computer- animierte Darstellung der Dreh- und Kippbewegung stellte sich für diese Untersuchung als gut gelungen heraus. Durch die Computer- Animation war es möglich, alle Faktoren zu variieren und Störfaktoren, die bei einer realen Vorführung aufgetreten wären, auszuschließen. So konnten jeder Versuchsperson die exakt gleichen Bewegungsfolgen vorgegeben werden und das Antwortverhalten der Versuchspersonen verglichen werden.

Ob es aufgrund der Computeranimation zu einer Verzerrung des Effektes gekommen ist konnte in der Untersuchung nicht überprüft werden. Aus der Literatur liegen dafür jedoch keine Erkenntnisse vor.

Anzumerken ist weiters, dass eine Animation sehr zeitaufwändig ist und wenn Kosten damit verbunden gewesen wären, eine Realisierung in diesem Rahmen sicher nicht möglich gewesen wäre. Dennoch erscheint die Wahl der Operationalisierung als nützlich und wertvoll, auch für weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet.

Das vorliegende Versuchsdesign mit nur einer Versuchsgruppe hatte testökonomischen Hintergrund. Durch das Linear Logistische Test Modell erschien keine weitere Versuchsgruppe oder Kontrollgruppe notwendig. Daraus folgte allerdings ein Design mit vielen Faktoren, die wie sich zeigte, von Wechselwirkungen beeinflusst wurden.

Dennoch gelang es, ein Set von 26 Rasch- homogenen Items zu generieren. Das spricht letztlich für eine hohe Validität des entwickelten Test- Verfahrens.

Das Lineare Logistische Test Modell konnte in dieser Untersuchung leider nicht maßgeblich eingesetzt werden. Die beiden postulierten Modelle konnten das vorliegende Konstrukt nicht ausreichend erklären. Deshalb mussten beide verworfen werden.

Es hat sich allerdings eindeutig eine Steigerung im Erklärungswert gezeigt, nachdem die Wechselwirkungen in das zweite Modell aufgenommen wurden. Das spricht für eine vorherrschende Dominanz der Wechselwirkungen in diesem Versuchsdesign. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass wie bereits oben erwähnt, das Timing bei diesem Zaubertrick von großer Bedeutung ist.

Es konnte weiters gezeigt werden, dass das LLTM auch in diesem Kontext seine Anwendung findet. Weitere Untersuchungen könnten die hier fehlenden Faktoren ans Tageslicht bringen und ein aussagekräftiges und eindeutiges Modell postulieren.

17. Zusammenfassung

17.1. Abstrakt

In der Vergangenheit wurden viele Studien durchgeführt, die sich mit visuellen Wahrnehmungsphänomenen beschäftigten. Das Ziel dieser Studie war Faktoren zu bestimmen, die einen maßgeblichen Einfluss auf die Bewegungswahrnehmung haben.

In dieser Studie wurde anhand des Zaubertricks „die Wendekeule“ oder „magic knife“, eine Bewegungskombination aus Rotation und Kippbewegung untersucht. Dazu wurden mittels Computeranimationen drei Objekte unterschiedlicher Größe analysiert. An der Studie nahmen 172 Versuchspersonen teil. Allen Versuchspersonen wurden die gleichen 120 Bewegungsvariationen am Computer in randomisierter Form vorgegeben.

Der Einfluss der Faktoren Größe des Objektes, Form des Objektes, Geschwindigkeit der Bewegung und Form der Bewegung, konnte in signifikanten Zusammenhang mit der Fähigkeit der Versuchspersonen, die Bewegungskombinationen zu erkennen, gebracht werden.

Die niedrigste Rotationsgeschwindigkeit bei der keine Rotation wahrgenommen wurde betrug $540^{\circ}/s$ (1.5 U/s). Das kleinste Objekt dieser Testserie (6.6 cm) zeigte den signifikant höchsten Effekt (90.7% der Vpn), allerdings bei einer Winkelgeschwindigkeit von $1125^{\circ}/s$ (3.125 U/s). Eine Analyse mittels LLTM von 26 Rasch homogenen Testitems lieferte Anhaltspunkte über das Maß des Einflusses und deckte ausschlaggebende Wechselwirkungen auf.

17.2. Abstract

A great number of studies have been accomplished concerning visual perception. The present study was aimed to determine factors affecting the perception of moving objects.

The „magic knife trick“ was modified and standardised using computer animation. The examined motion consisted of a rotating and tilting movement at the same time. Three objects of different size were analysed. 172 participants have been recruited. 120 items were presented randomly to each participant.

A significant relation between the participants' ability to perceive the rotary movement and the velocity is reported. Object size and figure as well as movement combinations were considered.

An angular velocity of $540^{\circ}/s$ (1.5 r/s) sufficed to inhibit the preception of the rotary movement. The smallest object used (6.6 cm) showed the strongest effect. 90.7% of the participants were not able to perceive the rotary movement. However, at an angular velocity of $1125^{\circ}/s$ (3.125 r/s). An analysis via LLTM determined the strength of the present effects and pointed out several interdependencies.

18. Literaturverzeichnis

- Antonelli, M. (1994). *Die Experimentelle Analyse des Bewusstseins bei Vittorio Benussi*. Amsterdam-Atlanta: Editions Rodopi B.V.
- Brown, J. F. (1928). Ueber gesehene Geschwindigkeiten. *Psychologische Forschung*(10), 84- 101.
- Bruce, V., Green, P. R. & Georgeson, M. A. (2004). *Visual Perception* (4): Psychology Press.
- Busse, L., Katzner, S., Tillmann, C. & Treue, S. (2008). Effects of attention on perceptual direction tuning curves in the human visual system. *Journal of Vision*, 8(9), 1-13.
- Diedrichsen, J., Werner, S., Schmidt, T. & Trommershäuser, J. (2004). Immediate spatial distortions of pointing movements induced by visual landmarks. *Perception & Psychophysics*, 66(1), 89- 103.
- Epstein, W. (1978). Two factors in the perception of velocity at a distance. *Perception & Psychophysics*, 24(2), 105- 114.
- Fercher, A., Friedrich. (1992). *Medizinische Physik*. Wien, New York: Springer-Verlag.
- Fischer, G. H. (1995). The Linear Logistic Test Model. In G. H. Fischer & I. W. Molenaar (Hrsg.), *Rasch Models, Foundations, Recent Developments, and Applications* (S. 131-157): Springer- Verlag.
- Fischer, G. H. & Seliger-Ponocny, E. (1998). *Structural Rasch Modeling: Handbook of the usage of LpcM.Win 1.0*. Groningen: ProGRAMMA.
- Flach, R., Knoblich, G. & Prinz, W. (2004). The two- thirds power law in motion perception. *Visual Cognition*, 11(4), 461- 481.
- Goethe, J. W. (1832). *Faust- Der Tragödie zweiter Teil*: Philipp Reclam jun. GmbH & Co., Stuttgart 1986.

- Goldstein, E. B. (2002). *Wahrnehmungspsychologie*. Heidelberg; Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Gregory, R. L. & Heard, P. F. (1983). Visual dissociations of movement, position, and stereo depth: Some phenomenal phenomena. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35A, 217-237.
- Guski, R. (1996). *Wahrnehmen- Ein Lehrbuch*. Stuttgart, Berlin, Köln: Verlag W. Kohlhammer.
- Haarmeier, T. & Thier, P. (1998). An Electrophysiological Correlate of Visual Motion Awareness in Man. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(4), 464- 471.
- Harvey, B. M. & Braddick, O. J. (2008). Psychophysical differences in processing of global motion and form detection and position discrimination. *Journal of Vision*, 8(7), 1-18.
- Hock, H. S., Schöner, G. & Giese, M. (2003). The dynamical foundations of motion pattern formation: Stability, selective adaptation, and perceptual continuity. *Perception & Psychophysics*, 65(3), 429- 457.
- Kalveram, K. T. & Ritter, M. (1979). The formation of reference systems in visual motion perception. *psychological Research*, 40(4), 397- 405.
- Kerzel, D., Hommel, B. & Bekkering, H. (2001). A Simon effect induced by induced motion and location: Evidence for a direct linkage of cognitive and motor maps. *Perception & Psychophysics*, 63(5), 862- 874.
- Kline, K. A. & Eagleman, D. M. (2008). Evidence against the temporal subsampling account of illusory motion reversal. *Journal of Vision*, 8(4), 1-5.
- Ludvigh, E. & Miller, J. W. (1958). Study of Visual Acuity during the Ocular Pursuit of Moving Test Objects. I. Introduction. *Journal of the optical society of America*, 48(11), 799- 802.
- Miller, J. W. (1958). Study of Visual Acuity during the Ocular Pursuit of Moving Test Objects. II. Effects of Direction of Movement, Relative Movement,

- and Illumination. *Journal of the optical society of America*, 48(11), 803-808.
- Purves, D., Paydarfar, J. A. & Andrews, T. J. (1996). The wagon wheel illusion in movies and reality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93, 3693-3697.
- Sarris, V. (1989). Max Wertheimer on seen motion: Theory and evidence. *Psychological Research*, 51(2), 58- 68.
- Sokolov, A., Pavlova, M. A. & Baird, J. C. (2002). Response scale transfer for visual speed. *Perception & Psychophysics*, 64(4), 561- 569.
- Sokolov, A., Pavlova, M. A. & Ehrenstein, W. H. (2000). Primacy and frequency effects in absolute judgments of visual velocity. *Perception & Psychophysics*, 62(5), 998- 1007.
- Sterzer, P., Russ, M. O., Preibisch, C. & Kleinschmidt, A. (2002). Neural correlates of spontaneous direction reversals in ambiguous apparent visual motion. *NeuroImage*, 15, 908- 916.
- Tse, P. U. & Logothetis, N. K. (2002). The duration of 3-D form analysis in transformational apparent motion. *Perception & Psychophysics*, 64(2), 244- 265.
- von Mühlenen, A. & Müller, H., J. (2000). Perceptual integration of motion and form information: Evidence of parallel-continuous processing. *Perception & Psychophysics*, 62(3), 517- 531.
- Wohlschläger, A. (2000). Visual motion priming by invisible actions. *Vision Research*, 40, 925- 930.
- Yantis, S. (1995). Perceived continuity of occluded visual objects. *Psychological Science*, 6(3), 182- 186.

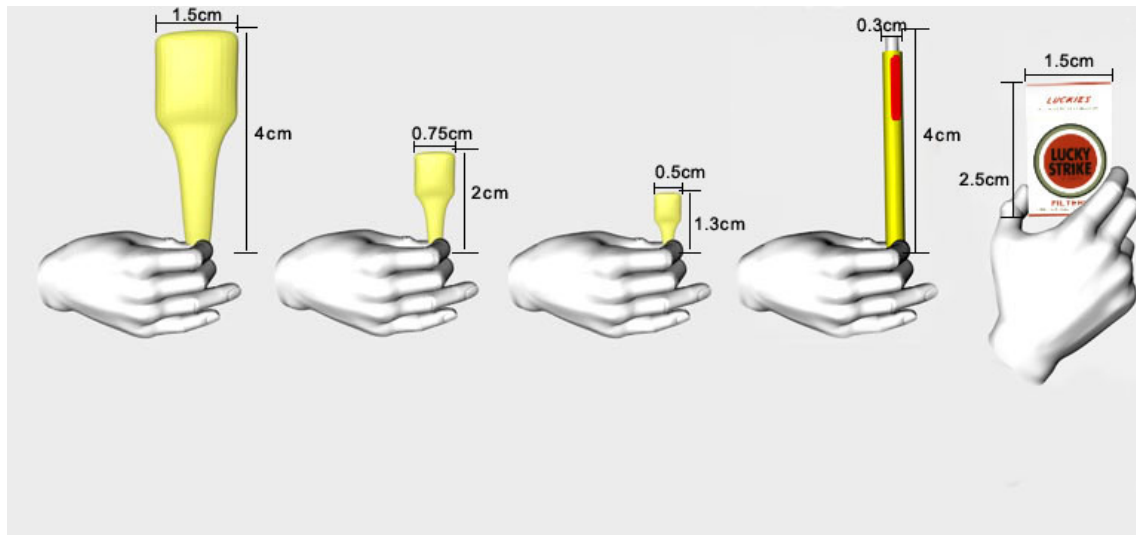
19. Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe, die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Dritte haben von mir weder unmittelbar, noch mittelbar geldwertige Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorliegenden Arbeit stehen.

Wien, am 22. März 2009

20. Anhang

20.1. Übersicht der einzelnen Objekte



20.2. Alle Geschwindigkeitskategorien im Überblick

Set 01: 175 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 0 Grad	
Set 01a: 175 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 120 Grad		Rotationszeitpunkt 120 – 0 Grad	
Set 01b: 175 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 60 Grad		Rotationszeitpunkt 60 – 0 Grad	
Set 01c: 175 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 60 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 60 Grad	
Set 01d: 175 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 60 – 120 Grad		Rotationszeitpunkt 120 – 60 Grad	
Set 01e: 175 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 50 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 120 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 120 Grad	

Set 02: 125 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 0 Grad	
Set 02a: 125 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 120 Grad		Rotationszeitpunkt 120 – 0 Grad	
Set 02b: 125 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 60 Grad		Rotationszeitpunkt 60 – 0 Grad	
Set 02c: 125 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 60 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 60 Grad	
Set 02d: 125 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 60 – 120 Grad		Rotationszeitpunkt 120 – 60 Grad	
Set 02e: 125 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 25 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 120 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 120 Grad	

Set 03: 99 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 0 Grad	
Set 03a: 99 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 120 Grad		Rotationszeitpunkt 120 – 0 Grad	
Set 03b: 99 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 60 Grad		Rotationszeitpunkt 60 – 0 Grad	
Set 03c: 99 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 60 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 60 Grad	
Set 03d: 99 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 60 – 120 Grad		Rotationszeitpunkt 120 – 60 Grad	
Set 03e: 99 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 12 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 120 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 120 Grad	

Set 04: 87 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 0 Grad	
Set 04a: 87 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 120 Grad		Rotationszeitpunkt 120 – 0 Grad	
Set 04b: 87 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 0 – 60 Grad		Rotationszeitpunkt 60 – 0 Grad	
Set 04c: 87 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 60 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 60 Grad	
Set 04d: 87 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 60 – 120 Grad		Rotationszeitpunkt 120 – 60 Grad	
Set 04e: 87 Bilder				
Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder	Bewegungsphase 06 Bilder	Ruhephase 25 Bilder
	Rotationszeitpunkt 120 – 180 Grad		Rotationszeitpunkt 180 – 120 Grad	

20.3. Das Testprozedere: Einleitung, Instruktion, Beispiel und Durchführung der Testung



HERZLICH WILLKOMMEN!

Im Rahmen meiner Diplomarbeit untersuche ich die Funktion des menschlichen Auges.

Die Befragung dauert etwa 10 bis 15 Minuten.
Danke, dass Sie sich dafür kurz Zeit nehmen.

Ihre Daten werden vertraulich und anonym behandelt.



Fragebogen starten



Angaben zur Person

Die Funktion des menschlichen Auges

Geben Sie mir zu Beginn bitte einige Angaben zu Ihrer Person bekannt.

Geschlecht:

Alter: Jahre

Höchste abgeschlossene Schulbildung:

Tragen Sie eine Brille oder Kontaktlinsen:

Weiter zur Einleitung

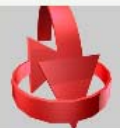


Einleitung



Im Rahmen meiner Diplomarbeit untersuche ich die Wahrnehmung verschiedener Bewegungen. Sie werden auf der nächsten Seite kurze Filmsequenzen sehen. Bitte schauen Sie sich jede Filmsequenz an. Versuchen Sie die Frage zu beantworten:

"Wurde das Objekt gedreht, gekippt oder beides?"

Es gibt drei Bewegungsformen:	 drehen	 kippen	 beides
Um die Bewegungen zu beurteilen, stehen Ihnen diese drei Knöpfe zur Verfügung:	 gedreht	 gekippt	 beides

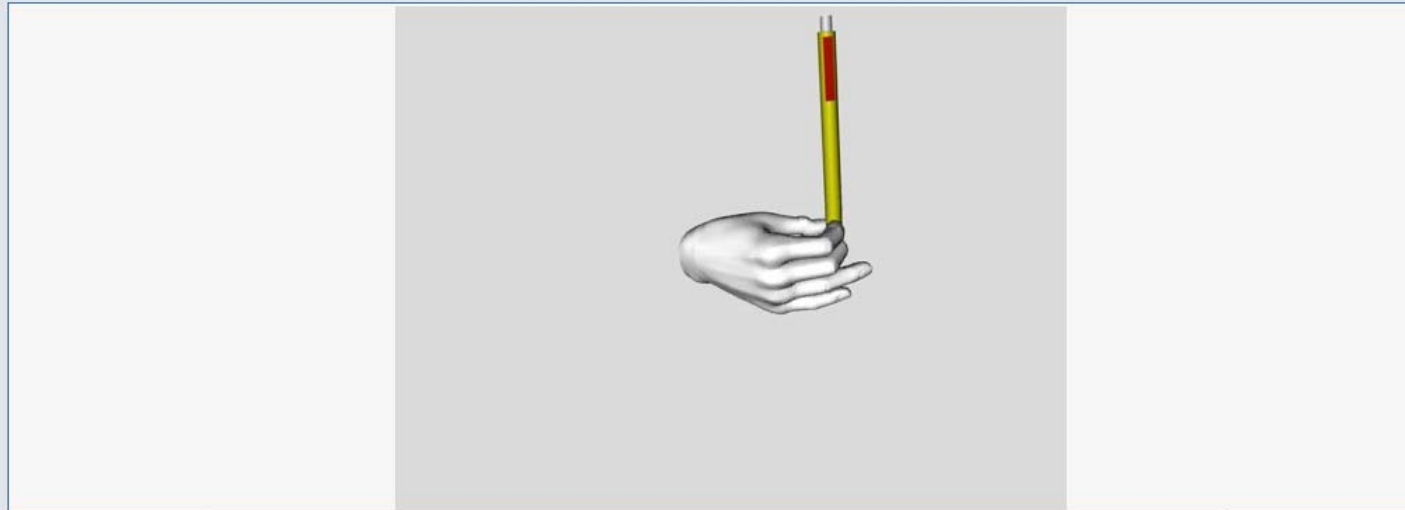


Probieren Sie einfach das Beispiel und klicken Sie hier:

[Weiter zum Beispiel](#)



...gedreht, gekippt oder beides?



Ihre
Antwort:



gedreht



gekippt



beides

Weiter

keine Bewegung

20.4. Die Sehprobentafel

Sehproben pocketcard 

8 3 6		Visus	5%
9 2 7 4			10%
5 3 9 6 1 8			20%
7 2 4 	0 X 0 		50%
5 6 8 3 	X 0 0 		60%
4 6 7 2 6 	0 X X 		75%
9 7 8 2 6 3 	X 0 X 		85%
2 5 7 3 2 8 	0 0 X		90%
4 9 6 8 5 3 	0 X X		95%
1 1 1 1 1 1 	1 0 0		100%

Der Abstand der Karte zum Auge sollte bei guter Beleuchtung ca. 35 cm betragen. Die Augen sollte getrennt voneinander und mit und ohne Sehhilfe untersucht werden.

Pupillendurchmesser (mm)

2	3	4	5	6	7	8	9
							

21. Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name: Kristian Gröbl
Geburtsdatum: 16.10.1979
Staatsbürgerschaft: Österreich
Familienstand: ledig, keine Kinder

Ausbildung

1999-2009 Studium der Psychologie an der Universität Wien
1993-1998 Schottengymnasium der Benediktiner, 1010 Wien
1988-1993 Wienersängerknaben

Praktika und berufliche Erfahrung

2008/ 2009 Studienassistent an der Universität Wien, Fakultät für Psychologie, Institut für Wirtschaftspsychologie, Bildungspsychologie und Evaluation
Seit 2007 Evaluationsassistent bei atempo GesmbH
Projektbegleitung: UNIQ (in Konzeption)
Projektbegleitung: leben.selbst.bestimmt (Berlin; 2009)
Projektbegleitung: Nueva (Graz, Wien, Berlin; seit 2008)
2006 Praktikum im arbeitsmarktpolitischen Bereich; Mentor GmbH;
2005-2006 Mitarbeiter bei AS-Services und Dienstleistungen;
2000-2003 C&A-Mode GesmbH & Co KG
1998-1999 Bundesheer; Maria Theresien- Kaserne, Wien

Weitere Qualifikationen:

Sprachen: Englisch fließend in Wort und Schrift
Kroatisch verhandlungssicher
Slowenisch Grundkenntnisse
EDV: MS Office, SPSS, Photoshop, Cinema4D