Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Validierung des trucks-Tests im Rahmen eines Neo-Piaget'schen Modells der Water-Level Tasks

Verfasser

Florian Weixlbraun

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Februar 2009

Studienkennzahl:	298
Studienrichtung:	Psychologie
Betreuer:	Univ.-Prof. Dr. Ilse Kryspin-Exner

für meine Eltern

Vorwort

An der Entstehung der vorliegenden Arbeit hat eine Reihe von Personen mitgewirkt, die maßgeblich zum Gelingen der Untersuchung beigetragen haben. Sie sollen hier Erwähnung finden.

Zunächst danke ich Frau Univ.-Prof. Dr. Ilse Kryspin-Exner vom Institut für Klinische, Biologische und Differentielle Psychologie für die Möglichkeit, im Rahmen der Weiterentwicklung der CNP meine Diplomarbeit zu verfassen; Herrn Mag. Dr. Ulrich Tran für seine kompetente Betreuung und sein großzügiges Engagement, sowie Frau Mag. Elisabeth Lamplmayr, Frau Mag. Dorothea König und Frau Dr. Katharina Pal-Handl für ihre freundliche Zusammenarbeit.

Herr Mag. Markus Sommer von der Firma Schuhfried hat mir den Gestaltwahrnehmungstest zur Verfügung gestellt; Herr Kurt Ludikovsky und Herr Alexander Spielauer halfen mir bei speziellen Problemen in der technischen Umsetzung.

Besonders möchte ich meinen Eltern und Großeltern, sowie meiner Freundin, für ihre tatkräftige, monatelange Unterstützung, Hilfsbereitschaft und Geduld danken. Ihre unermüdliche Anteilnahme und Ermutigung bildeten ein Fundament für die Entstehung der vorliegenden Arbeit. Sie sind es auch, welche das gesamte Spektrum emotionaler Auswirkungen des Schaffungsprozesses zu spüren bekamen und trotzdem stets Verständnis und Interesse zeigten.

Abschließend gilt mein Dank all jenen Personen, welche an der Organisation der Testungen mitgewirkt haben – ohne sie wäre die Durchführung einer solchen Studie nicht möglich –, insbesondere Herrn Wolfgang Steubl, Herrn Franz Krestan, Frau Bianca und Herrn Alfred Seemann, Frau Iris Klar, Herrn Stephan Spindler, Herrn Herbert Hackl, Frau Michaela und Herrn Peter Winter, sowie Frau Mag. Angelika Ortner.

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG 11

THEORETISCHER HINTERGRUND 15

1 Zur Entwicklung des räumlichen Denkens 15

1.1 Die Entwicklungsstadien nach Jean Piaget 15

2 Neo-Piaget‘sche Ansätze: Die theory of constructive operators 18

3 Aktueller Forschungstand zu den Wasserspiegelaufgaben 23

3.1 Altersverlauf und Geschlechtsunterschiede 23

3.2 Subgruppenstruktur und Feldeinflüsse 25

3.3 Zusammenhang mit anderen Bereichen räumlicher Fähigkeiten 27

4 Störungen des räumlichen Denkens 29

5 M capacity und die water-level tasks 30

6 trucks-Test 32

6.1 Bisherige testtheoretische Analysen 34

EMPIRISCHE STUDIE 37

7 Zielsetzung und Hypothesenformulierung 37

7.1 Das Modell 37

7.2 Spezifische Fragestellungen 38

7.3 Testtheoretische Analyse 40

8 Methode 41

8.1 Stichprobe 41

8.2 Durchführung der Untersuchung 41

8.3 Verwendete Verfahren 42

8.3.1 Wasserspiegelaufgaben 43
8.3.2 trucks-Test 44
8.3.3 Gestaltwahrnehmungstest 45
8.3.4 Zahlennachsprechen 46
8.3.5 Wissensabfrage 47
8.3.6 Erhebung der soziodemographischen Variablen 47
8.3.7 Verwendete Geräte und Programme 48
8.4 Auswertung 48
9 Beschreibung der Stichprobe 49
10 Ergebnisse 52
10.1 Rohwertanalyse 52
10.1.1 Trucks-Test 53
10.1.2 Wasserspiegelaufgaben 57
10.1.3 M capacity 58
10.1.4 Gestaltwahrnehmungstest 60
10.1.5 Wissenstest 62
10.2 Spezifische Fragestellungen 65
10.2.1 Dichotomisierung 65
10.2.2 Trucks-Test und Wasserspiegelaufgaben 66
10.2.3 Lerneffekte 67
10.2.4 Bedeutung der M capacity 67
10.2.5 Relevantes physikalisches Wissen 69
10.2.6 Einfluss der Feldabhängigkeit 71
10.3 Testtheoretische Analyse 73
10.3.1 Klassische Testtheorie 73
10.3.2 Probabilistische Testtheorie 76

10.3.3 Weiterführende Analysen 79

11 Interpretation 81

12 Diskussion und Kritik 84

ZUSAMMENFASSUNG 89

LITERATURVERZEICHNIS 93

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 101

TABELLENVERZEICHNIS 103

ANHANG 105

Einleitung

Die Fähigkeit zur räumlichen Vorstellung ist innerhalb der Neuropsychologie von besonderem Interesse. Im Mittelpunkt steht dabei das Erkennen der Lage und Beziehung von Körpern im dreidimensionalen Raum, was eine wesentliche Voraussetzung für freie Navigation und Orientierung in der Welt darstellt.

Das Vermögen zur visuellen, auditiven und vestibulären Raumorientierung kann dabei durch eine Vielzahl von Störungen und Krankheiten beeinflusst sein, allen voran bei Läsionen der rechten Großhirnhemisphäre. Eine besondere Rolle spielt hier der parietale Kortex, dessen Funktionen die sensorische Kontrolle von Bewegung sowie die Wahrnehmung und Orientierung im Raum sind. Diese sensomotorischen Fähigkeiten ermöglichen beispielswiese zielgerichtete Handbewegungen ebenso wie andere auf den Raum gerichtete Leistungen (Thier, 2006).

Für die visuelle Raumorientierung ist die Ausbildung eines stabilen, dreidimensionalen Koordinatensystems entscheidend, dessen horizontale und vertikale Achse jeweils über die Schwerkraft definiert ist. Die Entwicklung eines solchen Bezugssystems vollzieht sich nach Piaget und Inhelder (1971) in der Kindheit und gilt mit einem Alter von etwa neun bis zwölf Jahren als abgeschlossen.

Die in der psychometrischen Erfassung dieses Entwicklungsstandes vielfach eingesetzten Wasserspiegel- und Senkbleiaufgaben widmen sich eben jenem Prinzip der Horizontalität bzw. Vertikalität.

Ein alternatives Instrument hierfür ist der trucks-Test. Dieser ist Bestandteil der Computerisierten Neuropsychologischen Testbatterie (CNP) von Gur (1996), welche eine Reihe von Subtests beinhaltet, die sogenannte „neurobehavioral probes“ darstellen, also der Erfassung bestimmter, eng umschriebener Fähigkeiten dienen. Diese Testbatterie wurde im Jahre 1999 am damaligen Institut für Klinische Psychologie der Universität Wien ins Deutsche übertragen und einer ersten Erprobung unterzogen; seither wird im Rahmen von Diplomarbeiten fortwährend an der Weiterentwicklung und Evaluation einzelner Verfahren gearbeitet.

In diesem Sinne ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, einen Beitrag zur Validierung des trucks-Tests zu leisten. Zu diesem Zwecke wird ein Modell zum Bedingungsgefüge der Leistungen in diesem Test gemäß dem Prinzip der Horizontalität bzw. Vertikalität erstellt, welches neben dem direkten Vergleich mit herkömmlichen Papier-Bleistift-Wasserspiegelaufgaben auch die Untersuchung des Einflusses weiterer Variablen, orientiert am aktuellen Forschungsstand, erlaubt.

Im ersten Teil der Diplomarbeit wird auf den theoretischen Hintergrund eingegangen. Kapitel 1 stellt ausführlich die Entwicklung des räumlichen Denkens nach Jean Piaget dar, Kapitel 2 beschreibt einen für die Studie wesentlichen Neo-Piaget’schen Ansatz der theory of constructive operators, und in Kapitel 3 wird der aktuelle Forschungsstand zu den Wasserspiegelaufgaben zusammengefasst.

Des Weiteren wird ein Überblick über räumliche Störungen gegeben (Kapitel 4), das in der theory of constructive operators spezifizierte Konstrukt der M capacity in Verbindung zu den Wasserspiegelaufgaben gesetzt (Kapitel 5) und schlussendlich der

trucks-Test mitsamt allen bisherigen testtheoretischen Analysen genauestens erläutert (Kapitel 6).

Der empirische Teil der Arbeit gliedert sich folgendermaßen: Zunächst folgt die Aufstellung und Spezifizierung des zu prüfenden Modells samt Zielsetzung und Hypothesenformulierung (Kapitel 7) und anschließend die Darstellung des Versuchsdesigns, der Durchführung und Operationalisierung (Kapitel 8). Die Beschreibung der Stichprobe findet sich in Kapitel 9; der Präsentation der Ergebnisse ist Kapitel 10 gewidmet. Kapitel 11 und 12 schließlich reflektieren, interpretieren und diskutieren ausführlich die gewonnenen Resultate.

Theoretischer Hintergrund

1 Zur Entwicklung des räumlichen Denkens

Die Wahrnehmung eines stabilen räumlichen Bezugssystems im euklidischen Raum ist Grundvoraussetzung für adaptive Funktionen menschlicher Tätigkeit; dynamische räumliche Repräsentationen im Rahmen eines solchen Bezugsystems sind entscheidend für die Lösung praktischer Probleme.

1.1 Die Entwicklungsstadien nach Jean Piaget

Ebenso wie die Theorie der Intelligenzentwicklung vollzieht sich auch die Entwicklung des räumlichen Denkens in invarianten, aufeinanderfolgenden Stufen. Zunächst erwirbt das Kind im sensomotorischen und präoperativen Stadium das Konzept der topologischen Relationen von Nachbarschaft, Trennung, Reihenfolge, Umschlossensein und Stetigkeit. Die Wahrnehmung ist auf das Vordergründige beschränkt und bildet sich aus der Nähe zwischen Elementen einer und derselben Figur oder einer und derselben von ihnen strukturierten Konfiguration; sie sind unabhängig von der Dehnung oder Zusammenziehung der beteiligten Figuren, wodurch bei ihnen weder Entfernungen noch Geraden, Winkel, usw. beibehalten werden. Der ursprüngliche topologische Raum liegt also im Inneren einer Figur und bringt deren innere Eigenschaften zum Ausdruck, ein Gesamtraum, der alle Figuren und ihre Lage zueinander umfasst, ist noch nicht vorhanden (Piaget & Inhelder, 1971).

Erst auf der Stufe der konkreten Operationen setzt eine fortschreitende Dezentrierung und Differenzierung des Blickwinkels ein, wodurch das Kind schließlich ein Bewusstsein für projektive (Beibehalten der Geraden, Winkel, Kurven,

Entfernungen sowie anderer festgelegter Beziehungen) und letztlich euklidische Relationen erwirbt, d.h. es ist in der Lage, Gegenstände zueinander und zu sich selbst in Beziehung zu setzen. Außerdem erwirbt es die Konzepte der Klassifikation und der Invarianz. Ab etwa neun Jahren benützt es ein stabiles, dreidimensionales Koordinatensystem als Bezugssystem beim Lösen von räumlichen Problemen, dessen horizontale und vertikale Richtung über die Schwerkraft definiert ist (ebd.).

Um herauszufinden, inwiefern Kinder die Horizontale bzw. Vertikale bereits beherrschen, verwendete Piaget unter anderem Wasserspiegel- und Senkbleiaufgaben. Die aus diesen Untersuchungen resultierenden Entwicklungsstadien seien im Folgenden genauer beschrieben; ihre Darstellung orientiert sich dabei an Lohaus et al. (1999).

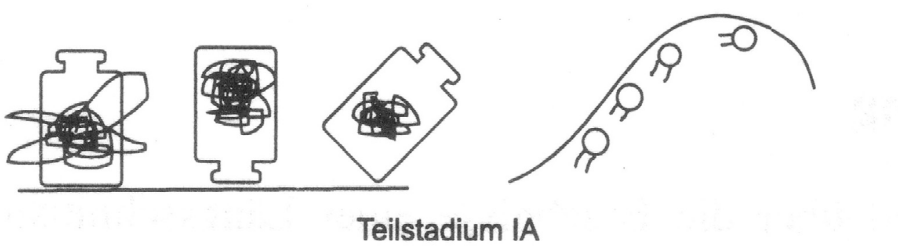


Abbildung 1: Beispielzeichnungen in der ersten Phase (nach Lohaus et al., 1999)

Bis zu einem Alter von etwa 4 bis 5 Jahren (Teilstadium I A, siehe Abbildung 1) fehlt dem Kind nahezu jegliches Verständnis eines räumlichen Bezugssystems. Die Darstellung von Wasser in einem Gefäß besteht aus unsystematischem Gekritzel und kreisförmigen Flecken oder Kugeln; es wird damit lediglich die topologische Relation zum Ausdruck gebracht, dass sich die Flüssigkeit in irgendeiner Weise im oder nahe dem Gefäß befindet. Auch bezüglich der Vertikalität ist zu beobachten, dass sich

Bäume oder Häuser an einen Hügel anlehnen oder parallel zum Hang des Berges gezeichnet werden, wodurch ausschließlich Nachbarschaft bezeichnet wird.

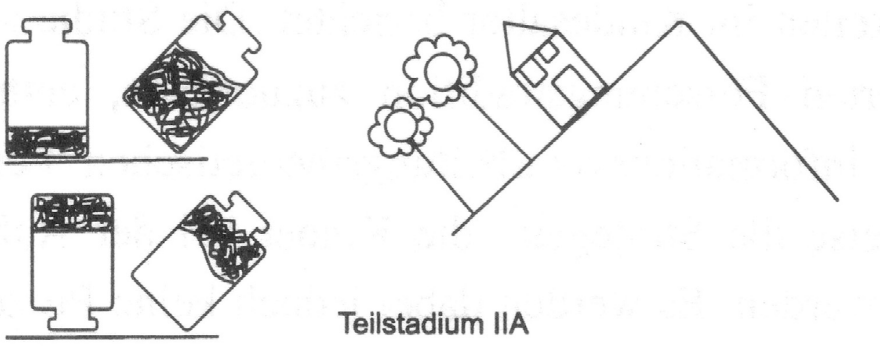


Abbildung 2: Beispielzeichnungen in der Phase IIA (nach Lohaus et al., 1999)

Nach einer Übergangsphase (Teilstadium I B) erwirbt das Kind auf der nächsten Entwicklungsstufe (Teilstadium II A) die Fähigkeit, Gegenständen fixe Positionen im Raum zuzuweisen. So zeichnet es den Wasserspiegel nun immer parallel zum Gefäßboden und Bäume oder Häuser rechtwinklig zu den Hügeldarstellungen.

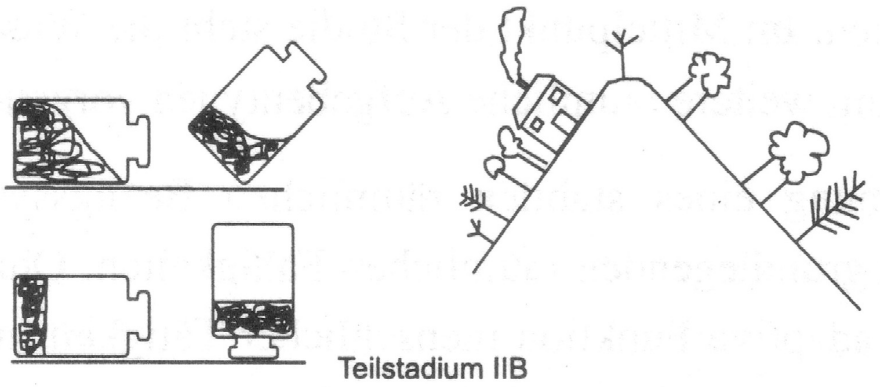


Abbildung 3: Beispielzeichnungen in der Phase IIB (nach Lohaus et al., 1999)

Die Phase II B ist wiederum als Übergangsstadium zu sehen, das durch ein Ausprobieren verschiedenster Herangehensweisen gekennzeichnet ist, welches einem versuchs- und irrtumsgeleiteten Experimentieren ähnelt. Das 7 bis 8 jährige Kind lässt immer größere Variationen in seinen Leistungen erkennen: Es versucht die

Bewegungsrichtung des Wassers in einem kippenden Gefäß anzugeben, obwohl es den Wasserspiegel nach wie vor parallel zum Gefäßboden zeichnet, da ihm noch ein Bezugssystem außerhalb des Gefäßes fehlt, an dem es sich orientieren kann.

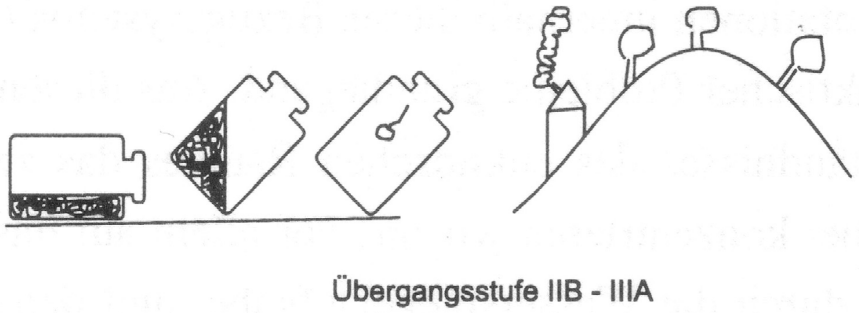


Abbildung 4: Beispielzeichnungen in der dritten Phase (nach Lohaus et al., 1999)

Im letzten Stadium erlangt das Kind das Verständnis der Horizontalität und Vertikalität. Die erste Phase III A ist gekennzeichnet durch ein immer häufigeres Referieren auf äußere Bezugssysteme und eine Ausweitung des Verständnisses des Koordinatensystems auf das gesamte räumliche Feld. Das Kind variiert den Wasserspiegel in vielfältiger Weise, bis endlich (Teilstadium III B) mit etwa 9 Jahren eine Einordnung der Horizontalen und Vertikalen in ein räumliches Gesamtsystem stattfindet. Ein vollständiges Verständnis für alle Eigenschaften des euklidischen Systems findet sich ab einem Alter von etwa 11 bis 12 Jahren.

2 Neo-Piaget‘sche Ansätze: Die theory of constructive operators

Aus der Kritik an Piaget entstanden eine Reihe neuerer wissenschaftlicher Strömungen, die oftmals unter Beibehaltung der Annahme von aufeinanderfolgenden Stadien und strukturellen Veränderungen auch Fertigkeiten (skill theory; Fischer,

1980), Bereichspezifität (assemblage theory; Anderson & Wilkening, 1991) sowie Informationsverarbeitung und Gedächtnis (Siegler, 1998) in ihre Konzeptionen miteinbeziehen.

Informationsverarbeitungstheorien stellen strukturelle Merkmale wie sensorisches Gedächtnis, Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis sowie Prozesse der Automatisierung und Enkodierung in den Vordergrund. Für das Lösen einer Aufgabe ist die Entwicklung des Arbeitsgedächtnisses von besonderer Bedeutung, welches alle aufgabenrelevanten Parameter parat halten muss. Die Fähigkeit zum Enkodieren und somit zum Identifizieren der wesentlichen Merkmale einer Aufgabe ist eine weitere Vorrausetzung für lösungsorientiertes Handeln. Außerdem stehen individuelles Vorwissen und Erfahrung in direktem Zusammenhang mit der Lösungswahrscheinlichkeit einer Aufgabe.

Die theory of constructive operators (Pascual-Leone, 1969, 1970, 1987; Pascual-Leone & Goodman, 1979) unterscheidet auf kognitiver Ebene Schemata als basale Informationseinheiten sensu Piaget und general-purpose operators. Schemata beinhalten spezifische Informationen und konstituieren in ihrer Gesamtheit das Langzeitgedächtnis einer Person. Unterschieden werden figurative Schemata, welche kognitive Zustände reflektieren, und operative Schemata, welche für die Ausführung von Prozeduren und Transformationen verantwortlich sind, wobei exekutive Schemata hierbei eine Sonderform darstellen (s.u.). Aktiviert werden sie entweder durch äußere Reize (field factors) oder interne Quellen (affects, overlearning, automatization, m capacity).

Die Aufgabe der general-purpose mechanisms oder silent/hidden operators liegt in der Aktivierung bzw. Deaktivierung und Neugenerierung solcher Schemata. Auf einen äußeren Input folgt die Aktivierung mehrerer bestimmter Schemata, welche zusammen das „field of mental attention“ oder Arbeitsgedächtnis konstituieren (Kemps et al., 2000). Der M operator (mental energy) stellt eine zentrale limitierte Aufmerksamkeitsressource („hardware“) dar, die mit dem Alter zunimmt und von exekutiven Schemata („software“) verwendet werden kann, um eine begrenzte Anzahl anderer aufgabenrelevanter Schemata zu aktivieren. Ihm gegenüber steht der I operator (interrupt), der im Sinne einer komplementären Kontrollfunktion aktuell irrelevante Schemata hemmt bzw. deaktiviert. Beides sind zentrale Top-Down Prozesse, die meist bewusste Operationen generieren. Der F operator (field) aktiviert vor allem Schemata, die in Verbindung mit Gestaltprinzipien stehen und der L operator (learning) dient der Erlernung neuer und der hierarchischen Verknüpfung bereits vorhandener Schemata im Sinne einer Automatisierung.

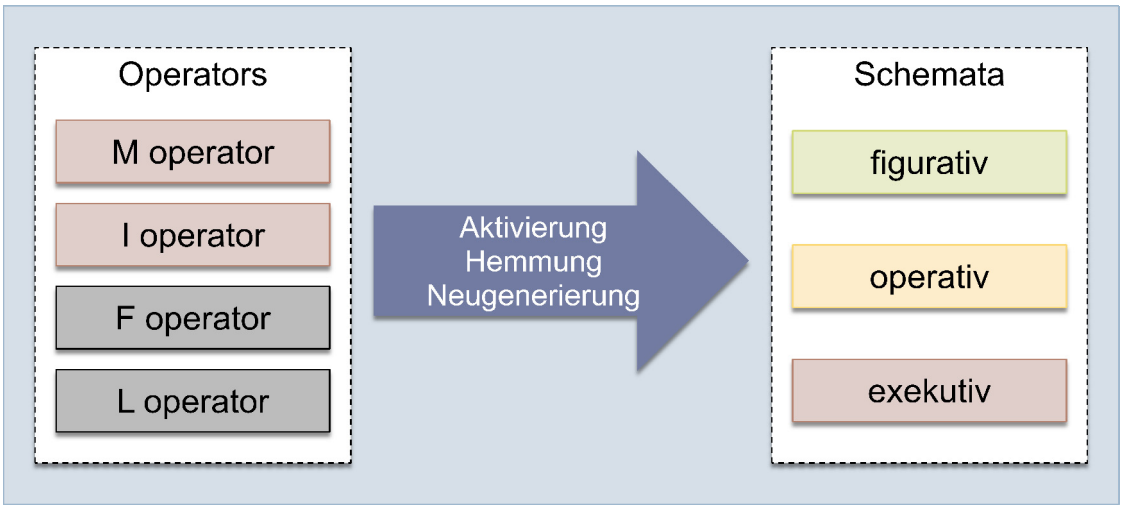


Abbildung 5: Schematische Darstellung der theory of constructive operators

Die „hardware operators" haben nach Pascual-Leone (2000b) eine interpretierbare neuronale Grundlage. Der M operator entspricht einem selektiven und präfrontal kontrollierten Generator bioelektrischer Aktivität. Dieser Hochfrequenz-Oszillator ist verantwortlich für die Hyperaktivierung informationstragender neuronaler Schaltkreise. Der I operator entspricht inhibitorischen präfrontalen Prozessen, welche das Feuern entsprechend überaktivierter Neuronenverbände reduzieren. Demgegenüber ist der F operator möglicherweise nur in lokale inhibitorische Prozesse (Verhinderung der Ausweitung der neuronalen Aktivierung) involviert, wodurch hyperaktivierte Schaltkreise dazu neigen, weniger aktivierte, konkurrierende Verbände zu unterdrücken, was letztlich Gestaltprinzipien wie jene der Einfachheit oder der guten Form verursachen. Die dynamische Interaktion dieser „hardware operators" ermöglichen dem Präfrontalen Kortex letztlich die Regulation (Hyperaktivierung oder aktive [I] bzw. passive [F] Hemmung) spezifischer neuronaler Schaltkreise.

Jede zusätzliche Aktivierung von Schemata benötigt Aufmerksamkeitsenergie. M capacity ist definiert als die Anzahl mentaler Repräsentationen (figurative und operative Schemata), die (bei vorhandenen Aufmerksamkeitsressourcen) gleichzeitig aktiviert werden können. Nach Pascual-Leone (1970) besitzen 3-jährige eine M operator capacity von *e*+1, welche die gleichzeitige Ausführung des exekutiven Schemas (*e*) für die momentane Aufgabe plus eines weiteren figurativen oder operativen Schemas (+1) ermöglicht. Alle zwei Jahre erweitert sich diese M capacity um ein zusätzliches Schema bis zum Maximum von etwa 7 Schemata im Alter von fünfzehn bis sechzehn Jahren (Pascual-Leone & Baillargeon, 1994; Morra, 1994), was

letztlich die Lösung immer komplexerer kognitiver Aufgaben ermöglicht. Jeder Zuwachs an M capacity konstituiert somit den Übergang von einer Piaget'schen oder Neo-Piaget'schen qualitativen Entwicklungsstufe zur nächsten. Die kognitive Entwicklung besteht nach Pascual-Leone (1970) also in der wachsenden Fähigkeit, gleichzeitig mit einer ständig steigenden Anzahl an Schemata umzugehen und diese zu koordinieren, in der Aneignung neuer Schemata und Strategien (exekutive und operative Schemata) sowie in der Fähigkeit, überlernte und automatisierte oder Stimulus-kompatible Schemata zu hemmen.

Exekutive Schemata repräsentieren affektive Ziele, automatisierte Strategien und Kontroll- sowie Planungsprozesse, außerdem überwachen sie die Verwendung der Aufmerksamkeitsressourcen (M und I operators). Sie sind somit in ihrer Funktionsweise den general-purpose operators ähnlich, unterscheiden sich von diesen allerdings aufgrund ihres spezifischen Inhaltes. Ihre neuropsychologische Grundlage haben exekutive Schemata im dorsolateralen Teil des Lobus präfrontalis (Pascual-Leone & Baillargeon, 1994).

Sind mehrere zueinander inkompatible Schemata aktiv, welche letztlich die Aufgabenlösung beeinträchtigen, besteht nach Pascual-Leone (1989, 2000) ein kognitiver Konflikt; in „misleading situations" sind vor allem jene Schemata aktiv, welche einer korrekten Leistung im Wege stehen. Verantwortlich dafür zeigen sich die F und L Operatoren (perzeptive Eigenschaften, vergangene Lernerfahrungen, Gewohnheiten), während die E, M und I Operatoren irrelevante Schemata zu hemmen und relevante zu aktivieren suchen. So konnte gezeigt werden, dass feldunabhängige

Personen stärkere E, M und I Operatoren und Feldabhängige stärker ausgeprägte F und L Operatoren besitzen (Pascual-Leone, 1989; Pascual-Leone & Morra, 1991).

M capacity wird gemessen als die maximale Anzahl diskreter Informationseinheiten oder unabhängiger kognitiver Schemata, die eine Person gleichzeitig zu jeder Zeit im Arbeitsgedächtnis halten kann (Johnson et al., 2003). Insofern unterscheiden sich Testitems in gängigen Verfahren allein in der Anzahl von Schemata, welche gleichzeitig aktiv gehalten werden müssen (M demand). Daraus resultiert auch, dass verschiedene Verfahren in unterschiedlichen Domänen (verbal, visuell-räumlich, etc.) dieselbe Skalierung besitzen und Leistungen außerdem verfahrensübergreifend verglichen werden können.

3 Aktueller Forschungstand zu den Wasserspiegelaufgaben

Die meisten Arbeiten zum Problem der Horizontalität bzw. Vertikalität benutzen in der Tradition von Piaget und Inhelder (1956, 1971) Papier-Bleistift-Formen der Wasserspiegelaufgaben. Dabei müssen die Probanden in vorgegebene Abbildungen von geneigten oder gekippten Gefäßen den Flüssigkeitsspiegel einzeichnen, wenn diese halb voll wären. Seltener findet man die Verwendung von realen Gegenständen (Willemsen & Reynolds, 1973), wobei gerade dreidimensionale Darstellungen von horizontalen und vertikalen Aufgaben die Lösung vereinfachen (Baldy et al., 2004).

3.1 Altersverlauf und Geschlechtsunterschiede

Gut gesichert ist die Entwicklung des Prinzips der Horizontalität bei Kindern und Jugendlichen von acht bis sechzehn Jahren (Thomas, Lohaus & Kessler, 1999; Golbeck, 1999; Lohaus et al., 1996); ältere Kinder zeigen ein besseres Lösungsverhalten als

jüngere und männliche Probanden schneiden in der Regel besser ab als weibliche. Innerhalb jeder Alters- und Geschlechtsgruppe befinden sich ebenso Personen, welche die Aufgaben lösen können, wie solche, die dies nicht vermögen (Lohaus et al., 1994). Weniger diesbezügliche Arbeiten findet man hingegen im Erwachsenenalter (Hammer et al., 1995; Amponsah & Krekling, 1994). In einer aktuellen Studie von Tran und Formann (2008) konnte an einer Stichprobe von 1704 Versuchspersonen im Alter von 4 bis 95 Jahren die von Piaget postulierte Zunahme der Lösungshäufigkeit bei Kindern und Jugendlichen ebenso wie ein relatives Plateau im mittleren und eine Abnahme der selbigen im höheren Erwachsenenalter (> 60) nachgewiesen werden.

Obwohl nach Piaget das Prinzip der Invarianz des Wasserspiegels mit Beginn der Adoleszenz verinnerlicht sein sollte, weisen eine Reihe von Studien darauf hin, dass selbst Erwachsene – vor allem Frauen – Fehler bei den Wasserspiegelaufgaben machen (Liben & Golbeck, 1980, 1984; Kalichman, 1988; Liben, 1991; Levine & Stern, 2002). Vasta et al. (1997) konnten nachweisen, dass Personen, welche berufsbedingt im Alltag mit solcherart Problemen konfrontiert sind (Barkeeper, Kellner, etc.), bessere Leistungen erzielen als Kontrollpersonen.

Viele Untersuchungen widmen sich den Zusammenhängen von geschlechtsbezogenen Unterschieden beim Lösen von Horizontalitäts- und Vertikalitätsaufgaben. So berichten Signorella und Jamison (1978), dass Mädchen mit einer maskulinen Geschlechtsrollenorientierung bessere Ergebnisse erzielen als jene mit femininer Geschlechtsrollenorientierung. Diskutiert wird auch ungenügendes Wissen um die relevanten zugrundeliegenden physikalischen Phänomene, wobei vor allem mehr Männer das Prinzip der Invarianz des Wasserspiegels kennen (Pulos, 1997;

Vasta et al., 1994; Liben & Golbeck, 1984). Außerdem unterliegen Frauen deutlicher dem Orientierungseffekt, wonach ein größerer Neigungswinkel des Gefäßes mehr Fehler bedingt als ein geringerer (Vasta et al., 1994). Diese Geschlechtsunterschiede verschwinden unter haptischen Bedingungen, wenn die Versuchsteilnehmer die jeweiligen Behälter sowohl sehen als auch deren Konturen erfühlen oder spüren können (Robert et al., 1994).

3.2 Subgruppenstruktur und Feldeinflüsse

Lohaus et al. (1994) identifizierten verschiedene Subgruppen, die sich in ihrem Lösungsverhalten unterscheiden. Neben den Personen, welche die Aufgaben korrekt lösen, können jene, die dies nicht schaffen, nochmals unterteilt werden in solche mit systematischem (gemäß der Regel Orientierung am Gefäßboden) und solche mit unsystematischem, also zufallsähnlichem, inkorrekten Lösungsverhalten. Der im Rahmen der Längsschnittstudie gefundene typische Entwicklungsverlauf entspricht den von Piaget postulierten Stadien und führt von der Orientierung am Gefäßboden über ein zufallsähnliches Antwortverhalten zur Nutzung der korrekten Lösungsstrategie, wobei nicht jede dieser Stufen tatsächlich erreicht bzw. durchlaufen wird (Lohaus et al., 1999).

Die berichteten Geschlechtsunterschiede können damit relativiert werden: unterschiedliche Anteile der Subgruppen innerhalb der einzelnen Alters- und Geschlechtsgruppen werden als Erklärung für die durchschnittlich schlechteren Leistungen der weiblichen Personen angesehen; es handle sich damit ausschließlich um Anteilsunterschiede in den einzelnen Subgruppen, nicht jedoch um ein grundsätzlich unterschiedliches Lösungsverhalten (Lohaus et al., 1996).

Einen weiteren Einfluss auf das Lösungsverhalten von Wasserspiegelaufgaben haben Feldeffekte, welche von dem gezeichneten Gefäß ausgehen. Personen, welche die korrekte Lösungsregel anwenden, lassen sich weniger von Feldeffekten beeinflussen; deren Wirkung ist umgekehrt umso stärker, wenn die Versuchsteilnehmer unsystematisch antworten. In dieser Situation, die ohnehin durch eine gewisse Unsicherheit gekennzeichnet ist, gewinnen Feldeffekte an Bedeutung. Trotzdem lassen sich diese auch bei Nutzung einer systematischen Regel nicht gänzlich ausschalten, wodurch angenommen werden kann, dass die Anwendung bestimmter Regeln einerseits und Feldeffekte andererseits jeweils getrennt auf das Lösen von Wasserspiegelaufgaben einwirken (Lohaus et al., 1996, 1999).

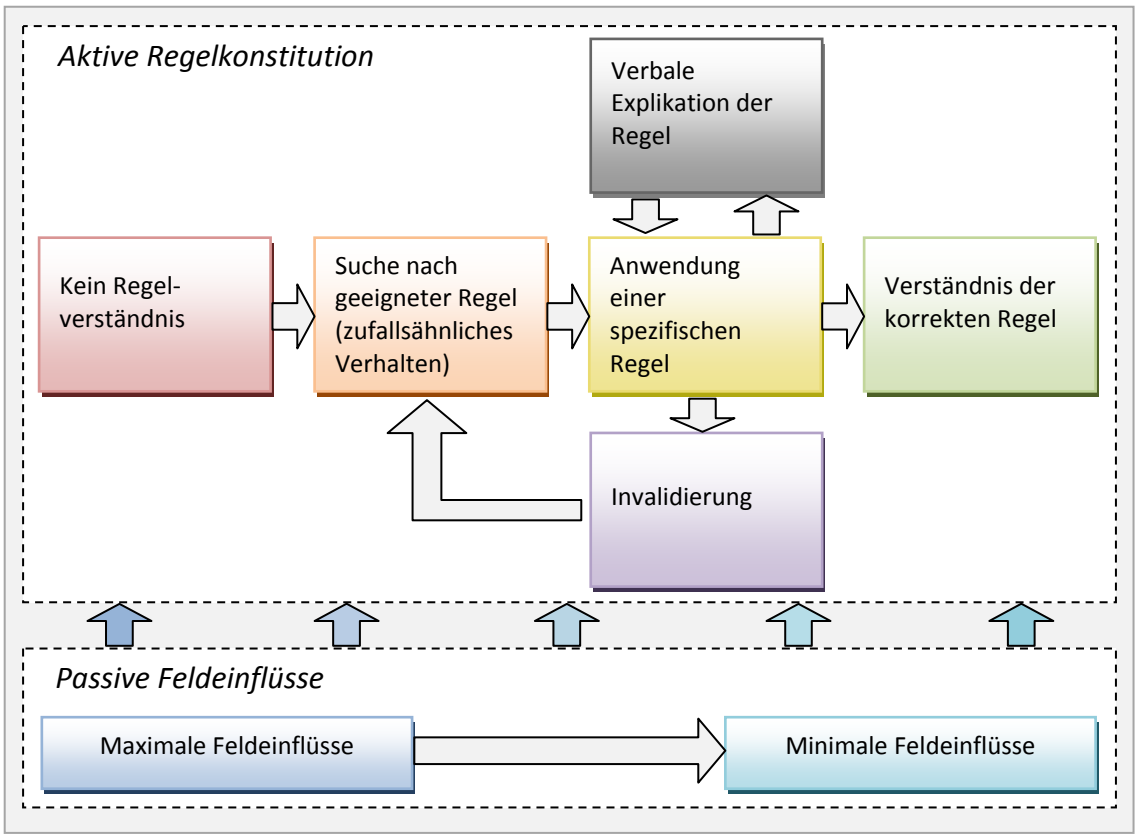


Abbildung 6: Regelkonstitution und Feldeinflüsse bei Wasserspiegelaufgaben (nach Lohaus et al., 1999)

Der Entwicklungsprozess zum Verständnis der korrekten Lösung wird durch die sukzessive Testung unterschiedlicher Herangehensweisen zur Aufgabenlösung

charakterisiert (siehe Abbildung 6). Nach Initiierung einer Suche und darauffolgender Anwendung einer spezifischen Regel erfolgt bei Invalidierung (z.B. Orientierung am Gefäßboden) eine erneute Suchphase. Hierbei tritt ein zufallsähnliches Antwortverhalten auf und Feldeffekte entfachen ihre maximale Wirksamkeit. Wird eine spezifische Regel verfolgt und steigt ihre verbale Explizierbarkeit, nimmt dieser Einfluss ab. Allerdings ist unklar, ob dieser Entwicklungsprozess (wie bei Piaget herausgearbeitet) stets mit der Orientierung am Gefäßboden beginnt oder ob zunächst über einen längeren Zeitraum ein unsystematisches Lösungsverhalten vorliegt, falls es einer Person nicht gelingt, eine Regel für diesen Aufgabentyp zu konstituieren (Lohaus et al., 1999).

3.3 Zusammenhang mit anderen Bereichen räumlicher Fähigkeiten

Die nach wie vor breite Beachtung findende Kategorisierung räumlicher Fähigkeiten von Linn und Petersen (1985) unterscheidet Aufgaben zur

a) Räumlichen Wahrnehmung, welche die Bestimmung räumlicher Relationen von Objekten zur eigenen Körperorientierung bzw. den umgebenden Raum erfordert. Es ist also eine Orientierung im euklidischen Raum vonnöten, bei welcher entweder die Horizontalität oder die Vertikalität im Zentrum der Aufmerksamkeit steht. Hierzu zählen zum Beispiel der Rod-and-Frame Test (RFT; Witkin, Dyk & Faterson, 1962) sowie die Wasserspiegelaufgaben von Inhelder und Piaget (1958).
b) Mentalen Rotation, die Schnelligkeit und Präzision gedanklicher Drehungen von zwei- oder dreidimensionalen Figuren im Raum umfassen. Frühe Beispiele hierzu findet man u.a. bei den Würfelaufgaben des Intelligenz-Struktur-Tests

von Amthauer (1953) und beim Mental-Rotations-Test (Shepard & Metzler, 1971; Vandenberg & Kuse, 1978).

c) Räumlichen Visualisierung. Hierbei handelt es sich meist um Aufgaben zur Identifizierung versteckter Grundmuster, wobei im Rahmen der Aufgabenbearbeitung und Lösungssuche mehrstufige analytische Denkprozesse involviert sein können, welche Prozesse der räumlichen Wahrnehmung und mentalen Rotation unter Umständen miteinschließen. In diese Kategorie fallen die Embedded-Figures-Aufgaben (EFT; Witkin et al., 1971) ebenso wie der Gestaltwahrnehmungstest (Hergovich & Hörndler, 1994).

Die von Lohaus et al. (1994) berichteten Subgruppen unterscheiden sich in ihrem Lösungsverhalten bei Wasserspiegelaufgaben auch bei Aufgaben aus den Bereichen räumliche Wahrnehmung und mentale Rotation; nicht hingegen bei Aufgaben zur räumlichen Visualisierung. Ebenso konnte Quaiser-Pohl et al. (2004) in einer Studie an 172 Kindern zwischen 7 und 12 Jahren moderate Korrelationen zwischen den Leistungen in Wasserspiegelaufgaben und jenen im Rod-and-Frame Test (r = .55) sowie im Mental-Rotations-Test (r = .33) aufzeigen. Kein Zusammenhang bestand hingegen mit der Fähigkeit, Kartenskizzen der Nachbarschaft der Kinder zu zeichnen, was dafür spricht, dass neben der klassischen Unterteilung räumlich-kognitiver Fähigkeiten auch das Verhalten im Umgebungsraum (Raum, der den Betrachter miteinschließt, aber von ihm nicht in seiner Gesamtheit eingesehen werden kann) von Bedeutung ist. Signorella und Jamison (1978) fanden signifikante Korrelationen zwischen dem Embedded-Figures-Test (Feldabhängigkeit; r = .59), dem Card-

Rotations-Test (mentale Rotation; r = .28) und den Wasserspiegelaufgaben ausschließlich bei Jungen.

4 Störungen des räumlichen Denkens

Störungen der visuellen Raumwahrnehmung und Raumkognition findet man häufig nach Läsionen kortikaler und subkortikaler Hirnstrukturen, insbesondere nach Schädigung der rechten Großhirnhemisphäre.

Räumlich-kognitive Störungen erfordern über die Wahrnehmungsleistung hinaus mentale Raumoperationen, wie Drehung, Spiegelung, Maßstabstransformation, etc. Defizite im mentalen Perspektivenwechsel sowie in mentalen Rotationsaufgaben finden sich vor allem nach rechts-parietalen Läsionen (Hartje et al., 1994), neuere Studien zeigen aber auch Aktivierungen im parietookzipitalen Kortex beider Hirnhemisphären bei räumlichen Transformationsleistungen (Barnes et al., 2000). Hier spielt vermutlich die Aufgabenart eine wesentliche Rolle.

Darüber hinaus sind räumlich-perzeptive (subjektive Hauptraumachsen, Orientierungs-, Längen-, Distanz- und Formschätzung, Positionswahrnehmung, etc.) und räumlich-kognitive Fähigkeiten voneinander abzugrenzen und unabhängig organisiert; entsprechende Defizite können in beiden Leistungsbereichen einzeln vorkommen. Räumlich-konstruktive Störungen bezeichnen Einbußen im manuellen Konstruieren einer Gesamtfigur aus einzelnen Elementen und Räumlich-topographische Störungen beziehen sich auf Orientierungsprobleme im realen oder vorgestellten dreidimensionalen Raum (Kerkhoff, 2006).

Wiedenbauer und Jansen-Osmann (2006) untersuchten die räumlich-kognitiven Fähigkeiten von Kindern mit Spina bifida (Neuralrohrfehlbildung während der Embryonalentwicklung) und konnten erstmals zeigen, dass sich diese sowohl in allen dreien von Linn und Petersen (1985) postulierten Kategorien räumliche Wahrnehmung (Wasserspiegelaufgabe), mentale Rotation und räumliche Visualisierung, als auch in einer räumlichen Kurzzeitgedächtnisaufgabe signifikant von einer hinsichtlich Alter, Geschlecht und IQ gematchten Kontrollgruppe unterscheiden.

Einen interessanten Befund zur Beeinträchtigung räumlich-kognitiver Leistungen lieferten erst kürzlich Neumann et al. (2007) mit ihrer Studie zum Einfluss von Nikotin auf die räumlichen Fähigkeiten von gesunden, nichtrauchenden Erwachsenen. Die Verabreichung von Nikotin bewirkte ausschließlich bei Männern eine Verschlechterung der Leistung in Wasserspiegelaufgaben. Umgekehrt reduzierte sie die Reaktionszeiten bei Mental-Rotations-Tasks signifikant nur bei Frauen. Dieser Interaktionseffekt ergibt sich aus der unterschiedlichen Wirkung auf das körperliche Arousal; bei Männern steigt, bei Frauen sinkt die körperliche Erregung (Hautleitfähigkeit und Herzfrequenz) unter Nikotineinfluss.

5 M capacity und die water-level tasks

Pascual-Leone und Morra (1991) entwickelten ein auf der theory of constructive operators basierendes Modell der Wasserspiegelaufgaben, wonach die Leistung das Resultat mehrerer konkurrierender Faktoren ist. Zwei potentielle Fehlerquellen können unterschieden werden; zum einen fehlerhafte Repräsentationen von physikalischen Phänomenen im Langzeitgedächtnis, wie sie durch den alltäglichen

Umgang mit aufrecht stehenden Flaschen und Gefäßen, in welchen der Flüssigkeitsspiegel parallel zum Boden verläuft, erlernt werden. Ein naives Verständnis der Gravitation kann ebenfalls Ursache fehlerhaften Lösungsverhaltens sein. Eine zweite Fehlerquelle stellen Feldeffekte dar. Diese beinhalten das falsche Wahrnehmen, Erinnern oder Vorstellen von Wasser innerhalb von Gefäßen bei relativer Vernachlässigung der tatsächlichen Winkel zwischen Wasseroberfläche und Flaschenseiten, sowie den Einfluss hervorstechender Merkmale wie Boden, Seiten oder Ecken, an welchen sich falsch orientiert wird.

Diese Fehlerquellen sind individuell mehr oder weniger präsent; wesentlich sind die aktive oder passive Hemmung jener Schemata, die durch Fehlerquellen ausgelöst werden, sowie die gleichzeitige Aktivierung aufgabenrelevanter Informationseinheiten. Um die Aufgabenstellung richtig zu lösen, sind nach Morra (2008) folgende Faktoren entscheidend: relevantes physikalisches Wissen (Fallrichtung von Flüssigkeiten, Beschaffenheit von geschlossenen Gefäßen, etc.), ausreichende M capacity (Aufmerksamkeitsressourcen, M operator), sowie Feldunabhängigkeit. Feldabhängige Personen sind sensibler gegenüber Feldeffekten, wohingegen Feldunabhängige effizientere exekutive Kontrollprozesse haben, welche es ihnen ermöglichen, relevante von irrelevanten Informationen zu unterscheiden bzw. erstere zu aktivieren und letztere zu hemmen.

Die Fähigkeit, den Wasserspiegel horizontal, unabhängig von der Position des Gefäßes, zu zeichnen, benötigt eine M capacity von mindestens vier Schemata:

- Wissen, dass Wasser in den unteren Teil des Gefäßes „fällt“;
- eine ungefähre Abschätzung, wo dieser untere Teil liegt;

- Wahrnehmen von Wasser als eine Flüssigkeit; und
- das Schema einer horizontalen Linie, welches auf der konzeptionellen Struktur räumlicher Koordinaten beruht.

Darüber hinaus werden mit steigender M capacity (5 und mehr) weitere Strategien zur Problemlösung denkbar; etwa können anstelle des Schemas einer horizontalen Linie zwei unterschiedliche Repräsentationen von ausgewählten Punkten auf jeder Seite des Behälters verwendet werden, welche dieselbe Höhe ausgehend vom Bezugspunkt des Gefäßes (Tischkante, etc.) besitzen. Andererseits gewinnen aber auch Einflussfaktoren wie physikalisches Wissen und Feldabhängigkeit an Bedeutung (Morra, 2008).

6 trucks-Test

Der trucks-Test ist Teil der computerisierten neuropsychologischen Testbatterie (CNP), die unter der Leitung von R. C. Gur im Brain Behavior Laboratory der University of Pennsylvania 1996 entwickelt und an der Fakultät für Psychologie der Universität Wien im Jahre 1999 ins Deutsche übertragen und einer ersten Erprobung unterzogen wurde (Appl, 1999; Hintersteiner, 1999; Steger-Wuchse, 1999). Die CNP besteht insgesamt aus 19 Untertests, mit denen wesentliche neuropsychologische Funktionen erfasst werden sollen. Während die Testbatterie ursprünglich mithilfe des Macintosh-Softwareprodukts B/X PowerLaboratory (Cute & Westall, 1996) erstellt und ausgeführt wurde, existieren nun für die meisten der Subtests betriebssystemunabhängige, Internet-basierte Anwendungsprogramme, welche für Forschungszwecke vom Brain

Behavior Center der University of Pennsylvania angefordert werden können (»WebCNP«; http://www.med.upenn.edu/bbl).

Das zugrundeliegende Konstrukt des trucks-Tests ist das Verständnis für das Prinzip der Horizontalität bzw. Vertikalität sensu Piaget. Im Weiteren wird er als Screening-Verfahren im Bereich der räumlichen Fähigkeiten angesehen, da das Geschick einer Person untersucht werden soll, alltägliche räumliche Probleme zu lösen (Gur, 1996).

Das Verfahren besteht aus sechs Wasserspiegelaufgaben und drei Lotaufgaben, welche bewusst computergerecht und alltagsnahe gestaltet sind (bergauf und –ab fahrende Lastwägen, von Masten hängende Seile, etc.) und vom Computer randomisiert nacheinander vorgegeben werden. Jede Bildschirmseite beinhaltet dabei den die Frage formulierenden Text, ein nebenstehendes Bild, sowie je sieben bzw. acht unterschiedliche Antwortmöglichkeiten (siehe Abbildung 7). Von diesen ist die jeweils präferierte auszuwählen und mit der Maus anzuklicken, erst dann erscheint die nächste Aufgabe; die Bearbeitungszeit unterliegt somit keiner Beschränkung. Eine nachträgliche Korrektur der Antworten durch die Testperson ist nicht möglich. In der Ausgabedatei sind neben der Probandennummer und der Bearbeitungszeit die Reihenfolge der Itemvorgabe sowie das erfolgte Antwortmuster ersichtlich. Die Aufgaben 7 bis 9 stellen Kontrollitems mit verminderter Komplexität der äußeren Hinweisreize dar, welche laut Manual leichter zu lösen sein sollten. Eine genaue Beschreibung aller Testitems samt Abbildungen findet sich bei Hintersteiner (1999).

Abbildung 7: Beispielitem für den trucks-Test

6.1 Bisherige testtheoretische Analysen

Hintersteiner (1999) unterzog den trucks-Test im Rahmen ihrer Diplomarbeit einer ersten Erprobung an einer Stichprobe von 117 Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen neun und fünfzehn Jahren. Die Ergebnisse aus dieser Studie sollen im Folgenden dargestellt werden.

Bei Überprüfung des trucks-Tests auf Modellgeltung des dichotomen logistischen Modells von Rasch (1960) kann bei Zugrundelegung eines α-Fehler-korrigierten Signifikanzniveaus von 5% Rasch-Homogenität angenommen werden. Legt man jedoch ein strengeres Kriterium zugrunde, zeigt sich, dass aufgrund der Eigenschaften von Item 6 das Verfahren nicht mehr als Rasch-homogen anzusehen ist.

Die Rohwertverteilung weist einen U-förmigen Verlauf auf; ältere Kinder lösen die Aufgaben signifikant häufiger als jüngere und Buben erzielen durchwegs bessere Ergebnisse als Mädchen. Im Rahmen der Analysen zur klassischen Testtheorie liegen die Trennschärfekoeffizienten allesamt zwischen r = .70 und r = .79, eine Ausnahme

bildet Item 6 mit *r* = .53. Sämtliche Reliabilitätskoeffizienten liegen über *r* = .90; die Aufgaben-Interkorrelationen zwischen *r* = .70 und *r* = .80, mit Item 6 wiederum als Ausreißer (*r* = .37 - .45). Die durchgeführte Faktorenanalyse ergibt einen Faktor, welcher 62,5% der Varianz erklärt; die einzelnen Faktorladungen liegen zwischen *r* = .76 und *r* = .84 (Item 6: *r* = .60). Allen Items liegt somit dieselbe latente Dimension zugrunde.

Schwierigkeitsunterschiede zwischen bestimmten Testitems und ihren entsprechenden, in der Komplexität reduzierten Kontrollitems können für das Paar 3/8 in erwarteter Richtung, nicht jedoch für die Paare 1/7 und 5/9 nachgewiesen werden.

Untersuchungen zur Validität ergeben Zusammenhänge mit konstruktnahen Verfahren wie dem Untertest Raumlage der Testbatterie zur Erfassung Konkreter Operationen (TEKO; Winkelmann, 1975), dem Gestaltwahrnehmungstest (Hergovich & Hörndler, 1994) sowie dem Subtest Spiegelbilder aus dem WILDE-Intelligenztest (WIT; Jäger & Althoff, 1994) in der Höhe von *r* = .48, *r* = .63 und *r* = .54.

Insgesamt zeichnen sich also bei Hintersteiner (1999) aufgrund testtheoretischer Analysen nach der klassischen und probabilistischen Testtheorie deutliche Hinweise auf das Vorliegen einer eindimensionalen Skala ab. Lediglich Item 6 weist in sämtlichen Analysen weniger zufriedenstellende Kennwerte auf, was mit der Überlegung einher geht, dieses gänzlich aus dem Test zu entfernen.

Appl (1999) legte den trucks-Test im Rahmen der Ersterprobung der CNP im deutschen Sprachraum einer Stichprobe von 50 Erwachsenen im Alter von 15 bis 58

Jahren vor. Die Ergebnisse stehen im Wesentlichen im Einklang mit der eben dargestellten Untersuchung; in Bezug auf das Geschlecht, nicht jedoch hinsichtlich des Alters, konnten signifikante Unterschiede zuungunsten der Frauen festgestellt werden. Kritisch anzumerken ist allerdings die geringe Stichprobengröße bei gleichzeitig enormer Altersstreuung und fehlenden Angaben bezüglich des Bildungsgrades der Probanden; die Ergebnisse sind deshalb mit Vorsicht zu interpretieren.

Empirische Studie

7 Zielsetzung und Hypothesenformulierung

Aufbauend auf den Annahmen von Pascual-Leone und Morra (1991) und Morra (2007) soll in der vorliegenden Arbeit ein Modell zum Bedingungsgefüge der Leistung bei Wasserspiegelaufgaben spezifiziert und überprüft werden. Darüber hinaus wird ein Beitrag zur Validierung und Weiterentwicklung des trucks-Tests angestrebt.

7.1 Das Modell

Als Abhängige Variable gelten die Leistungen in herkömmlichen Wasserspiegelaufgaben sowie im trucks-Test. Die Unabhängigen Variablen sind Wissen um relevante physikalische Gesetzmäßigkeiten, Feldabhängigkeit und M capacity; darüber hinaus wird der Einfluss von Lerneffekten untersucht (Wasserspiegelaufgaben vor oder nach dem trucks-Test). Als soziodemographische Variable werden neben dem Alter und Geschlecht auch der Bildungsgrad sowie die Händigkeit erhoben. Nachfolgend findet sich eine schematische Darstellung des spezifizierten Modells:

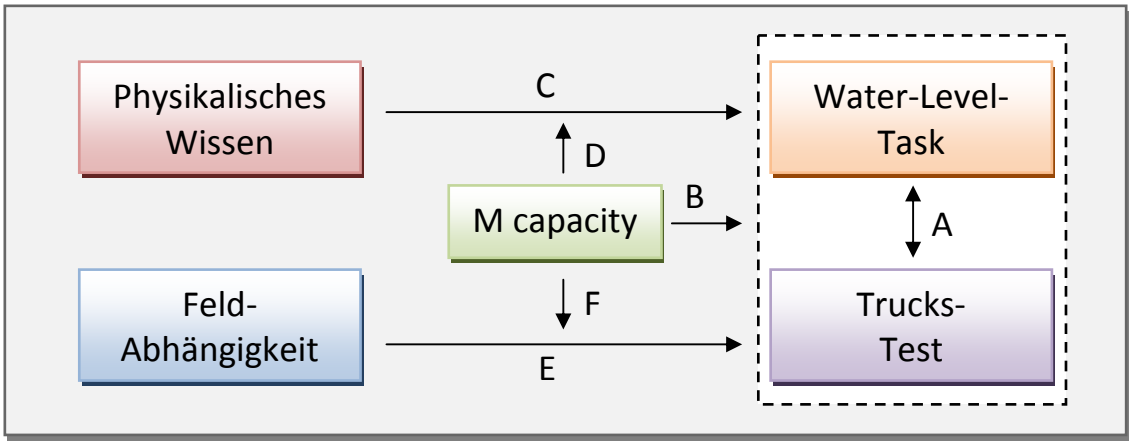


Abbildung 8: Performanz-Modell der Wasserspiegelaufgaben

7.2 Spezifische Fragestellungen

Auf Basis des oben spezifizierten Modells werden nun konkrete Fragestellungen formuliert. Im Mittelpunkt steht dabei Validierung des trucks-Tests; weitere Hypothesen dienen der differenzierteren Untersuchung der Fähigkeit, das Prinzip der Horizontalität bzw. Vertikalität zu kennen und anzuwenden. Die Nummerierung richtet sich dabei nach den Beschriftungen in der angeführten Graphik (Abbildung 8).

A1: Wie ist der Zusammenhang zwischen Wasserspiegelaufgaben und trucks-Test einzuschätzen?

A2: Bedingt die Reihenfolge der Vorgabe beider Verfahren das Lösungsverhalten?

Zunächst steht die Frage im Vordergrund, ob beide Verfahren dasselbe latente Konstrukt erfassen. Ein niedriger Zusammenhang könnte auf unterschiedliche zugrundeliegende Fähigkeitsdimensionen hindeuten. Außerdem soll anhand der Lösungshäufigkeiten der Schwierigkeitsgrad beider Instrumente analysiert werden. Die zweite Hypothese dient der Überprüfung von Lerneffekten.

B1: Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Höhe der M capacity und den Leistungen beim trucks-Test?

B2: Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Höhe der M capacity und den Leistungen bei den Wasserspiegelaufgaben?

Beide Fragestellungen beziehen sich auf den Einfluss der M capacity auf die abhängigen Variablen. Nach Morra (2008) ist ein Mindestmaß von vier gleichzeitig aktivierbaren Schemata nötig, um den Wasserspiegel horizontal zeichnen zu können. Unterschiede in den beiden Zusammenhängen könnten u.a. auf die Verschiedenheit des Itemmaterials und des damit verbunden unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades

zurückzuführen sein.

C: Gibt es einen Zusammenhang zwischen relevantem physikalischen Wissen und korrektem Antwortverhalten bei den Wasserspiegelaufgaben/dem trucks-Test?

D: Ist dieser Zusammenhang beeinflusst von der M capacity?

Es soll die Verbalisierung des Lösungsprinzips den Leistungen in beiden Verfahren gegenübergestellt werden. Die zweite Fragestellung bezieht sich auf die Hypothese, wonach mit steigender M capacity mehr relevante Wissensinhalte aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen und verwendet werden können. Umgekehrt könnte dies aber auch zu einer vermehrten gleichzeitigen Aktivierung fehlerhafter Schemata führen.

E: Hat das Ausmaß der Feldabhängigkeit einen Einfluss auf das Lösungsverhalten bei den Wasserspiegelaufgaben/dem trucks-Test?

Aufgrund berichteter Zusammenhänge zwischen Verfahren der räumlichen Wahrnehmung und der räumlichen Visualisierung findet sich bereits bei Hintersteiner (1999) ein positiver Zusammenhang zwischen dem trucks-Test und dem Gestaltwahrnehmungstest. Die Fragestellung wird in der vorliegenden Arbeit erweitert: Gibt es aufgrund der verschiedenen Itemformen (einfach in den Wasserspiegelaufgaben versus komplexes räumliches Reizmaterial beim trucks-Test) Unterschiede im Ausmaß des Zusammenhangs zwischen dem Konstrukt der Feldabhängigkeit und dem Lösungsverhalten bei den Wasserspiegelaufgaben einerseits und dem trucks-Test andererseits?

F: Werden diese Einflüsse (E) bedingt durch die M capacity?

Aufgrund des komplexeren Itemmaterials des trucks-Tests wird angenommen, dass

die M capacity einen stärkeren Mediator im Zusammenhang des Gestaltwahrnehmungstests mit dem trucks-Test darstellt. Eine größere Kapazität des Arbeitsgedächtnisses erlaubt die Verwendung verschiedenster Lösungsstrategien. Gleichzeitig können aber auch mehr fehlerhafte Repräsentationen aktiviert werden: Der trucks-Test wäre also anfälliger gegenüber Feldeffekten, was wiederum in Konflikt mit einer hohen M capacity stehen könnte.

G1: Gibt es Geschlechtsdifferenzen?

G2: Existieren Altersunterschiede?

G3: Hat der Bildungsgrad Einfluss auf das Lösungsverhalten?

G4: Hat die Händigkeit Einfluss auf das Lösungsverhalten?

Alle Fragestellungen des Hypothesenblocks G beziehen sich auf den Einfluss soziodemographischer Variablen. Besonders soll der Frage nach möglichen Geschlechtsunterschieden nachgegangen werden und ob diese auf Verschiedenheiten in relevantem physikalischen Wissen, Feldabhängigkeit oder M capacity zurückzuführen sind.

7.3 Testtheoretische Analyse

Nach den Kriterien der probabilistischen sowie der klassischen Testtheorie sollen umfangreiche Analysen der Weiterentwicklung des trucks-Tests dienen.

Im Rahmen der probabilistischen Testtheorie soll geprüft werden, ob der trucks-Test den Modellgeltungsannahmen des dichotomen logistischen Modells von Rasch (1960) entspricht. Hintersteiner (1999) konnte dies für eine Stichprobe von neun- bis

fünfzehnjährigen bereits nachweisen (lediglich Item 6 erwies sich hierbei als nicht Rasch-homogen).

Bezugnehmend auf die klassische Testtheorie erfolgen weitere Analysen: Verteilung der Rohwerte, Berechnung von Itemschwierigkeiten und Trennschärfe, Überprüfung der Homogenität der Skala, der Iteminterkorrelationen und der Reliabilität sowie der Dimensionalität der Skala mittels Faktorenanalyse. Außerdem erfolgt die Überprüfung des Zusammenhangs mit den Wasserspiegelaufgaben im Sinne einer kongruenten Validität.

8 Methode

8.1 Stichprobe

In die Untersuchung werden gesunde Erwachsene zwischen achtzehn und fünfzig Jahren eingeschlossen. Altersunterschiede hinsichtlich der Leistung bei Wasserspiegelaufgaben sind in dieser Population nicht zu erwarten (z.B. Tran & Formann, 2008). Ein ausgewogenes Geschlechter- und Bildungsverhältnis wird angestrebt; der Stichprobenumfang wird mit einem Minimum von 120 Versuchsteilnehmern angesetzt, welche aus dem weiteren Bekanntenkreis des Autors gewonnen werden. Voraussetzung für die Testung ist die freiwillige Teilnahme.

8.2 Durchführung der Untersuchung

Die Einzeltestungen fanden im Zeitraum Juli bis Oktober 2008 unter möglichst standardisierten Bedingungen statt; in einem ruhigen Raum mit großzügiger Arbeitsfläche und guten Lichtverhältnissen. Zunächst wurden die Probanden begrüßt und gebeten, auf dem Stuhl vor dem Computer Platz zu nehmen. Es folgten eine kurze

Erläuterung der sie nachfolgend erwartenden Aufgaben sowie der Hinweis auf vollständige Anonymität. Anschließend wurden die Untersuchungsteilnehmer gebeten, den vorbereiteten Fragebogen zur Erfassung der soziodemographischen Daten auszufüllen. Ein Münzwurf entschied über die Reihenfolge der Vorgabe der einzelnen Testverfahren, die zwecks Feststellung von Lerneffekten in folgender Weise variiert wurde:

TRUCKS → WLT → Wissen → Zahlennachsprechen → Gestaltwahrnehmungstest

WLT → TRUCKS → Wissen → Zahlennachsprechen → Gestaltwahrnehmungstest

Die Ausnahme bildete also der trucks-Test, welcher laut Versuchsdesign der Hälfte der Stichprobe vor, der anderen Hälfte nach den Wasserspiegelaufgaben vorgegeben wurde; der Münzwurf entschied dabei über die zufällige Zuordnung der Probanden zu einer der beiden Gruppen. Die Verfahren wurden ohne Pause in einem Durchgang bearbeitet, was im Durchschnitt dreißig Minuten in Anspruch nahm. Unter Umständen erfolgte eine Bedienungsanweisung der Maus. Nach Beendigung der Testung wurde den Versuchspersonen für ihre Mitarbeit gedankt und auf Nachfrage Sinn und Zweck der eben durchgeführten Untersuchung erklärt.

8.3 Verwendete Verfahren

Die Operationalisierung der im Modell spezifizierten abhängigen und unabhängigen Variablen geschieht folgendermaßen: Als theoretisches Pendant zum trucks-Test fungiert eine herkömmliche Papier-Bleistift-Version der Wasserspiegelaufgaben, wie sie bereits vielfältig in diesbezüglichen Studien zum Einsatz kam (siehe Kapitel 3 für einen Literaturüberblick und die ausführliche Darstellung des in dieser Studie verwendeten Materials in Kapitel 8.3.1).

Zur Erfassung der M capacity wird in Anlehnung an Morra (1994) und Morra (2008) auf den Subtest Zahlennachsprechen des Wechsler Intelligenztests für Erwachsene (WIE; Aster, Neubauer & Horn, 2006) zurückgegriffen. Dieser hat sich in testtheoretischen Untersuchungen als valides Instrument hierfür erwiesen (ebd.).

Das Konstrukt der Feldabhängigkeit wird über den Gestaltwahrnehmungstest von Hergovich und Hörndler (1994) erfasst; die Operationalisierung der Variable „relevantes physikalisches Wissen“ erfolgt über eine Wissensabfrage mit anschließender Kategorisierung der Antworten gemäß dem Schema von Liben (1991) und Pulos (1997). Zur Erfassung der soziodemographischen Daten wird ein eigens konstruierter Fragebogen vorgegeben.

Im Folgenden werden die in der Studie verwendeten Verfahren und Materialien genauer erläutert und ihre jeweilige Auswertung bzw. Kodierung beschrieben.

8.3.1 Wasserspiegelaufgaben

Die in Anlehnung an Formann (2003) und Tran und Formann (2008) erstellten acht Items bestehen aus runden Flaschen, die in 30° Abständen (mit Ausnahme des 90, 180, 270 und 360 Grad Winkels) von der Vertikalen angeordnet sind und als Rasch-homogen gelten können (ebenda). Sie werden einzeln auf jeder Seite und in fixer Reihenfolge (210°, 60°, 330°, 240°, 300°, 120°, 150° und 30°) des eigens konstruierten Testheftes vorgegeben (siehe Abbildung 9). Die Probanden erhalten folgende Instruktion:

„Auf dieser und den folgenden Seiten sehen Sie jeweils eine Flasche. Der darunterliegende schwarze Strich symbolisiert den Boden. Bitte stellen Sie sich nun vor,

die Flasche ist zur Hälfte mit Wasser gefüllt und zeichnen Sie dieses mit einem Stift entsprechend ein. Die Flasche ist verschlossen und bewegt sich nicht.“

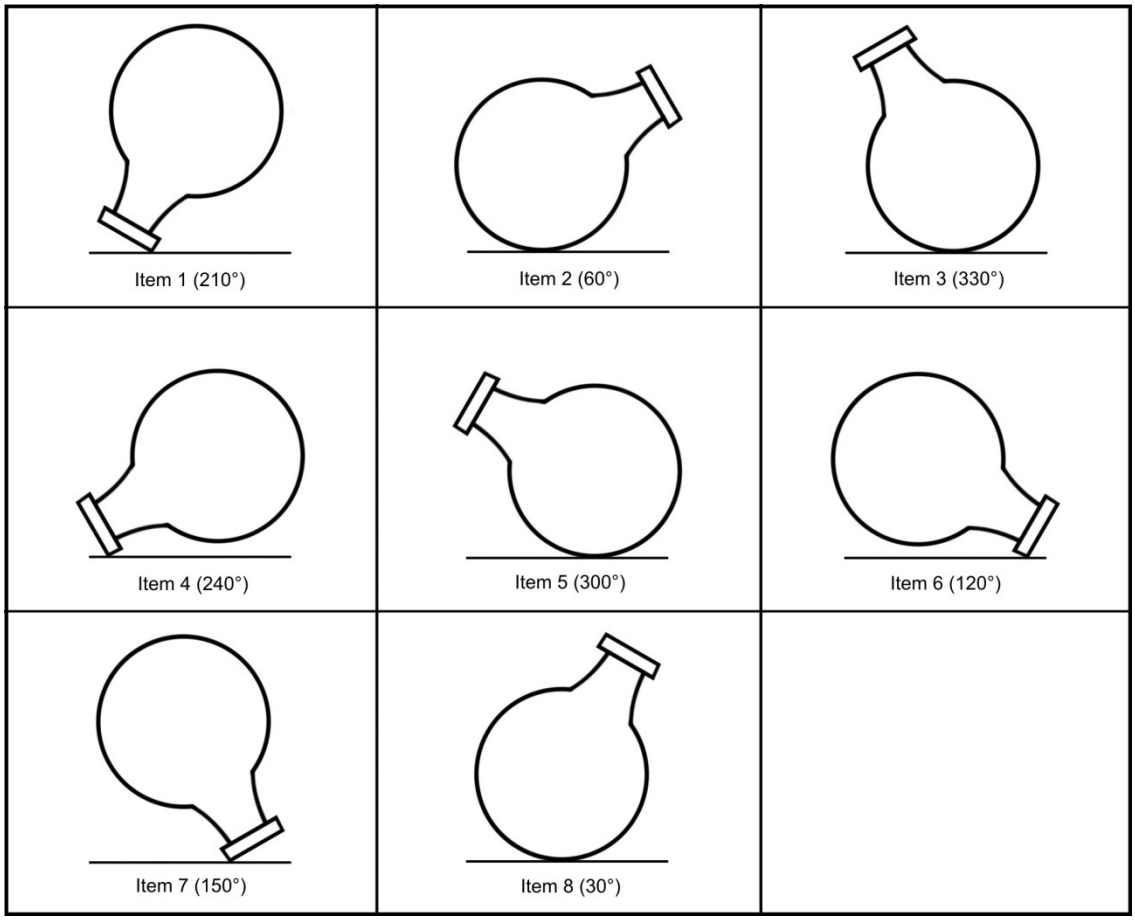


Abbildung 9: Items der Wasserspiegelaufgaben

Die Auswertung pro Item erfolgt dichotomisiert mit einem Toleranzlimit von ±4° Abweichungswinkel von der Horizontalen (Tran & Formann, 2008); Fälle, bei denen die Abweichung aufgrund von Schmierereien, Kurven oder Wellen anstelle von Linien, etc. nicht bestimmt werden kann, werden als falsch gewertet. Abschließend wird ein Summenscore gebildet.

8.3.2 trucks-Test

Der trucks-Test ist ein Bestandteil der Computerisierten Neuropsychologischen Testbatterie (CNP; Gur, 1996), bestehend aus neun Item (sechs

Wasserspiegelaufgaben und drei Lotaufgaben), welcher das Verständnis für das Prinzip der Horizontalität bzw. Vertikalität erfasst. Im Weiteren wird er als Screening-Verfahren im Bereich der räumlichen Fähigkeiten angesehen. Die einzelnen Items werden vom Computer randomisiert vorgegeben; zur Beantwortung stehen je sieben bzw. acht Antwortalternativen zur Verfügung, von welchen der Proband jene auswählen soll, von der er glaubt, dass sie den Wasserspiegel bzw. die Position eines hängenden Seils korrekt wiedergibt. Nach Hintersteiner (1999) kann der Test als Rasch-homogen angesehen werden (eine ausführliche Beschreibung findet sich in Kapitel 6). Als Rohscore gilt die Anzahl richtig gelöster Aufgaben.

8.3.3 Gestaltwahrnehmungstest

Der GWT (Hergovich & Hörndler, 1994) ist ein Rasch-homogenes Verfahren zur Erfassung des Konstrukts Feldabhängigkeit. Als feldabhängig bezeichnet man eine Person, welche in ihrer Wahrnehmung durch Umgebungsreize derart geleitet wird, dass ihr eine vom umgebenden Feld unabhängige Wahrnehmungsleistung nicht möglich ist. Auch Kognitionen und Emotionen sind von dieser Feldabhängigkeit betroffen. Die ältesten Verfahren zur Erfassung der Feldabhängigkeit sind der Rod-and-Frame Test (RFT; Witkin, 1949) sowie der Embedded-Figures-Test (EFT; Witkin et al., 1971). Hohe Werte in den Testverfahren besagen, dass die Person ihre Umwelt differentiell wahrnehmen und aktiv strukturieren kann, wohingegen sich feldabhängige Personen durch eine passive Akzeptanz von Situationen, wie sie ihnen vor allem durch auffällige Hinweisreize vermittelt werden, auszeichnen (Hergovich & Hörndler, 1994).

Die Eindimensionalität des Verfahrens kann aufgrund der Gültigkeit des Rasch-Modells angenommen werden; ebenso finden sich hohe Reliabilitätskoeffizienten in den verschiedenen Stichproben (Cronbach Alpha zwischen r = .85 und r = .95; Split-half-Reliabilität zwischen r = .83 und r = .94) (Hergovich, 1999). Da alle Items dieselbe Fähigkeitsdimension erfassen, kann aus Sicht der probabilistischen Testtheorie Konstruktvalidität angenommen werden. Über Resultate zur konvergenten Validität berichten Hergovich und Kriechbaum (1996).

Die Aufgaben bestehen in der Identifizierung einer in einem Muster integrierten Suchfigur und der Nachzeichnung derselben durch Markierung ihrer Eckpunkte. Insgesamt hat der Proband für die Lösungssuche der 30 Items jeweils 20 Sekunden Zeit. Die Auswertung erfolgt durch den Computer; als Rohscore wird die Anzahl richtig gelöster Aufgaben bestimmt.

8.3.4 Zahlennachsprechen

Der Subtest Zahlennachsprechen aus dem Wechsler Intelligenztest für Erwachsene (WIE; Aster, Neubauer & Horn, 2006) erfasst laut Manual der Testautoren akustische Merkfähigkeit, Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit und Konzentrationsvermögen. Die Split-half-Reliabilitätskoeffizienten liegen in den verschiedenen Altersgruppen der Normierungsstichprobe allesamt zwischen r = .71 und r = .84. Serien drei- bis neunstelliger Zahlen sind von der Testperson vorwärts, Serien zwei- bis achtstelliger Zahlen rückwärts nachzusprechen. Als Indikator für die M capacity ist nur letztere Vorgehensweise relevant (z.B. Morra, 1994); den Rohscore bildet die höchste Anzahl an richtig wiedergegebenen Zahlen in umgekehrter Reihenfolge.

8.3.5 Wissensabfrage

Die Untersuchungsteilnehmer werden im Anschluss an die Wasserspiegelaufgaben und den trucks-Test gebeten zu erklären, weshalb sie den Flüssigkeitsspiegel so zeichneten, wie sie es taten. Anschließend werden die Antworten kodiert und dem folgenden Schema aus fünf Kategorien zugeordnet (nach Liben, 1991; Pulos, 1997).

Tabelle 1: Antwortkategorien des Wissenstests

Kategorie	Beschreibung
Gravity	Explizite Erwähnung der Schwerkraft
Horizontal	Erwähnen des Wassers als horizontal, eben oder parallel zur Oberfläche; sowie ein Drehen des Behälters aber nicht des Wassers. Keine Erwähnung von Schwerkraft oder anderen physikalischen Gesetzen.
Imagery	Jeglicher Verweis hinsichtlich Vorstellung, Visualisierung, Aussehen oder Erfahrung bei gleichzeitiger Nichterwähnung anderer Kategorien.
Tilt	Das Kippen des Gefäßes ist Basis für die Antworten; z.B. Kompensation. Auslassen von physikalischen Gesetzen oder Horizontalität.
Other physics	Verweis auf andere physikalische Prinzipien als Gravitation.

8.3.6 Erhebung der soziodemographischen Variablen

Es wurde ein Fragebogen zur Dokumentation der soziodemographischen Parameter der Testpersonen erstellt, welcher neben der genauen Angabe von Alter, Geschlecht, Bildungsgrad und Händigkeit auch die Eingabe eines spezifischen persönlichen Codes erforderte, zusammengesetzt aus den Anfangsbuchstaben des Vornamens der Mutter und des Vaters, sowie aus den Ziffern des eigenen

Geburtsmonats und –jahres. Dieser Code diente der Zuordnung der einzelnen Testergebnisse zum jeweiligen Datensatz und wurde im Folgenden auch auf dem Aufgabenheft der Wasserspiegelaufgaben vermerkt, sowie in die Probandenliste zur Durchführung des Gestaltwahrnehmungstests eingetragen. Darüber hinaus befand sich auf einem separaten, unteren Teil des Fragebogens eine für den Testleiter auszufüllende Auswerteskala für den Subtest Zahlennachsprechen, eine Multiple-Choice Skala für die Kodierung der Antworten des Wissenstests, ein Vermerk hinsichtlich der Reihenfolge der Testvorgabe sowie Felder für die Rohwerte der anderen Testverfahren. Diese Vorgehensweise diente der Erleichterung der Übertragung der Daten in SPSS. Der vollständige Fragebogen findet sich im Anhang.

8.3.7 Verwendete Geräte und Programme

Zur Durchführung der computerisierten Testverfahren wurde ein Laptop mit Intel-Prozessor und dem Betriebssystem Microsoft Windows Vista verwendet. Der trucks-Test wurde mithilfe des Testautorensystems B/X PowerLaboratory (Cute & Westall, 1996) erstellt, welches allerdings ein Macintosh-Softwareprodukt ist. Aus diesem Grunde wurde zusätzlich auf dem verwendeten Rechner das Betriebssystem Mac OS 9 emuliert. Weiterführende Angaben hierzu finden sich bei Appl (1999). Der Gestaltwahrnehmungstest von Hergovich und Hörndler (1994) wurde in der Version des Wiener Testsystems (2008) der Firma Schuhfried, Mödling, vorgegeben.

8.4 Auswertung

Die Auswertung und Prüfung der Fragestellungen erfolgt mittels spezifischer Verfahren für die einzelnen statistischen Zusammenhangs- und Unterschiedshypothesen. Zur Anwendung gelangt hierbei das Statistik-Softwarepaket

SPSS in der Version 15, sowie GNU R, eine freie Softwareumgebung für statistische Datenbearbeitung und graphische Darstellung. Das Zusatzpaket eRm (extended Rasch modeling; Mair & Hatzinger, 2007) dient Analysen zum dichotomen logistischen Modell von Rasch (1960).

Unter Berücksichtigung wesentlicher Voraussetzungen wie Skalenniveau der Variablen, Verteilungsannahmen, Varianzhomogenität, etc. wird für die jeweiligen statistischen Analysen die Wahl für ein parametrisches oder parameterfreies Verfahren getroffen. Bei geringen Verletzungen der Verteilungs- und Homogenitätsannahmen werden im Falle gleicher Ergebnisse jene der parametrischen Verfahren präsentiert; letztere sind nach Bortz (2005) bei gleich großen Stichproben gegenüber Verletzungen dieser Voraussetzungen relativ robust. Für alle Signifikanztests wird, sofern nicht anders angeführt, ein Signifikanzniveau von α = 5 % angenommen.

9 Beschreibung der Stichprobe

An der Studie nahmen insgesamt 143 Personen teil, davon waren 51 % Frauen (n = 73) und 49 % Männer (n = 70). Die Altersverteilung liegt zwischen 18 und 50 Jahren, mit einem Durchschnittsalter von 34.38 Jahren. 86.7 % der Versuchsteilnehmer sind Rechtshänder (n = 124), 13.3 % Linkshänder (n = 19).

Die Stichprobenzusammenstellung erfolgte unter größtem Bemühen, Ausgeglichenheit hinsichtlich des Geschlechtes, des Alters und der Bildung, sowie aller sich daraus ergebender Subgruppen zu erreichen.

Zu diesem Zwecke wurden drei Altersgruppen gebildet; Tabelle 2 zeigt die diesbezügliche Häufigkeitsverteilung unter Berücksichtigung des Geschlechtes. Es kann von einer Gleichverteilung ausgegangen werden (χ^2-Test nach Pearson; χ^2 = 1.08, *df* = 2, *p* = .58).

Tabelle 2: Stichprobenzusammensetzung Alter * Geschlecht

		Häufigkeit	Prozent
Jüngere (18-30)		51	35.7
	Frauen	29	
	Männer	22	
Mittlere (31-40)		40	28.0
	Frauen	19	
	Männer	21	
Ältere (41-50)		52	36.4
	Frauen	25	
	Männer	27	
Gesamt (*N*)		143	100.0

Die untersuchten Personen stammen allesamt aus dem Großraum Wien, Tabelle 3 gibt einen Überblick über das Bildungsniveau der Stichprobe. Ein χ^2-Test für die Zusammensetzung der Subgruppen liefert keine signifikante Abweichung von einer Gleichverteilung (χ^2 = 2.36, *df* = 4, *p* = .67).

Tabelle 3: Stichprobenzusammensetzung Bildungsgrad * Geschlecht

		Häufigkeit	Prozent
Pflichtschule		13	9.1
	Frauen	7	
	Männer	6	
Lehre / Berufsschule		36	25.2
	Frauen	21	
	Männer	15	
BMS (mit/ohne Diplom)		32	22.4
	Frauen	17	
	Männer	15	
Matura/Kolleg (AHS und BHS)		41	28.8
	Frauen	20	
	Männer	21	
Universität/FH/Akademie		21	14.7
	Frauen	8	
	Männer	13	
Gesamt (*N*)		143	100.0

Bezüglich der Reihenfolge der Testvorgabe zwecks Feststellung von Lerneffekten absolvierten 49.7 % (*n* = 71) der Versuchsteilnehmer den trucks-Test vor, 50.3 % (*n* = 72) nach den Wasserspiegelaufgaben (Männer 35 : 35, Frauen 36 : 37).

Abbildung 10 zeigt zuletzt die vollständige Stichprobenverteilung hinsichtlich Alter, Geschlecht und Bildungsgrad (*N* = 143).

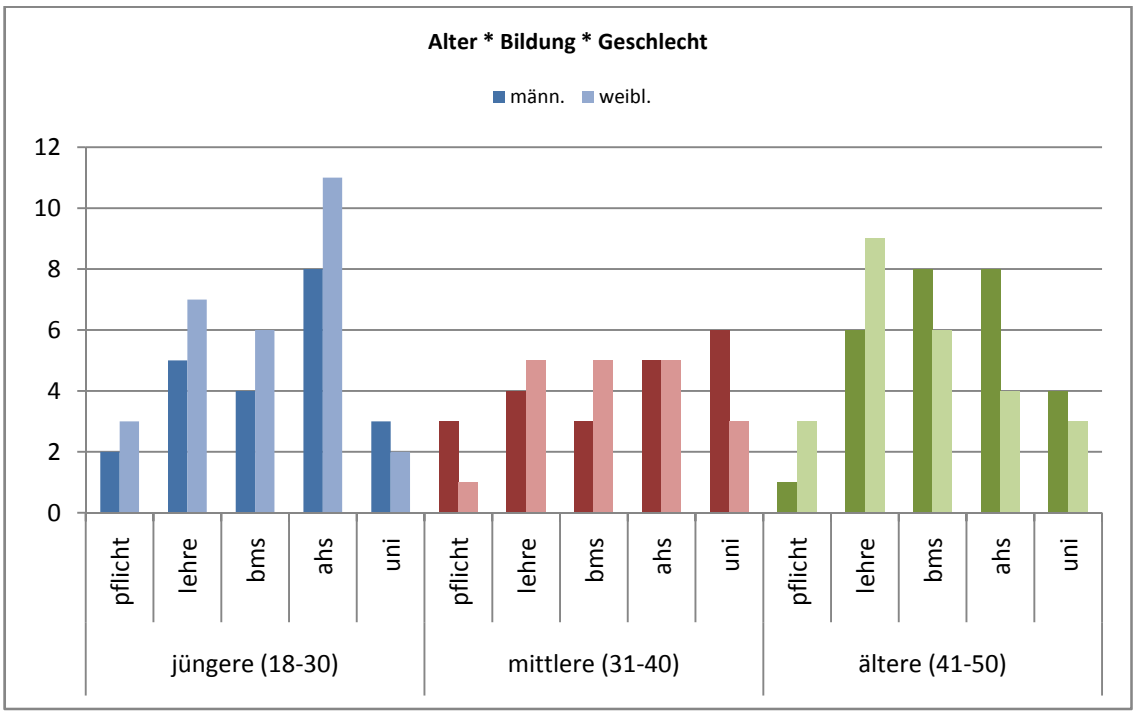


Abbildung 10: Stichprobenzusammensetzung

10 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Studie präsentiert; die Darstellung gliedert sich dabei nach folgenden Punkten: Zunächst werden die Rohwertverteilungen der Testergebnisse hinsichtlich Geschlechtsunterschieden, Altersdifferenzen, etc. untersucht. Daran anschließend folgt die Auswertung der spezifischen Fragestellungen, also der Zusammenhangs- und Unterschiedshypothesen der einzelnen Verfahren zueinander. Im letzten Teil der Darstellung erfolgt eine umfassende testtheoretische Analyse des im Mittelpunkt stehenden trucks-Tests. Eine Interpretation der Resultate findet sich in Kapitel 11.

10.1 Rohwertanalyse

Die genaue Inspektion der Daten hinsichtlich der Verteilung der Testergebnisse unter Berücksichtigung soziodemographischer Variablen wird jeweils getrennt für die

einzelnen Testverfahren im Folgenden vorgenommen. Aus Tabelle 4 sind die statistischen Kennwerte der Verfahren für die Gesamtstichprobe zu entnehmen.

Tabelle 4: Deskriptivstatistik verwendeter Verfahren

	Rohwert TRUCKS	Rohwert WLT	M capacity	Rohwert GESTALT
Mittelwert	5.86	5.46	5.03	17.85
Median	8.00	7.00	5.00	19.00
Standardabweichung	3.47	3.01	1.24	6.53
Minimum	0	0	3	1
Maximum	9	8	8	29

10.1.1 Trucks-Test

Die Rohwertverteilung des trucks-Tests für die Gesamtstichprobe findet sich in Tabelle 5 und weist eine deutliche Frequenzhäufung an ihrem oberen Ende auf; 60.2 % der Versuchspersonen erzielen sechs oder mehr richtige Lösungen, dagegen kann bei immerhin 35.7 % der Teilnehmer, welche vier oder weniger Items korrekt lösen, angenommen werden, dass sie das Prinzip der Horizontalität bzw. Vertikalität nicht beherrschen (siehe Dichotomisierung der Rohwerte in Kapitel 10.2.1).

Tabelle 5: TRUCKS-Test: Rohwertverteilung

	Häufigkeit	Prozent	Kumulierte Prozente
0	15	10.5	10.5
1	10	7.0	17.5
2	12	8.4	25.9
3	11	7.7	33.6
4	3	2.1	35.7
5	6	4.2	39.9
6	9	6.3	46.2
7	3	2.1	48.3
8	12	8.4	56.6
9	62	43.4	100.0
Gesamt	143	100.0	

Geschlechtsunterschiede

Hypothese G1. In Bezug auf die Lösungshäufigkeiten beim trucks-Test finden sich nach Berechnung eines *t*-Tests für unabhängige Stichproben signifikante Unterschiede ($t = 5.44$, $df = 141$, $p < .01$, Cohen's $d = 0.91$) zwischen Männern ($M = 7.33$) und Frauen ($M = 4.45$), wobei letztere ein geringeres korrektes Antwortverhalten zeigen. Dementsprechend unterscheiden sich auch die Rohwertverteilungen zwischen den Geschlechtern, wie aus Abbildung 11 ersichtlich wird.

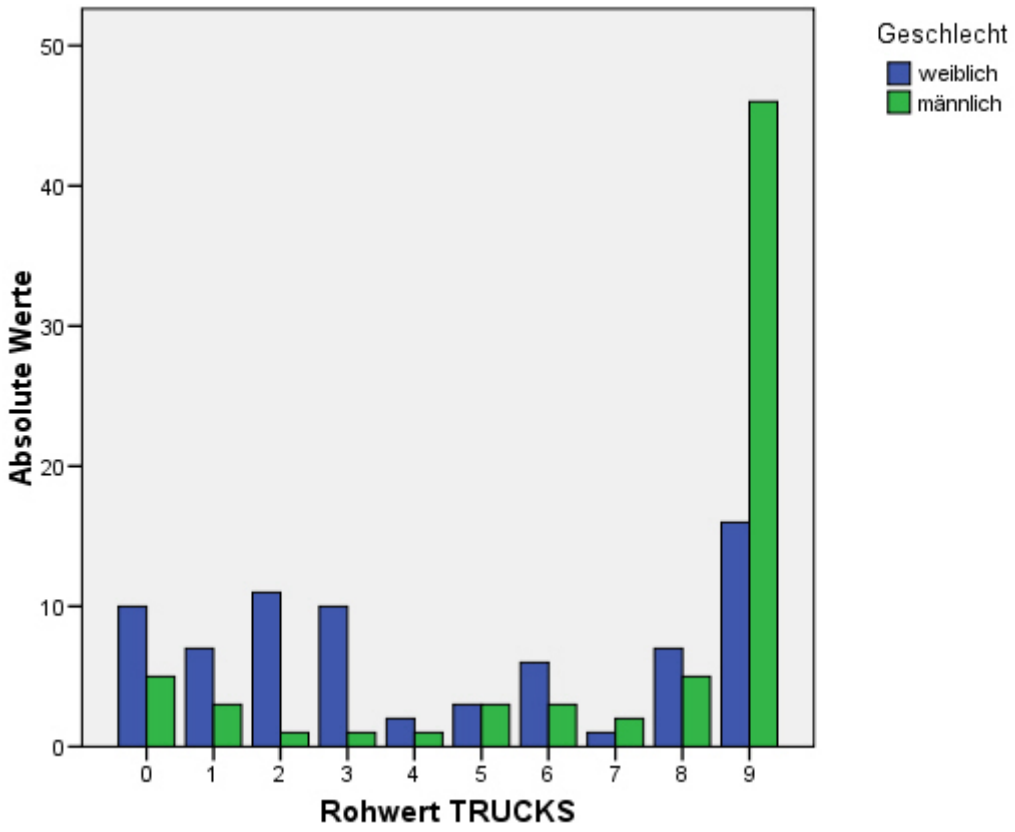


Abbildung 11: TRUCKS-Test: Rohwertverteilung

Altersunterschiede

Hypothese G2. Die drei Altersgruppen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Antwortverhaltens beim trucks-Test nicht signifikant voneinander (ANOVA; $F(2, 96) =$

1.15, p = .32, partielles η^2 = .02; Mittelwerte der Altersgruppen: M = 4.94, M = 5.88 und M = 6.75).

Bildungsgrad

Hypothese G3. Die Leistung im trucks-Test und die damit verbundene mögliche Kenntnis des Lösungsprinzips sind abhängig vom Ausbildungsgrad der Versuchspersonen; mit steigender Schulbildung erhöht sich auch die Lösungswahrscheinlichkeit. Die verschiedenen Bildungsgruppen unterscheiden sich signifikant voneinander (ANOVA; $F(4, 96) = 5.54$, $p < .01$, partielles $\eta^2 = .19$), wobei jene Personen mit Lehre, BMS und Matura bessere Ergebnisse erzielen als Pflichtschüler, aber schlechtere als Akademiker (Tabelle 6). Berücksichtigt man zusätzlich das Geschlecht, so zeigt sich, dass der Haupteffekt jener berichteten Geschlechtsdifferenzen in den Randgruppen der Pflichtschüler und Akademiker, sowie bei Personen mit BMS nahezu verschwindet; Männer und Frauen unterscheiden sich nur in den Bildungsgruppen Lehre/Fachschule und Matura/Kolleg signifikant voneinander (Abbildung 12).

Tabelle 6: Mittelwerte im trucks-Test für Pers. untersch. Bildungsgrades

	Mittelwert TRUCKS	*N*
Pflichtschule	2.85	13
Lehre / Fachschule	4.72	36
BMS (mit/ohne Diplom)	6.66	32
Matura/Kolleg (AHS und BHS)	5.93	41
Universität/FH/Akademie	8.33	21
Gesamt	5.86	143

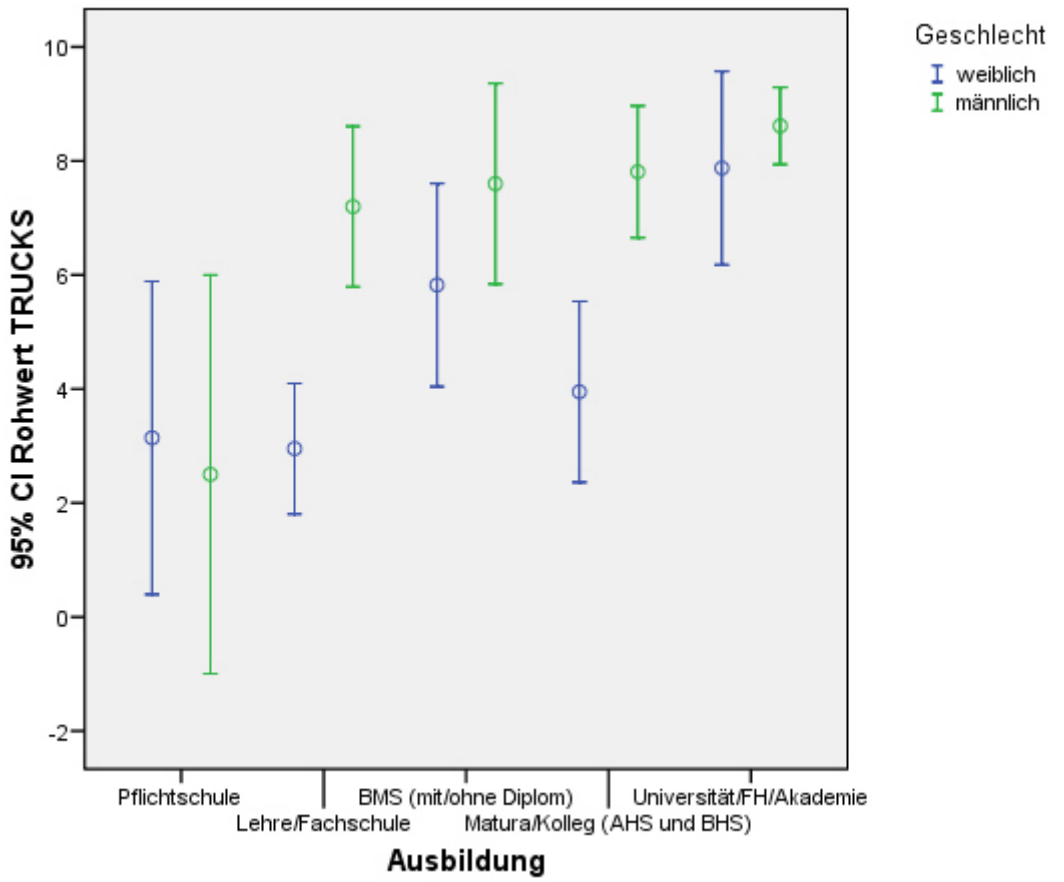


Abbildung 12: TRUCKS-Test: Mittelwerte Bildungsgrad * Geschlecht

Händigkeit

Hypothese G4. Ein *t*-Test für unabhängige Stichproben ergibt signifikante Unterschiede in den Lösungshäufigkeiten zugunsten der Linkshänder (t = -2.59, df = 141, p = .01, Cohen's d = 0.71; M = 7.74 versus M = 5.57). Allerdings muss dieses Ergebnis relativiert werden, da sich in der Stichprobe einerseits nur 13.3 % (n = 19) Linkshänder befinden und andererseits von diesen zwei Drittel männlich sind. Es handelt sich also möglicherweise um ein Geschlechtsartefakt. Auf Analysen bezüglich der Händigkeit wird aufgrund der geringen Stichprobengröße deshalb in weiterer Folge verzichtet.

10.1.2 Wasserspiegelaufgaben

Die Rohwertverteilung der Wasserspiegelaufgaben ähnelt jener des trucks-Tests, mit einem Gipfel an ihrem oberen Ende. Die genauen Häufigkeiten sind Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Wasserspiegelaufgaben: Rohwertverteilung

	Häufigkeit	Prozent	Kumulierte Prozente
0	19	13.3	13.3
1	9	6.3	19.6
2	6	4.2	23.8
3	5	3.5	27.3
4	6	4.2	31.5
5	4	2.8	34.3
6	13	9.1	43.4
7	25	17.5	60.8
8	56	39.2	100.0
Gesamt	143	100.0	

Geschlechtsunterschiede

Die Unterschiede bei der Leistung in den Papier-Bleistift Items der Wasserspiegelaufgaben sind wie schon beim trucks-Test signifikant zuungunsten der Frauen (*t*-Test für unabhängige Stichproben; $t = -5.11$, $df = 141$, $p < .01$, Cohen's $d = 0.86$; $M = 6.67$ versus $M = 4.30$).

Altersunterschiede

Differenzen zwischen den drei Altersklassen lassen sich auch hier keine feststellen (ANOVA; $F(2, 96) = 1.17$, $p = .31$, partielles $\eta^2 = .02$; Mittelwerte der Altersklassen: $M = 4.63$, $M = 5.80$ und $M = 6.02$).

Bildungsgrad

Die einzelnen Gruppen unterscheiden sich signifikant voneinander (ANOVA; $F(4, 96) = 7.71$, $p < .01$, partielles $\eta^2 = .24$); mit zunehmendem Bildungsniveau steigt die Leistung in den Wasserspiegelaufgaben. Es lassen sich wie schon beim trucks-Test drei homogene Untergruppen feststellen; Absolventen einer Lehre, BMS oder Schule mit Matura erzielen bessere Leistungen als Pflichtschüler, aber schlechtere als Akademiker (Tabelle 8). Geschlechtsunterschiede verschwinden innerhalb der Gruppen Pflichtschüler und Akademiker.

Tabelle 8: Mittelwerte im WLT für Pers. untersch. Bildungsgrades

	Mittelwert WLT	*N*
Pflichtschule	2.23	13
Lehre / Fachschule	5.14	36
BMS (mit/ohne Diplom)	5.72	32
Matura/Kolleg (AHS und BHS)	5.41	41
Universität/FH/Akademie	7.71	21
Gesamt	5.46	143

Händigkeit

Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Rechts- ($M = 5.28$) und Linkshändern ($M = 6.63$) feststellen (*t*-Test für unabhängige Stichproben; $t = -1.84$, $df = 141$, $p = .07$).

10.1.3 M capacity

Die Rohwertverteilung für das Maß der M capacity findet sich in Tabelle 9. Statistische Kennwerte lassen sich Tabelle 4 entnehmen. Die Verteilung ist

rechtsschief; 69.2 % der Probanden erreichen eine M capacity von 5 oder weniger, nur 30.8 % erzielen bessere Leistungen.

Tabelle 9: M CAPACITY: Rohwertverteilung

	Häufigkeit	Prozent	Kumulierte Prozente
3	14	9.8	9.8
4	35	24.5	34.3
5	50	35.0	69.2
6	26	18.2	87.4
7	12	8.4	95.8
8	6	4.2	100.0
Gesamt	143	100.0	

Geschlechtsunterschiede

Männer und Frauen unterscheiden sich signifikant voneinander im Ausmaß ihrer M capacity (*t*-Test für unabhängige Stichproben; $t = -2.69$, $df = 141$, $p = .01$, Cohen's $d = 0.44$), wobei erstere bessere Ergebnisse erzielen ($M = 5.31$ versus $M = 4.77$). Die durchschnittliche Differenz von 0.54 Schemata kann nach Cohen's *d* bereits als mittelgroßer Effekt und somit als praktisch bedeutsam angesehen werden.

Altersunterschiede

Es lassen sich keine Unterschiede in der M capacity über die drei Altersgruppen hinweg feststellen (ANOVA; $F(2, 113) = 2.30$, $p = .11$, partielles $\eta^2 = .04$; Mittelwerte der Altersklassen: $M = 5.16$, $M = 5.20$ und $M = 4.79$).

Bildungsgrad

Signifikante Unterschiede lassen sich für drei Untergruppen finden (ANOVA; $F(4, 113) = 7.23$, $p < .01$, partielles $\eta^2 = .20$); Versuchspersonen mit Lehrabschluss bzw.

BMS haben durchschnittlich eine höhere M capacity als Pflichtschulabsolventen, aber eine geringere als Maturanten und Akademiker (Tabelle 10).

Tabelle 10: Mittelwerte in der M capacity für Pers. untersch. Bildungsgrades

	Mittelwert MCAP	*N*
Pflichtschule	3.77	13
Lehre / Fachschule	4.81	36
BMS (mit/ohne Diplom)	4.69	32
Matura/Kolleg (AHS und BHS)	5.49	41
Universität/FH/Akademie	5.86	21
Gesamt	5.03	143

10.1.4 Gestaltwahrnehmungstest

Die Rohwerte im Gestaltwahrnehmungstest sind nicht normalverteilt (KS-Test mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors; p = .01) bei einem Mittelwert von 17.85 und einer Standardabweichung von 6.53. Der Modus ist 26. Weitere statistische Kennwerte finden sich in Tabelle 4. Abbildung 13 veranschaulicht die Rohwertverteilung für die zugrundeliegende Stichprobe.

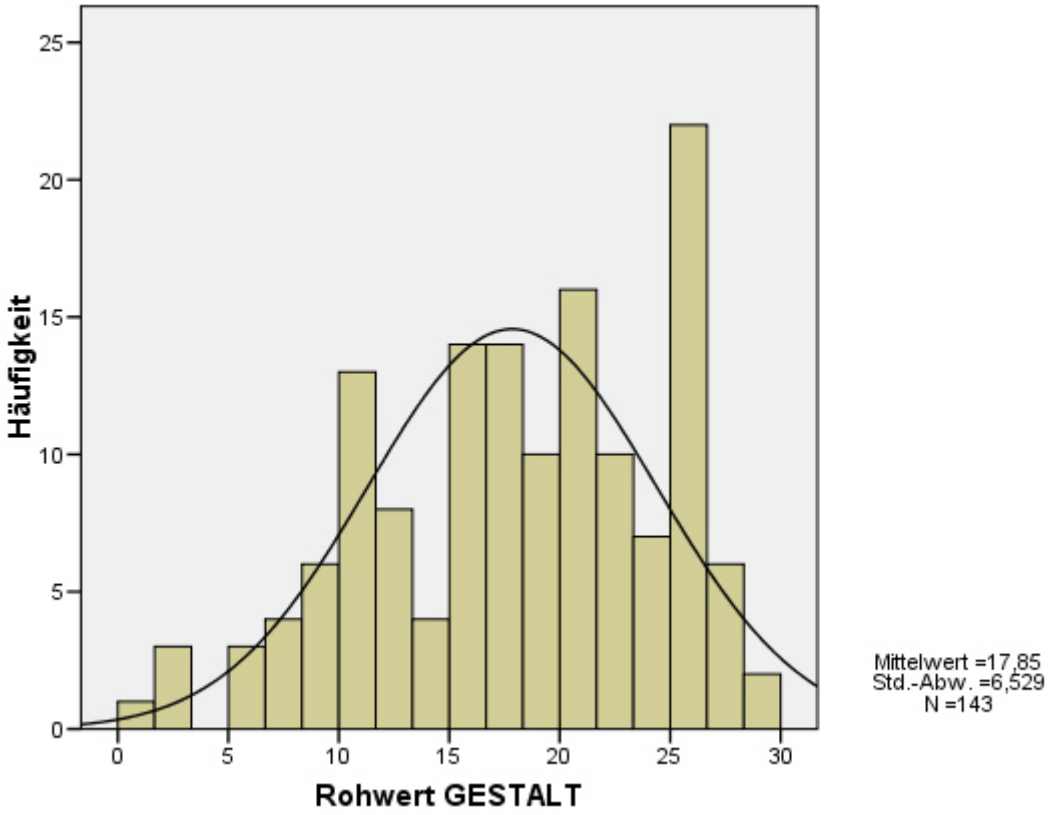


Abbildung 13: Gestaltwahrnehmungstest Rohwertverteilung

Geschlechtsunterschiede

Es lassen sich auf dem 5 % Niveau signifikante Unterschiede zwischen Frauen (*M* = 16.05) und Männern (*M* = 19.71) feststellen (*t*-Test für unabhängige Stichproben; *t* = -3.48, *df* = 141, *p* < .01, Cohen's *d* = 0.58). Die inhaltliche Relevanz ist mit einer Differenz von etwa 4 Items allerdings eher gering einzuschätzen.

Altersunterschiede

Die drei Altersgruppen unterscheiden sich in ihrer Leistung beim Gestaltwahrnehmungstest nicht signifikant voneinander (ANOVA; *F*(2, 113) = 1.22, *p* = .30, partielles η^2 = .02; Mittelwerte der Altersklassen: *M* = 17.96, *M* = 18.90 und *M* = 16.92). Eine Produkt-Moment-Korrelation zwischen dem Alter in Jahren und den

Rohscores im Gestaltwahrnehmungstest ergibt einen Zusammenhang von r = -.08 (p = .36).

Bildungsgrad

Unterschiede hinsichtlich des Bildungsgrades finden sich auch beim Gestaltwahrnehmungstest (ANOVA; $F(4, 113) = 4.54$, $p < .01$, partielles $\eta^2 = .14$); Personen mit Pflichtschulabschluss oder Lehre unterscheiden sich signifikant von jenen mit BMS oder Matura; Akademiker erzielen jedoch die besten Leistungen (Tabelle 11).

Tabelle 11: Mittelwerte im GWT für Pers. untersch. Bildungsgrades

	Mittelwert GESTALT	*N*
Pflichtschule	13.62	13
Lehre / Fachschule	15.44	36
BMS (mit/ohne Diplom)	18.28	32
Matura/Kolleg (AHS und BHS)	18.98	41
Universität/FH/Akademie	21.71	21
Gesamt	17.85	143

10.1.5 Wissenstest

Die Häufigkeiten der Antworten auf die Frage nach dem Lösungsprinzip bzw. der Vorgehensweise beim Bearbeiten der Aufgaben, kodiert nach den fünf Kategorien, findet sich in Tabelle 12. Nahezu 60 % geben im Anschluss an die Aufgaben an, das Prinzip der Horizontalität zu kennen, was entweder durch explizite Erwähnung des zugrundeliegenden physikalischen Gesetzes der Schwerkraft („Gravity“), oder durch Referieren hinsichtlich der Invarianz des Wasserspiegels („Horizontal“) zum Ausdruck kam. Weitere 30 % verwiesen in ihren Antworten auf Vorstellung, Visualisierung,

Aussehen oder Erfahrung („Imagery“), ohne dabei das zugrundeliegende Prinzip explizit zu erwähnen.

Tabelle 12: Wissenstest: Rohwertverteilung

	Häufigkeit	Prozent	Kumulierte Prozente
Gravity	40	28.0	28.0
Horizontal	45	31.5	59.4
Imagery	43	30.1	89.5
Tilt	6	4.2	93.7
Other physics	9	6.3	100.0
Gesamt	143	100.0	

Geschlechtsunterschiede

Männer zeichnen sich durch eine signifikant häufigere Kenntnis des richtigen Lösungsprinzips aus (χ^2-Test nach Pearson; $\chi^2 = 33.73$, $df = 4$, $p < .01$), vor allem benennen sie öfters das zugrunde liegende Gesetz der Schwerkraft, wohingegen Frauen bei ihrer Lösungssuche mehr zu Vorstellung und Imagination neigen (siehe Abbildung 14).

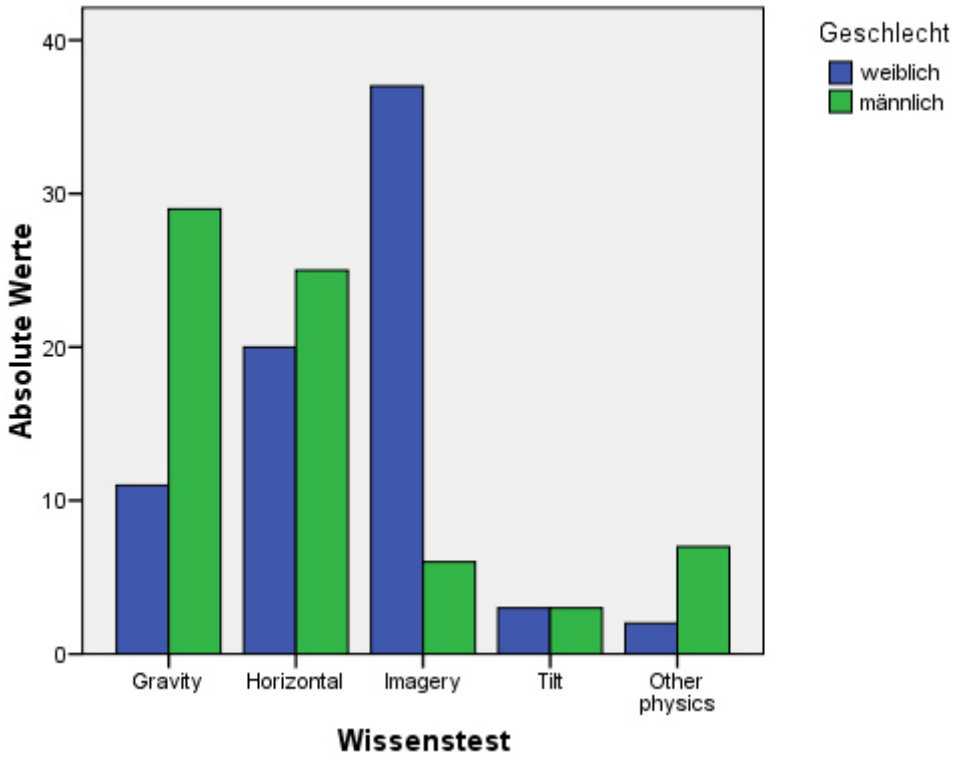


Abbildung 14: Wissenstest: Rohwertverteilung

Altersunterschiede

Es finden sich signifikante Unterschiede im Antwortverhalten auf die Wissensfrage zwischen den drei Altersgruppen (χ^2-Test nach Pearson; $\chi^2 = 29.06$, $df = 8$, $p < .01$). Personen unter 30 Jahren neigen mehr zu Imagination und jene über 41 antworten häufiger im Sinne der Horizontalität, während sich Antworten gemäß der expliziten Erwähnung des Prinzips der Schwerkraft über die Altersklassen gleichverteilen. Tabelle 13 zeigt die diesbezüglichen Antworthäufigkeiten.

Tabelle 13: Altersunterschiede Wissenstest

	Wissenstest					
	Gravity	Horizontal	Imagery	Tilt	Other physics	Gesamt
Jüngere (18-30)	16	7	24	3	1	51
Mittlere (31-40)	11	12	11	0	6	40
Ältere (41-50)	13	26	8	3	2	52
Gesamt	40	45	43	6	9	143

Bildungsgrad

Die Auswertung zeigt signifikante Unterschiede in der Vorgehensweise bei der Lösungssuche der Wasserspiegelaufgaben (χ^2-Test nach Pearson; $\chi^2 = 47.78$, $df = 16$, $p < .01$); Akademiker nennen öfters das Prinzip der Schwerkraft, Absolventen einer Lehre, BMS oder Matura referieren gleich häufig hinsichtlich aller Kategorien und Pflichtschüler stellen mehr Aspekte der Vorstellung in den Vordergrund.

10.2 Spezifische Fragestellungen

Im Folgenden werden die im Rahmen des konstruierten Performanz-Modells der Wasserspiegelaufgaben (siehe Abbildung 8) konzipierten Hypothesen im Einzelnen überprüft. Die Reihenfolge richtet sich dabei nach den in Kapitel 7.2 spezifizierten Fragestellungen zum Zusammenwirken der einzelnen abhängigen und unabhängigen Variablen untereinander.

10.2.1 Dichotomisierung

Bei einigen der nachfolgenden statistischen Analysen ist es notwendig, den Rohscore des trucks-Tests sowie der Wasserspiegelaufgaben zu dichotomisieren. Zu diesem Zwecke wird die Leistung in dem jeweiligen Verfahren zur Verbalisierung des richtigen Lösungsprinzips (Antwortkategorien „Gravity“ bzw. „Horizontal“ im Wissenstest), in Verbindung gesetzt und über die erhaltenen Kreuztabellen die bestmögliche Klassifizierung im Sinne hoher Sensitivität und Spezifität gesucht. Die Dichotomisierung erfolgt hieraus nach folgendem Schema: Sowohl für den trucks-Test als auch für die Wasserspiegelaufgaben werden Rohscores ≥ 5 als gelöst gewertet. Tabellen und Abbildungen zu den Sensitivitäts- und Spezifitätsberechnungen bei unterschiedlicher Dichotomisierung finden sich im Anhang.

10.2.2 Trucks-Test und Wasserspiegelaufgaben

Hypothese A1. Eine wesentliche Kernfragestellung ist, ob beide abhängigen Variablen im Modell dasselbe Konstrukt erfassen. Dies ist auch hinsichtlich der Überprüfung der Validität des trucks-Tests, als einer computerisierten Variante der Papier-Bleistift Wasserspiegelaufgaben, relevant. Ersterer verwendet mit vielfältigen Umgebungsreizen besetztes Itemmaterial, während letztere die Aufgabenkomplexität auf ein Minimum reduzieren, was zu der Fragestellung führt, ob es Unterschiede in der Schwierigkeit der beiden Verfahren gibt. Zu diesem Zwecke werden die dichotomisierten Rohwertverteilungen (siehe oben) einem 4-Felder χ^2-Test unterzogen. Die resultierenden Häufigkeiten finden sich in Tabelle 14.

Tabelle 14: 4-Felder-Tafel TRUCKS - WLT

	WLT		
TRUCKS	-	+	Gesamt
-	40	11	51
+	5	87	92
Gesamt	45	98	143

Es lässt sich somit ein signifikanter Zusammenhang in der Lösungshäufigkeit der beiden Verfahren feststellen (χ^2-Test nach Pearson; $\chi^2 = 81.07$, $df = 1$, $p < .01$). Hohe Werte im trucks-Test gehen mit hohen Werten in den Wasserspiegelaufgaben einher; die Leistungen bei letzteren sind aber etwas besser als jene im trucks-Test. Eine Produkt-Moment-Korrelation beider Verfahren ergibt ein Zusammenhangsmaß von $r = .83$ ($p < .01$). Auf Implikationen in Bezug auf die Validität wird in Kapitel 11 eingegangen.

10.2.3 Lerneffekte

Hypothese A2. Die Reihenfolge der Testvorgabe (trucks-Test vor oder nach den Wasserspiegelaufgaben) bedingt weder in der Gesamtstichprobe noch in einzelnen Subgruppen Leistungsunterschiede (*t*-Test für unabhängige Stichproben; $t = -.49$, $df = 141$, $p = .63$; *M* vorher: 5.72, *M* nachher: 6.00), wonach Lerneffekte ausgeschlossen werden können.

10.2.4 Bedeutung der M capacity

Hypothese B1/B2. Ein zentraler Eckpfeiler des Modells ist die Annahme eines direkten Einflusses der M capacity auf die Lösungsleistung bei Wasserspiegelaufgaben. Es konnte bereits gezeigt werden, dass ein Mindestmaß von 4 gleichzeitig präsent gehaltenen Schemata notwendig ist, um den Wasserspiegel korrekt einzuzeichnen (Morra, 2008). Außerdem fungiert M capacity als Mediator zwischen anderen unabhängigen Variablen im oben spezifizierten Modell.

Die Auswertung einer Varianzanalyse zeigt, dass sich Personen mit unterschiedlicher M capacity auch signifikant hinsichtlich ihrer Leistung beim trucks-Test ($F(5, 137) = 3.48$, $p = .01$, partielles $\eta^2 = .11$) und den Wasserspiegelaufgaben ($F(5, 137) = 3.06$, $p = .01$, partielles $\eta^2 = .10$) unterscheiden; mit steigender M capacity erhöht sich die mittlere Anzahl an gelösten Items, während bei 4 oder weniger Schemata das Konzept der Horizontalität bzw. Vertikalität nicht beherrscht wird. Tabelle 15 enthält die Gruppenmittelwerte beider Verfahren in Abhängigkeit von der M capacity und Abbildung 15 veranschaulicht diesen Zusammenhang exemplarisch für den trucks-Test.

Tabelle 15: Mittelwerte im TRUCKS-Test/WLT in Abhängigkeit von der M capacity

M capacity	*M* TRUCKS	*M* WLT	*N*
3	4.00	3.36	14
4	4.80	4.69	35
5	5.98	5.88	50
6	6.58	6.04	26
7	7.58	6.25	12
8	8.83	7.33	6
Gesamt	5.86	5.46	143

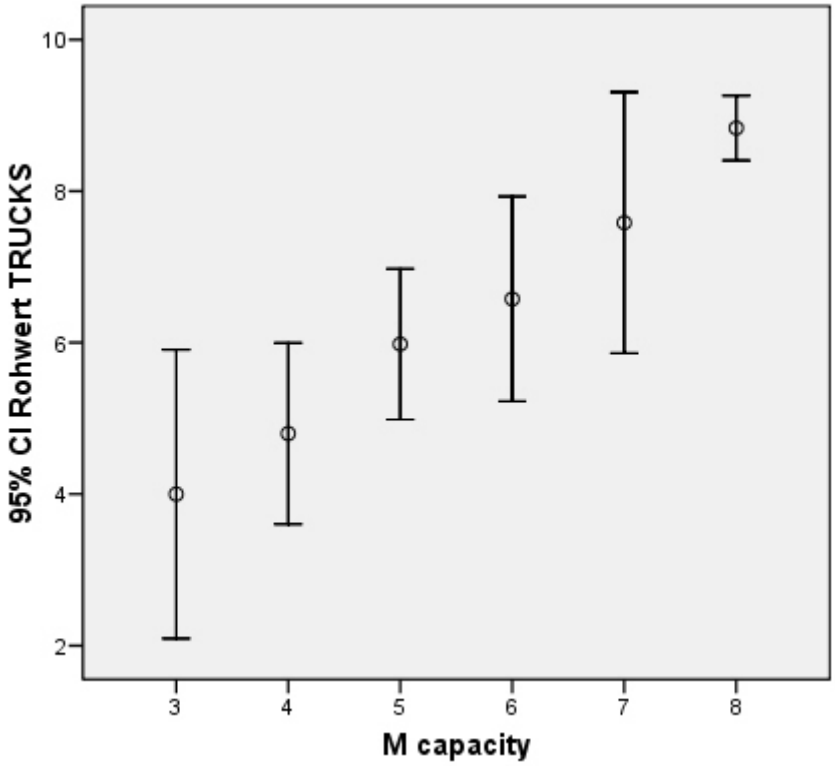


Abbildung 15: Mittelwerte im TRUCKS-Test in Abhängigkeit von der M capacity

Die Linearität dieses Zusammenhanges zeigt sich auch in einer Korrelationsanalyse, deren resultierender Koeffizient für den trucks-Test $r = .33$ ($p < .01$), für die Wasserspiegelaufgaben $r = .29$ ($p < .01$) beträgt.

10.2.5 Relevantes physikalisches Wissen

Hypothese C. Die Frage nach dem zugrundeliegendem Prinzip bzw. der Vorgehensweise beim Bearbeiten der Wasserspiegelaufgaben ist der stärkste Prädiktor für eine korrekte Lösung. Tabelle 16 zeigt die Mittelwerte im trucks-Test für die einzelnen Antwortkategorien.

Tabelle 16: Mittelwerte im TRUCKS-Test und verbalisiertes Lösungsprinzip

Antwortkategorie	*M* TRUCKS	*N*
Gravity	8.63	40
Horizontal	7.67	45
Imagery	2.16	43
Tilt	.83	6
Other physics	5.56	9
Gesamt	5.86	143

Der Unterschied zwischen den ersten beiden und der dritten und vierten Gruppe ist signifikant (ANOVA; $F(4, 138) = 80.34$, $p < .01$, partielles $\eta^2 = .70$); in der Kategorie Other physics gibt es sowohl Personen, die um das Prinzip der Horizontalität wissen, als auch solche, die dies nicht tun. Lässt man die beiden letzten aufgrund ihrer geringen Gruppengröße weg und fasst man Gravity und Horizontal zusammen, so ergibt sich nach Dichotomisierung der Rohwerte des trucks-Tests wie unter Punkt 10.2.1 beschrieben folgende Kreuztabelle.

Tabelle 17: 4-Felder-Tafel TRUCKS-Test und Wissenstest

	WISSEN		
TRUCKS	Imagery	Gravity/Horizontal	Gesamt
-	37	4	41
+	6	81	87
Gesamt	43	85	128

Ein χ^2-Test nach Pearson fällt signifikant aus (χ^2 = 86.78, *df* = 1, *p* < .01); die Häufigkeiten weichen somit deutlich von einer Gleichverteilung ab. Jene Probanden, welche sich von ihrer Vorstellung leiten lassen, lösen die Aufgaben des trucks-Tests weniger häufig. Umgekehrt gibt es immerhin vier Versuchspersonen, welche das richtige Lösungsprinzip kennen und trotzdem falsche Antworten geben und sechs Versuchspersonen, die trotz Angabe eines falschen Lösungsprinzips mehr als vier Aufgaben richtig lösen konnten.

M capacity und relevantes physikalisches Wissen

Hypothese D. Bezugnehmend auf die Hypothese, dass mit steigender M capacity mehr Schemata und somit mehr relevantes physikalisches Wissen aktiviert werden können, und umgekehrt, dass dadurch aber auch mehr fehlerhafte Informationseinheiten präsent werden, steht nun die Rolle der M capacity als diesbezüglicher Mediator zur Untersuchung. Tabelle 18 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Antworten über die Höhe der M capacity hinweg.

Tabelle 18: Antworten im Wissenstest bei untersch. M capacity

	M CAPACITY			
WISSEN	≤ 4	5	≥ 6	Gesamt
Gravity/Horizontal	21	33	31	85
Imagery	19	15	9	43
Gesamt	40	48	40	128

Mit zunehmender M capacity steigt also nicht nur die Leistung in den Wasserspiegelaufgaben (siehe oben), sondern auch die Häufigkeit der verbalen Artikulation des richtigen Lösungsprinzips, während die Anzahl jener Personen, welche hinsichtlich der Kategorie „Imagery“ antworten, abnimmt (χ^2-Test nach Pearson; χ^2 =

5.79, *df* = 2, *p* = .05). Tabelle 19 setzt diese Abhängigkeit in Verbindung mit den Leistungen im trucks-Test. Es zeigt sich somit insgesamt für den Wissenstest ein hoher Zusammenhang mit der Lösungsfähigkeit des trucks-Tests (in „Gravity/Horizontal“ lösen 95 % den Test, während es nur 14 % in „Imagery“ sind; siehe Tabelle 17), sowie eine starke Abhängigkeit von der M capacity.

Tabelle 19: Leistungen im TRUCKS-Test in Abhängigkeit von WISSEN und M CAPACITY

		M CAPACITY			
WISSEN	TRUCKS	≤ 4	5	≥ 6	Gesamt
Gravity/Horizontal	+	19	31	31	81
	-	2	2	0	4
Imagery	+	3	2	1	6
	-	16	13	8	37

10.2.6 Einfluss der Feldabhängigkeit

Hypothese E. Die berichteten positiven Zusammenhänge zwischen Verfahren zur räumlichen Wahrnehmung und räumlichen Visualisierung lassen sich auch in der vorliegenden Studie nachweisen. Eine Übersicht über die erhaltenen Produkt-Moment-Korrelationen gibt Tabelle 20.

Tabelle 20: Korrelationsmatrix Gestaltwahrnehmungstest und TRUCKS/WLT

GESTALT	TRUCKS	WLT
Frauen	.38	.34
Männer	.51	.49
Gesamt	.50	.46

Alle *p*s < .01.

Personen mit hohen Werten mit trucks-Test erzielen also auch durchwegs hohe Werte im Gestaltwahrnehmungstest, was eine niedrige Feldabhängigkeit bedeutet,

wobei dieser Zusammenhang für Männer etwas stärker ausgeprägt ist als für Frauen. Außerdem sind die erhaltenen Korrelationskoeffizienten für die Wasserspiegelaufgaben etwas niedriger.

M capacity und Feldabhängigkeit

Hypothese F. Eine wesentliche Annahme des Modells ist, dass mit zunehmender M capacity gleichzeitig mehr relevante, aber auch mehr irrelevante und fehlleitende Schemata für die momentane Aufgabenbearbeitung aktiviert werden können. Die Frage lautet also, ob die Stärke des Einflusses der Feldabhängigkeit auf die Aufgabenlösung abhängig von der Höhe der M capacity ist. Tabelle 21 listet die diesbezüglichen Korrelationen auf.

Tabelle 21: Einfluss der M CAPACITY auf Gestaltwahrnehmung und TRUCKS-Test

M CAPACITY		TRUCKS
≤ 4	GESTALT	.38
5	GESTALT	.49
≥ 6	GESTALT	.45

Alle *p*s < .01.

Ist nur eine geringe Kapazität gleichzeitig aktivierbarer Schemata vorhanden, haben Feldeffekte weniger Einfluss auf die Leistung im trucks-Test. Mit zunehmender M capacity steigt zwar die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Lösung (siehe oben), die Sensibilität gegenüber Feldeffekten nimmt allerdings auch zu (Tabelle 21). Der Einfluss der M capacity auf diesen Zusammenhang zwischen Feldabhängigkeit und Lösungsleistung im trucks-Test zeigt sich auch bei ihrer Kontrolle in einer Partiellen Korrelation; wonach sich der einstige Zusammenhang zwischen trucks-Test und Gestaltwahrnehmungstest von $r = .50$ ($p = <.01$) auf $r = .43$ ($p < .01$) reduziert.

10.3 Testtheoretische Analyse

Anhand der gewonnen Daten soll im letzten Teil der Auswertung eine umfassende testtheoretische Analyse des trucks-Tests erfolgen und diese mit bisherigen Untersuchungen (Hintersteiner, 1999; Appl, 1999) verglichen werden.

10.3.1 Klassische Testtheorie

Die Teststatistiken bezogen auf die Rohwertverteilung finden sich genau erläutert in Kapitel 10.1.1. Im Mittelpunkt der folgenden Untersuchungen stehen Itemschwierigkeit und Trennschärfe, Homogenität und Reliabilität, sowie Dimensionalität.

Reliabilitätsanalyse

Sämtliche Reliabilitätskoeffizienten für die Gesamtskala liegen über $r = .90$, was als sehr gut angesehen werden kann und mit bisherigen Studien im Einklang steht (Cronbachs Alpha $a = .93$; Splitt-half Koeffizient nach Spearman-Brown $r = .93$; Guttmans Split-half Koeffizient $r = .91$).

Die Schwierigkeitsindizes (prozentualer Anteil der auf eine Aufgabe entfallenden richtigen Antworten) und Trennschärfekoeffizienten (Item-Skala-Korrelationen) finden sich in Tabelle 22.

Tabelle 22: Schwierigkeitsindizes und Trennschärfekoeffizienten

Item	Schwierigkeitsindex	Trennschärfe-Koeffizient
1	.57	.84
2	.59	.78
3	.65	.73
4	.59	.76
5	.69	.72
6	.73	.54
7	.65	.83
8	.69	.76
9	.69	.82

Bezüglich der Schwierigkeitsindizes ist festzustellen, dass Item 6 am häufigsten gelöst wird (73 %) und als besonders leicht angesehen werden kann. Eine Betrachtung der Korrelationen zwischen den Items (siehe Inter-Item-Korrelationsmatrix im Anhang) zeigt außerdem, dass Item 6 insgesamt die niedrigsten Werte aufweist. Die Item-Skala-Korrelation ist somit gering, was in einer niedrigeren Trennschärfe resultiert, während alle anderen Items über eine sehr hohe Trennschärfe verfügen. Eine Eliminierung von Item 6 würde die Reliabilität der Skala jedoch nur unwesentlich erhöhen (Cronbachs Alpha α = .94). Insgesamt liefert die Reliabilitätsanalyse sehr gute Ergebnisse für den trucks-Test.

Faktorenanalyse

Eine Hauptkomponentenanalyse des trucks-Tests ergibt einen Faktor mit dem Eigenwert 5.93, welcher 65.93 % der Gesamtvarianz erklärt (siehe Ergebnistabelle im Anhang). Tabelle 23 listet die einzelnen Faktorladungen und Kummunalitäten pro Item auf.

Tabelle 23: Faktorladungen und Kommunalitäten

Item	Faktorladung	Kummunalität
1	.88	.78
2	.84	.70
3	.79	.62
4	.82	.67
5	.79	.62
6	.61	.37
7	.88	.77
8	.81	.66
9	.86	.75

Das Eigenwertdiagramm weist ebenso auf eine Ein-Faktor-Lösung hin (siehe Abbildung 16), wodurch angenommen werden kann, dass alle Items dasselbe latente Konstrukt erfassen und das Prinzip der Horizontalität bzw. Vertikalität tatsächlich zwei Aspekte derselben Fähigkeit sind.

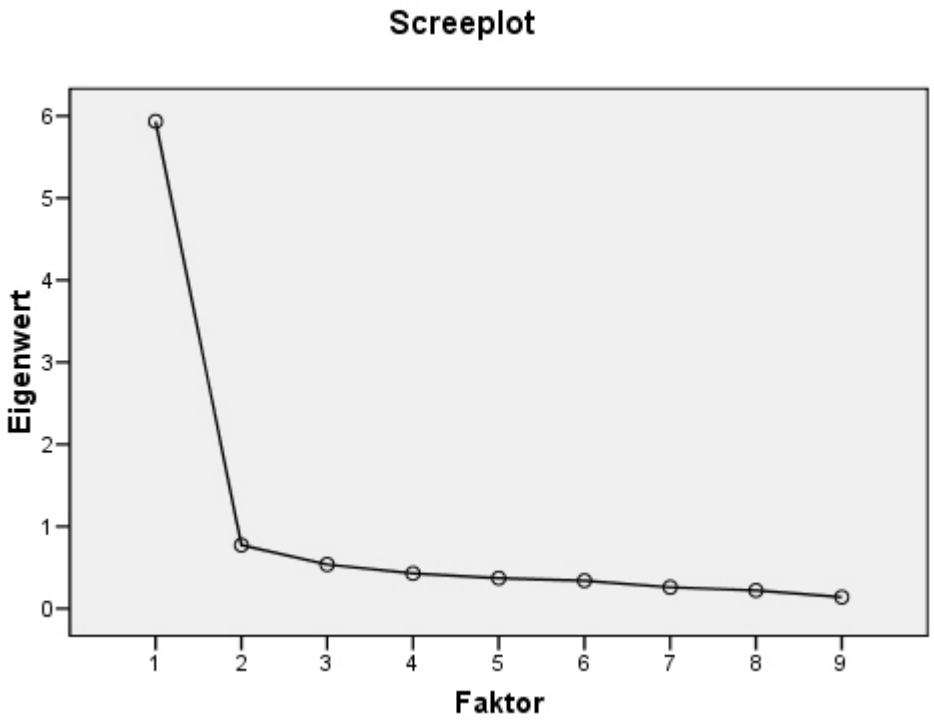


Abbildung 16: Eigenwertdiagramm der Hauptkomponentenanalyse

10.3.2 Probabilistische Testtheorie

Für die Analyse des trucks-Tests auf Eindimensionalität wird das Programm R mit dem Zusatzpacket eRm (Mair & Hatzinger, 2007) verwendet, welches neben der Parameterschätzung nach dem dichotomen logistischen Modell von Rasch (1960) auch einen Graphischen Modelltest, den bedingten Likelihood-Quotienten-Test nach Andersen, sowie den Wald-Test erlaubt. Tabelle 24 zeigt die für die Gesamtskala resultierenden Item- und Personenparameter; Abbildung 17 enthält die zugehörigen IC-Kurven.

Tabelle 24: Leichtigkeits- und Personenparameter

A		B	
Item	Item-parameter	Rohwert	Personen-parameter
1	-0.95	0	-3.16
2	-0.77	1	-2.23
3	0.01	2	-1.36
4	-0.68	3	-0.76
5	0.50	4	-0.25
6	0.97	5	0.24
7	0.01	6	0.76
8	0.50	7	1.36
9	0.42	8	2.23
		9	3.17

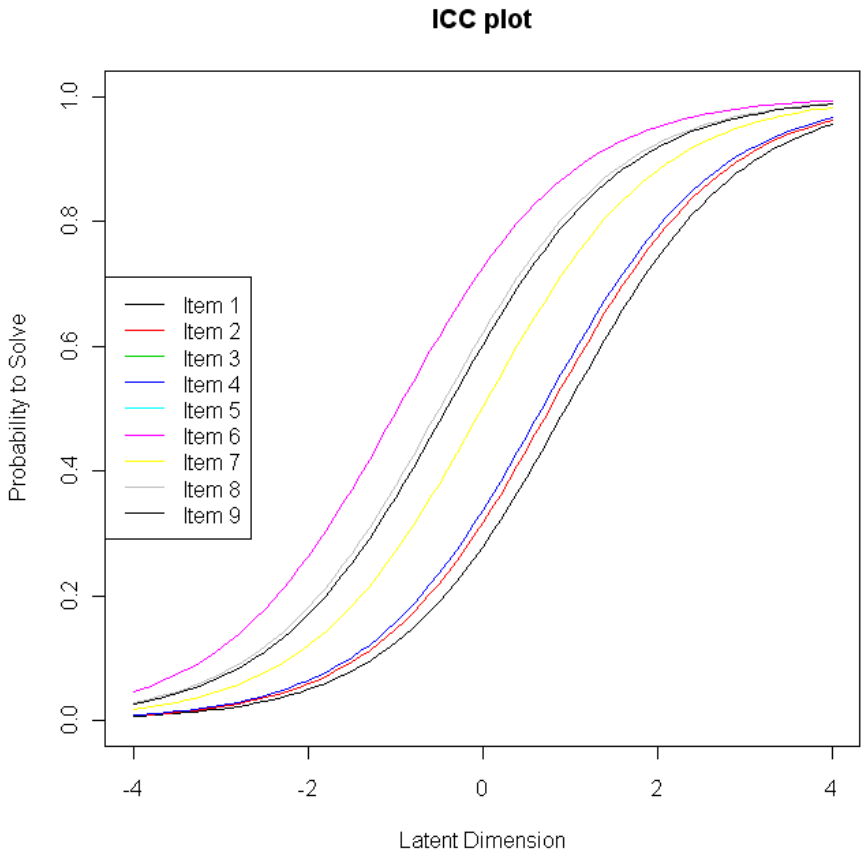


Abbildung 17: IC-Kurven für die Items des TRUCKS-Tests

Ein bedingter Likelihood-Quotienten-Test nach Andersen zur Prüfung der Modellgeltung des dichotomen logistischen Modells von Rasch wird für die folgenden Teilungskriterien durchgeführt: Rohscore, Geschlecht, Alter und Testhälften. Tabelle 25 zeigt für jedes Kriterium die *LR*-Testgrößen.

Tabelle 25: Modelltests für vier Kriterien

Teilungskriterium	*LR*	*p*
Rohscore	13.45	0.10
Geschlecht	8.42	0.39
Alter	8.39	0.40
Testhälfte	6.36	0.61

Die Prüfung auf Modellgeltung nach dem internen Kriterium ergibt eine nicht signifikante Likelihood-Quotienten-Testgröße von *LR* = 13.45 (p = .097, df = 8, krit. χ^2-

Wert = 15.51), wonach Eindimensionalität für alle Items angenommen werden kann. Allerdings ist dieser Wert grenzwertig, weshalb im Folgenden eine Analyse der einzelnen Items mittels Waldtest gerechnet wird (Tabelle 26).

Tabelle 26: z-Statistiken und Signifikanzen

Item	*z*-Wert	*p*-Wert
1	-0.71	.58
2	0.01	.99
3	1.13	.26
4	0.34	.74
5	0.21	.84
6	*3.31	*<.01
7	-0.82	.41
8	-0.55	.58
9	-1.39	.17

Demnach weist Item 6 einen signifikanten *z*-Wert auf ($p < .01$) und kann nicht als Rasch-homogen gelten. Es unterscheidet sich von den anderen dahingehend, dass es öfters gelöst wird und somit eine geringere Schwierigkeit hat. Ein Graphischer Modelltest nach dem internen Kriterium veranschaulicht dies (Abbildung 18). Bei genauerer Betrachtung fällt hierbei auch Item 9 auf, welches allerdings unter Berufung auf den Waldtest als Rasch-homogen angenommen werden kann.

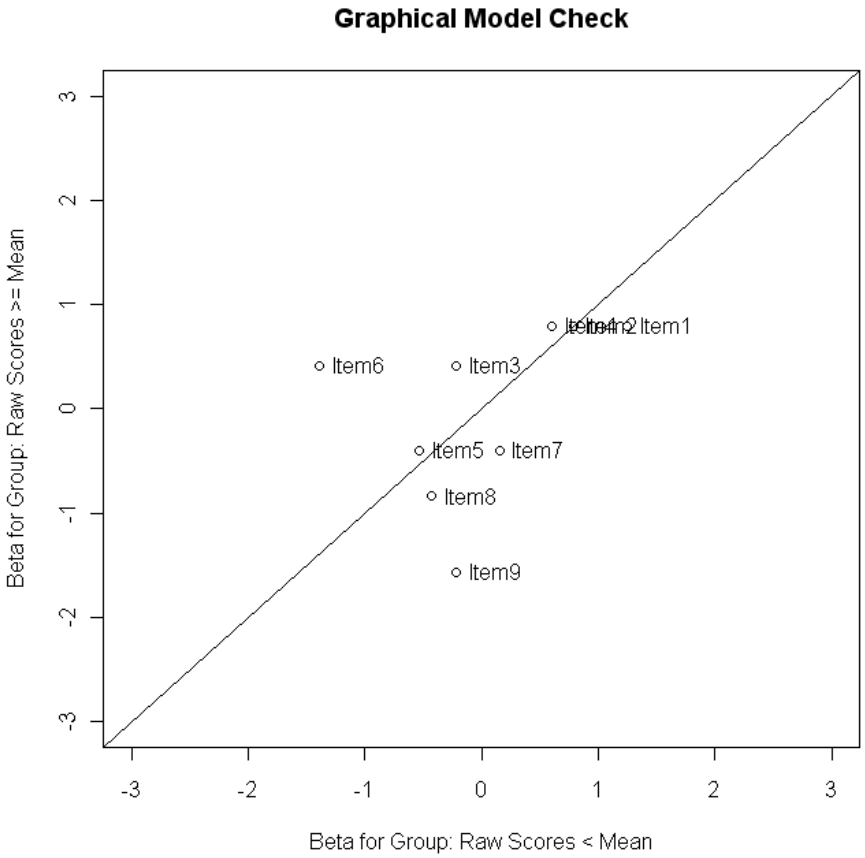


Abbildung 18: Graphischer Modelltest für den trucks-Test

10.3.3 Weiterführende Analysen

Eine Überprüfung der Modellgeltung des dichotomen logistischen Modells von Rasch (1960) für die Wasserspiegelaufgaben ergibt eine nicht signifikante, aber grenzwertige Likelihood-Quotienten-Testgröße von *LR* = 12.44 (Andersen LQ-Test; Teilungskriterium: Rohscore; p = .09; krit. χ^2-Wert = 14.07). Bei einer genauen Analyse mittels Waldtest erweist sich Item 8 als nicht Rasch-homogen (z-Wert = 3.16, p < .01). Dies steht im Gegensatz zu bisherigen testtheoretischen Untersuchungen dieses Verfahrens (Formann, 2003; Tran & Formann, 2008).

Da sowohl der computerisierte trucks-Test als auch die Papier-Bleistift-Wasserspiegelaufgaben zwei unterschiedliche Instrumente zur Erfassung ein und derselben latenten Fähigkeitsdimension sind, wird weiter eine Gesamtskala gebildet

und diese auf Eindimensionalität geprüft. Dabei erhält man eine signifikante Likelihood-Quotienten-Testgröße von *LR* = 37.43 (Andersen LQ-Test; Teilungskriterium: Rohscore; $p < .01$). Item 6 ($z = 2.54$, $p = .01$) und Item 7 ($z = -2.22$, $p = .03$) des trucks-Tests sowie Item 7 ($z = 2.29$, $p = .02$) und Item 8 ($z = 3.28$, $p < .01$) der Wasserspiegelaufgaben erweisen sich in einer Untersuchung mittels Waldtest als nicht Rasch-homogen. Den Graphischen Modelltest für die Gesamtskala zeigt Abbildung 19. Das dabei zusätzlich problematisch erscheinende Item 9 des trucks-Tests zeigt sich im Waldtest ebenfalls grenzwertig ($z = -1.86$, $p = .06$).

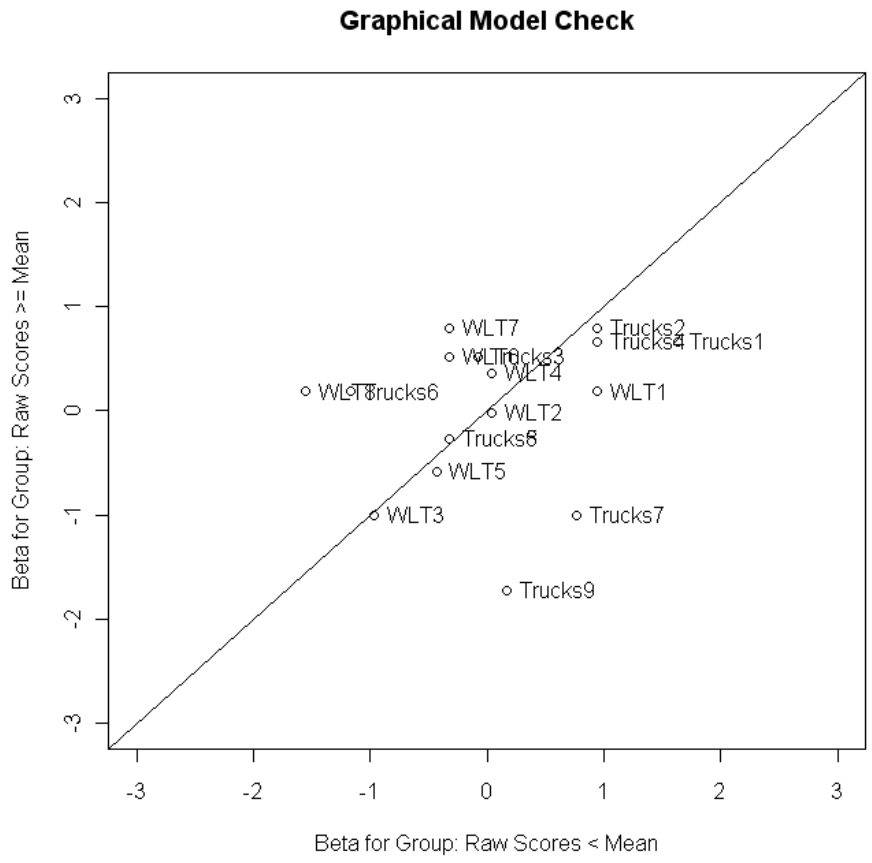


Abbildung 19: Graphischer Modelltest für die Gesamtskala

Zuletzt werden die an einer Stichprobe von 9 bis 15-jährigen Kindern und Jugendlichen erhobenen trucks-Daten von Hintersteiner (1999) dem vorliegenden Datenpool hinzugefügt, so dass eine Gesamtzahl von 260 Datensätzen resultiert. Diese

werden nun wiederum einer Analyse auf Eindimensionalität im Sinne des Rasch-Modells unterzogen. Die Ergebnisse stehen in Einklang mit jenem beobachteten Trend aus der vorliegenden Studie: Der Likelihood-Quotienten-Test nach Andersen wird nun signifikant (LR = 24.85, p < .01, Teilungskriterium: Rohscore) und Item 6 erweist sich wiederum als nicht Rasch-homogen (Waldtest; z = 4.71, p < .01).

11 Interpretation

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde der trucks-Test, als computerisiertes Verfahren zur Erfassung des Prinzips der Horizontalität bzw. Vertikalität, einer umfangreichen Untersuchung unterzogen mit dem Ziel, neue Erkenntnisse hinsichtlich seiner Validität zu gewinnen.

Eine Betrachtung der Rohwertverteilung des trucks-Tests zeigt eine deutliche Frequenzhäufung an ihrem oberen Ende; diese ist auf signifikante Geschlechtsunterschiede zuungunsten der Frauen zurückzuführen, welchen die Lösung der dargebotenen Aufgaben wesentlich schwieriger fällt, vor allem in den Bildungsgruppen Lehre/Fachschule und Matura/Kolleg. Dieser Effekt steht in Einklang mit bisherigen Untersuchungen zum trucks-Test (Appl, 1999; Hintersteiner, 1999), sowie zu herkömmlichen Wasserspiegelaufgaben (Liben & Golbeck, 1984; Liben, 1991; Vasta et al., 1994; Pulos, 1997; Levine & Stern, 2002) und bleibt auch bei Konstanthalten anderer Variablen wie Feldabhängigkeit oder M capacity bestehen. Vermutlich spielen andere Faktoren, wie mangelnde Erfahrung oder vermindertes Interesse an relevanten physikalischen Gesetzmäßigkeiten und der damit

einhergehende geringere Wissensstand über das zugrundeliegende Prinzip der Invarianz des Wasserspiegels die entscheidende Rolle.

Darüber hinaus ist die Lösungswahrscheinlichkeit des trucks-Tests insgesamt abhängig vom jeweiligen Bildungsgrad; mit zunehmendem sozioökonomischen Status wird das Prinzip der Horizontalität bzw. Vertikalität häufiger beherrscht. Altersunterschiede lassen sich in der vorliegenden Stichprobe hingegen nicht finden (Hypothesenblock G).

Die berichteten Geschlechts- und Bildungsunterschiede finden sich auch in allen anderen erhobenen Variablen; bei den Wasserspiegelaufgaben, im Wissenstest, der M capacity und im Gestaltwahrnehmungstest, wenngleich jene Geschlechtsdifferenz bei letztgenanntem Verfahren aufgrund der Größe der Differenz inhaltlich als nicht relevant anzusehen ist.

Ein direkter Vergleich des trucks-Tests mit herkömmlichen Wasserspiegelaufgaben (Hypothese A1) liefert einen hohen Zusammenhang im Sinne der kongruenten Validität, wobei letztere etwas häufiger richtig gelöst werden.

Bei der Bearbeitung der Aufgaben können keine Lerneffekte festgestellt werden (Hypothese A2); die Lösungshäufigkeit des trucks-Tests ist unabhängig davon, ob er vor oder nach den Wasserspiegelaufgaben gemacht wurde.

Der Einfluss der M capacity auf die Leistung im trucks-Test bzw. den Wasserspiegelaufgaben (Hypothese B1 und B2) als tragender Eckpfeiler im spezifizierten Modell kann als gegeben angesehen werden. Es zeigt sich ein linearer Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der M capacity und der mittleren

Lösungshäufigkeit in beiden Verfahren. Ein Mindestmaß von 5 gleichzeitig aktivierten Schemata ist notwendig, um die Aufgabenstellung richtig zu lösen. Dies ähnelt den Ergebnissen von Morra (2008), wonach mindestens 4 Schemata zeitgleich verfügbar sein müssen.

Die Verbalisation des Lösungsprinzips ist der beste Prädiktor für die Leistungen im trucks-Test und den Wasserspiegelaufgaben (Hypothese C): Personen, welche in ihren Antworten hinsichtlich der Schwerkraft oder der Horizontalität referieren, lösen auch die Testaufgaben, während jene, die sich von ihrer Vorstellung leiten lassen, eher kein Verständnis für das zugrundeliegende Prinzip zeigen. Dieser Zusammenhang ist beeinflusst von der M capacity (Hypothese D); mit zunehmender Höhe derselben steigt auch die Verbalisation des richtigen Lösungsprinzips, was auf den Bildungsgrad als diesbezüglichen Mediator hindeutet.

Der Zusammenhang zwischen Feldabhängigkeit und den Leistungen im trucks-Test, wie von Hintersteiner (1999) gefunden, konnte auch in der vorliegenden Studie repliziert werden (Hypothese E). Jener ist für Männer deutlicher ausgeprägt als für Frauen und etwas stärker im trucks-Test als bei den Wasserspiegelaufgaben. Der Einfluss von Feldeffekten spielt also eine wesentliche Rolle. Außerdem steigt mit zunehmender M capacity nicht nur die Lösungsleistung in beiden Verfahren, sondern auch die Sensibilität gegenüber Feldeffekten (Hypothese F): Die Verfügbarkeit mehrerer Schemata bietet Raum für Fehlleitungen.

Der trucks-Test erweist sich in testtheoretischen Untersuchungen als eindimensionale Skala mit guten Reliabilitätswerten. Dies lässt auch den Schluss zu, dass das Prinzip der Horizontalität und jenes der Vertikalität tatsächlich zwei Aspekte

derselben Fähigkeit sind. Eine Analyse auf Modellgeltung des dichotomen logistischen Modells von Rasch zeigt allerdings Item 6 als nicht Rasch-homogen auf. Auch bei allen anderen diesbezüglichen Berechnungen erhält es insgesamt die schlechtesten Werte. Eine inhaltliche Betrachtung veranschaulicht diese Diskrepanz: Item 6 unterscheidet sich in seinem Aufbau von allen anderen folgendermaßen: Es besteht aus einem Gefäß, welches in der Mitte eine irrelevante, nicht ganz durchgängige vertikale Trennwand besitzt. Auf diesen Hinweisreiz wird eindrücklich in der Aufgabenbeschreibung aufmerksam gemacht. Außerdem bieten die Distraktoren, anders als bei den übrigen Items, keine Möglichkeit, gemäß der Regel Orientierung am Gefäßboden zu antworten. Item 6 wird insgesamt am häufigsten gelöst und auch dadurch auffällig. Aufgrund dieser Beobachtungen und Ergebnisse ist es aus der Gesamtskala auszuschließen.

12 Diskussion und Kritik

Die Verwendung des trucks-Tests in der vorliegenden Studie zum Zwecke seiner Validierung im Rahmen eines Performanz-Modells der Wasserspiegelaufgaben und die daraus erhaltenen Ergebnisse, verbunden mit den Erkenntnissen aus vorherigen Untersuchungen (Hintersteiner, 1999; Appl, 1999), leiten zu einigen kritischen Anmerkungen und Diskussionspunkten über.

Allen voran steht die Frage des Bedarfs eines solchen Verfahrens, sowie der damit verbundenen Vor- und Nachteile gegenüber herkömmlichen Papier-Bleistift-Wasserspiegelaufgaben. Es hat sich gezeigt, dass der trucks-Test dasselbe latente Konstrukt, nämlich jenes des Prinzips der Horizontalität bzw. Vertikalität, erfasst wie

traditionelle Instrumente. Dies spricht einerseits für eine hohe Validität, andererseits wirft es aber die Frage nach dessen Nutzen auf, welche im Folgenden diskutiert werden soll.

Der Vorteil standardisierter Bedingungen und damit verbundener höherer Testleiterunabhängigkeit durch computerisierte Vorgabe wird auf Kosten geringerer Ökonomie erkauft. Zunächst ist für die durchschnittlich vier Minuten dauernde Durchführung ein Computer erforderlich; in seiner Originalkonstruktion sogar ein Mac-System, welches hierzulande wenig verbreitet ist. Eine Emulation auf PC ist zwar möglich, aber mit einigen Schwierigkeiten und hohem zeitlichen Aufwand verbunden. Außerdem verwendet der trucks-Test sehr kleine Schriftarten und erfordert – wenngleich in minimalem Ausmaß – die Fähigkeit zum Umgang mit der Maus, was vor allem sehbeeinträchtigten und älteren Personen Probleme bereitet.

Darüber hinaus lässt das Multiple-Choice-Antwortformat wenig Raum für das Anwenden des Prinzips der Horizontalität bzw. Vertikalität in räumlichen Aufgabenstellungen und die daran schließende Identifikation der Lösungsregel. Die Gestaltung der Distraktoren erfolgte nicht theoriegeleitet, wodurch eine Interpretation der Aufgabenbearbeitung und Zuordnung zu einer der von Lohaus et al. (1994) beschriebenen Subgruppen (korrektes, unsystematisch falsches und systematisch falsches Lösungsverhalten) nicht möglich ist.

Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Studie ist zu hinterfragen, ob der trucks-Test tatsächlich das Prinzip der Horizontalität bzw. Vertikalität im Sinne der Prüfung des Vorhandenseins eines stabilen dreidimensionalen Bezugssystems zum Lösen alltäglicher Operationen im Raum erfasst. Laut Manual (Gur, 1996) dient der

trucks-Test auch als Screening-Verfahren im Bereich räumlicher Fähigkeiten. Zwar zeigen sich signifikante Zusammenhänge mit anderen Verfahren aus diesem Gebiet, vor allem der Gestaltwahrnehmung; insgesamt spiegeln die Ergebnisse aber eher den sozioökonomischen Status und Bildungsgrad der Versuchsperson wieder.

Eine höhere Anzahl an Jahren in Ausbildung geht mit größerer Feldunabhängigkeit, steigender M capacity und nicht zuletzt relevantem physikalischen Wissen einher. Vor allem letzteres bedingt zum größten Teil die Leistungen in den Wasserspiegelaufgaben.

Auch die vorliegende Studie entbehrt nicht einiger Kritikpunkte, die zu zukünftigen Forschungsfragen beitragen. Zunächst wäre eine noch größere Stichprobe wünschenswert, die genauere Analysen in den sich aus unterschiedlichem Geschlecht, Bildungsgrad, M capacity, Feldabhängigkeit, etc. ergebenden Subgruppen ermöglichen würde. Außerdem lässt sich ein interessanter Trend zu besseren Leistungen von Linkshändern beobachten, welcher seine neurophysiologische Grundlage in einer stärkeren Aktivierung der rechten Großhirnhemisphäre haben könnte.

Des Weiteren ist kritisch anzumerken, dass das Konstrukt der M capacity nur über den Subtest Zahlennachsprechen des Wechsler Intelligenztests für Erwachsene (WIE; Aster, Neubauer & Horn, 2006) erfasst wurde. Es ist fraglich, ob die Leistung in diesem Test tatsächlich das theoretische Maß der M capacity, als jene Menge an gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis für die Bearbeitung der aktuellen Aufgabenstellung zur Verfügung stehenden Schemata, abbildet. Unterschiedliche Vorgehensweisen und Gedächtnisstrategien, wie beispielsweise jene des Chunkings, könnten die benötige Anzahl an Schemata stark reduzieren. Für eine differenziertere und genauere

Erfassung ist für die Zukunft das Hinzuziehen weiterer Verfahren zu fordern (Morra, 1994, 1998).

Ob nun das Abrufen von Gedächtnisinhalten (relevantes physikalisches Wissen) oder aber räumliche Operationen beim Bearbeiten des trucks-Tests im Vordergrund stehen, wäre eine interessante Fragestellung für zukünftige mit dem Computertest gekoppelte fMRI-Studien.

Zusammenfassung

Die Ausbildung eines stabilen, dreidimensionalen Koordinaten- und Bezugssystems ist Voraussetzung für die Orientierung und Navigation im Raum, sowie aller räumlichen Operationen. Dieses System entwickelt sich nach Jean Piaget zumeist im Alter von 9 bis 12 Jahren und konstituiert sich über seine Achsen, welche durch die Schwerkraft definiert sind. Zur Erfassung des Entwicklungsstandes werden in der Forschung meist Wasserspiegel- und Senkbleiaufgaben verwendet, welche aus Darstellungen von unterschiedlich gekippten Gefäßen bestehen, in die das Kind den Flüssigkeitsspiegel bzw. die Position eines Lots einzeichnen muss.

Ein alternatives Verfahren hierzu ist der trucks-Test aus der Computerisierten Neuropsychologischen Testbatterie (CNP) von Gur (1996), welcher aus sechs Wasserspiegel- und drei Lotaufgaben besteht und zur Beantwortung ein Multiple-Choice-Format verwendet.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war einen Beitrag zur Validierung eben dieses Tests zu leisten. Dafür wurde ein Modell erstellt, welches neben dem Vergleich mit herkömmlichen Papier-Bleistift-Wasserspiegelaufgaben auch die Variablen relevantes physikalischen Wissen, Feldabhängigkeit und M capacity beinhaltet. Letzteres Konstrukt entstammt der theory of constructive operators (Pascual-Leone, 1969, 1970, 1987; Pascual-Leone & Goodman, 1979) und stellt die Anzahl mentaler Repräsentationen dar, welche bei gegebenen Aufmerksamkeitsressourcen gleichzeitig aktiviert werden können. Morra (1991, 2008) entwickelte ein auf dieser Theorie

aufbauendes Modell der Wasserspiegelaufgaben und fand heraus, dass ein Mindestmaß von vier Schemata für die korrekte Lösung Voraussetzung ist.

Die Überprüfung des spezifizierten Modells erfolgte an einer hinsichtlich Alter, Geschlecht und Bildungsgrad ausgeglichenen Stichprobe von 143 Erwachsenen zwischen 18 und 50 Jahren.

Folgende Schlussfolgerungen können gemacht werden: Der trucks-Test erwies sich bei Untersuchungen zur Modellgeltung des dichotomen logistischen Modells von Rasch in seiner Gesamtheit als eindimensional. Lediglich Item 6 stellte hierbei eine Ausnahme dar; es ist nicht Rasch-homogen und daher aus der Gesamtskala auszuschließen. Weiterführende testtheoretische Analysen ergaben sehr gute Reliabilitätswerte und ein Vergleich mit herkömmlichen Wasserspiegelaufgaben zeigte einen hohen Zusammenhang im Sinne der konvergenten Validität auf.

Ebenso ergaben sich positive lineare Zusammenhänge zwischen M capacity, Feldabhängigkeit, sowie relevantem physikalischen Wissen und den Leistungen im trucks-Test. Insgesamt erwies sich jedoch Bildung als bester Prädiktor: ein hoher Bildungsgrad ging mit größerer M capacity, Feldunabhängigkeit, explizitem Wissen über zugrundeliegende physikalische Gesetzmäßigkeiten und in weiterer Folge mit besseren Ergebnissen im trucks-Test einher.

Die vielfach zitierten Geschlechtsunterschiede bei der Bearbeitung der Wasserspiegelaufgaben fanden sich auch in der vorliegenden Studie, ließen sich allerdings nicht auf Differenzen in der Feldabhängigkeit oder der M capacity zurückführen. Lediglich Unterschiede hinsichtlich des Wissensstandes über relevante

physikalische Prinzipien als Prädiktor für die Lösungsleistung konnten gefunden werden, wobei angenommen werden muss, dass weitere Faktoren hierfür verantwortlich sind.

Fraglich bleibt, inwiefern der trucks-Test als Screening-Verfahren in der neuropsychologischen Diagnostik für die Erfassung eines stabilen, dreidimensionalen Bezugssystems zum Lösen räumlicher Probleme und Aufgabenstellungen verwendet werden kann, oder ob er gar nur Gedächtnisinhalte bezüglich erworbenem physikalischem Wissen prüft.

Literaturverzeichnis

Amponsah, B., & Krekling, S. (1994). Directional bias in adults‘ performance on a multiple-choice water-level task. *Perceptual and Motor Skills, 79*, 899-903.

Amthauer, R. (1953). *Intelligenz-Struktur-Test (IST)*. Göttingen: Hogrefe.

Appl, W. (1999). *Computer in der neuropsychologischen Diagnostik am Beispiel der ersten Erprobung einer computerisierten neuropsychologischen Testbatterie*. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Wien: Universität Wien.

Aster, M., Neubauer, A., & Horn, R. (2006). *Wechsler Intelligenztest für Erwachsene (WIE)*. *Deutschsprachige Version*. Frankfurt: Harcourt Test Services.

Baldy, R., Devichi, C., & Chatillon, J.-F. (2004). Developmental effects in 2D versus 3D versions in vertikality and horizontality tasks. *Swiss Journal of Psychology, 63 (2)*, 75-83.

Barnes, J., Howard, R. J., & Senior, C. (2000). Cortical activity during rotational and linear transformations. *Neuropsychologia, 38*, 1148-1156.

Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. Auflage). Heidelberg: Springer.

Fischer, K. W. (1980). A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. *Psychological Review, 87*, 477-531.

Formann, A. K. (2003). Modeling data from water-level tasks: A test-theoretical analysis. *Perceptual and Motor Skills, 96*, 1153-1172.

Golbeck, S. L. (1999). Peer collaboration and children's representation of the horizontal surface of liquid. *Journal of Applied Developmental Psychology, 19 (4)*, 571-592.

Gur, R. (1996). *CNP Reference Guide*. Unpublished Manual.

Hammer, R. E., Hoffer, N., & King, W. L. (1995). Relationships among gender, cognitive style, academic major, and performance on the Piaget water-level task. *Perceptual and Motor Skills, 80*, 771-778.

Hartje, W., Ringelstein, E. B., Kistinger, B., Fabianek, D., & Willmes, K. (1994). Transcranial Doppler ultrasonic assessment of middle cerebral artery blood flow velocity changes during verbal and visuospatial cognitive tasks. *Neuropsychologia, 32*, 1443-1452.

Hergovich, A., & Hörndler, H. (1994). *Gestaltwahrnehmungstest*. Frankfurt: Swets Test Services.

Hergovich, A., & Kriechbaum, N. (1996). Feldabhängigkeit in Zusammenhang mit Intelligenz und Persönlichkeit. In H. Mandl (Hrsg.), *KONPro (Abstracts zum 40. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie.* München: Ludwig-Maximilian-Universität.

Hergovich, A. (1999). Vorstellung und Validierung des Gestaltwahrnehmungstests zur Messung der Feldabhängigkeit. *Diagnostica, 45 (1)*, 20-34.

Hintersteiner, R. (1999). *Zur Validität des Trucks-Tests*. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Wien: Universität Wien.

Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic.

Jäger, A. O., & Althoff, K. (1994). *Der WILDE-Intelligenztest (2. Auflage)*. Göttingen: Hogrefe.

Johnson, J., Im-Bolter, N., & Pascual-Leone, J. (2003). Development of mental attention in gifted and mainstream children: The role of mental capacity, inhibition, and speed of processing. *Child Development, 74 (6)*, 1594-1614.

Kalichman, S. C. (1988). Individual differences in water-level performance: A component skills analysis. *Developmental Review, 8*, 273-295.

Kemps, E., De Rammelaere, S., & Desmet, T. (2000). The development of working memory: Exploring the complementarity of two models. *Journal of Experimental Child Psychology, 77*, 89-109.

Kerkhoff, G. (2006). Störungen der visuellen Raumwahrnehmung und Raumkognition. In W. Hartje & K. Poeck (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie (6. Auflage)*. Stuttgart: Thieme.

Levine, M. E., & Stern, R. M. (2002). Spatial task performance, sex differences, and motion sickness susceptibility. *Perceptual and Motor Skills, 95*, 425-431.

Liben, L. S., & Golbeck, S. L. (1980). Sex differences in performance on Piagetian tasks: Differences in competence or performance? *Child Development, 51*, 594-597.

Liben, L. S., & Golbeck, S. L. (1984). Performance on Piagetian horizontality and verticality tasks: Sex-related differences in knowledge of relevant physical phenomena. *Developmental Psychology, 20 (4)*, 595-606.

Liben, L. S. (1991). Adults‘ performance on horizontality tasks: Conflicting frames of reference. *Developmental Psychology, 27*, 285-294.

Linn, M. C., & Petersen, A. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development, 56*, 1479-1498.

Lohaus, A., Kessler, T., Thomas, H., & Gediga, G. (1994). Individuelle Unterschiede bei räumlichen Fähigkeiten im Kindesalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 26*, 373-390.

Lohaus, A., Schumann-Hengsteler, R., & Kessler, T. (1999). *Räumliches Denken im Kindesalter*. Göttingen: Hogrefe.

Lohaus, A., Thomas, H., Kessler, T., & Gediga, G. (1996). Decomposing water-level responses: Field effects as separate influences. *Journal of Experimental Child Psychology, 63*, 79-102.

Mair, P., & Hatzinger, R. (2007). CML based estimation of extended Rasch models with the eRm package in R. *Psychology Science, 49*, 26-43.

Morra, S. (1994). Issues in working memory measurement: Testing for M capacity. *International Journal of Behavioral Development, 17*, 143-159.

Morra, S. (2008). A test of a neo-Piagetian model of the water-level task. *European Journal of Developmental Psychology, 5 (3)*, 369-400.

Neumann, D. L., Fitzgerald, Z. T., Furedy, J. J., & Boyle, G. J. (2007). Sexually dimorphic effects of acute nikotine administration on arousal and visual-spatial ability in non-smoking human volunteers. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior, 86*, 758-765.

Pascual-Leone, J., & Baillargeon, R. (1994). Developmental measurement of mental attention. *International Journal of Behavioral Development, 17*, 161-200.

Pascual-Leone, J., & Goodman, D. (1979). Intelligence and experience: A neo-Piagetian approach. *Instructional Science, 8*, 301-367.

Pascual-Leone, J., & Morra, S. (1991). Horizontality of water level: A neo-Piagetian developmental review. In H. W. Reese (Ed.), *Advances in child development and behavior* (Vol. 23, pp. 231-276). Orlando, FL: Academic Press.

Pascual-Leone, J. (1969). *Cognitive development and cognitive style: A general psychological integration*. Unpublished doctoral dissertation, Université de Genève.

Pascual-Leone, J. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica, 63*, 301-345.

Pascual-Leone, J. (1987). Organismic processes for neo-Piagetian theories: A dialectical causal account of cognitive development. *International Journal of Psychology, 22*, 531-570.

Pascual-Leone, J. (1989). An organismic process model of Witkin's field dependence – independence. In T. Globerson & T. Zelniker (Eds.), *Cognitive style and cognitive development* (pp. 36-70). Norwood, N.J.: Ablex.

Pascual-Leone, J. (2000). Is the French connection neo-Piagetian? Not early enough! *Child Development, 71 (4)*, 843-845.

Pascual-Leone, J. (2000b). Mental attention, consciousness, and the progressive emergence of wisdom. *Journal of Adult Development, 7 (4)*, 241-254.

Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The child's conception of space*. London: Routledge.

Piaget, J., & Inhelder, B. (1971). *Die Entwicklung des räumlichen Denkens beim Kinde*. Stuttgart: Klett-Cotta.

Pulos, S. (1997). Explicit knowledge of gravity and the water-level task. *Learning and Individual Differences, 9 (3)*, 233-247.

Quaiser-Pohl, C., Lehmann, W., & Eid, M. (2004). The relationship between spatial abilities and representations of large-scale space in children – a structural equation modeling analysis. *Personality and Individual Differences, 36*, 95-107.

Rasch, G. (1960). *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. Copenhagen: Danish Institute for Educational Research.

Robert, M., Pelletier, J., St-Onge, R., & Berthiaume, F. (1994). Women's deficiency in water-level representation: Present in visual conditions yet absent in haptic contexts. *Acta Psychologica, 87 (1)*, 19-32.

Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science, 171*, 701–703.

Siegler, R. S. (1998). *Children's Thinking (3rd Ed.)*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.

Signorella, M. L., & Jamison, W. (1978). Sex differences in the correlations among field dependence, spatial ability, sex role orientation, and performance on Piaget's water-level task. *Developmental Psychology, 14 (6)*, 689-690.

Steger-Wuchse, D. (1999). *Computerunterstützte neuropsychologische Testbatterie (CNP) von Gur & Gur – eine Adaption für den deutschen Sprachraum*. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Wien: Universität Wien.

Thier, P. (2006). Anatomie und Physiologie des parietalen Kortex. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (2. Aufl., pp. 160-177). Heidelberg: Springer.

Thomas, H., Lohaus, A., & Kessler, T. (1999). Stability and change in longitudinal water-level task performance. *Developmental Psychology, 35 (4)*, 1024-1037.

Tran, U. S., & Formann, A. K. (2008). Piaget's water-level tasks: Performance across the lifespan with emphasis on the elderly. *Personality and Individual Differences, 45*, 232-237.

Vandenberg, S. G., Kuse, A. R., & Vogler, G. P. (1985). Searching for correlates of spatial ability. *Perceptual and Motor Skills, 60*, 343–350.

Vasta, R., Belongia, Ch., & Ribble, Ch. (1994). Investigating the orientation effect on the water-level task: Who? When? And Why? *Developmental Psychology, 30 (6)*, 893-904.

Vasta, R., Rosenberg, D., Knott, J. A., & Gaze, C. E. (1997). Experience and the water-level task revisited: Does expertise exact a price? *Psychological Science, 8 (4)*, 336-339.

Wiedenbauer, G., & Jansen-Osmann, P. (2006). Räumlich-kognitive Fähigkeiten von Kindern mit Spina bifida. *Zeitschrift für Neuropsychologie, 17 (3)*, 149-154.

Willemsen, E., & Reynolds, B. (1973). Sex differences in adults‘ judgments of the horizontal. *Developmental Psychology, 8 (2)*, 309.

Winkelmann, W. (1975). *TEKO. Handanweisung für die Durchführung, Auswertung und Interpretation*. Braunschweig: Westermann.

Witkin, H. A. (1949). The nature and importance of individual differences in perception. *Journal of Personality, 18*, 145-170.

Witkin, H. A., Dyk, R. B., & Faterson, H. F. (1962). *Psychological differentiation*. New York: Wiley.

Witkin, H. A., Oltman, P. K., Raskin, E., & Karp, S. A. (1971). *A manual for the embedded figures test*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispielzeichnungen in der ersten Phase (nach Lohaus et al., 1999) 16

Abbildung 2: Beispielzeichnungen in der Phase IIA (nach Lohaus et al., 1999) 17

Abbildung 3: Beispielzeichnungen in der Phase IIB (nach Lohaus et al., 1999) 17

Abbildung 4: Beispielzeichnungen in der dritten Phase (nach Lohaus et al., 1999) 18

Abbildung 5: Schematische Darstellung der theory of constructive operators 20

Abbildung 6: Regelkonstitution und Feldeinflüsse bei Wasserspiegelaufgaben 26

Abbildung 7: Beispielitem für den trucks-Test 34

Abbildung 8: Performanz-Modell der Wasserspiegelaufgaben 37

Abbildung 9: Items der Wasserspiegelaufgaben 44

Abbildung 10: Stichprobenzusammensetzung 52

Abbildung 11: TRUCKS-Test: Rohwertverteilung 54

Abbildung 12: TRUCKS-Test: Mittelwerte Bildungsgrad * Geschlecht 56

Abbildung 13: Gestaltwahrnehmungstest Rohwertverteilung 61

Abbildung 14: Wissenstest: Rohwertverteilung 64

Abbildung 15: Mittelwerte im TRUCKS-Test in Abhängigkeit von der M capacity 68

Abbildung 16: Eigenwertdiagramm der Hauptkomponentenanalyse 75

Abbildung 17: IC-Kurven für die Items des TRUCKS-Tests 77

Abbildung 18: Graphischer Modelltest für den trucks-Test 79

Abbildung 19: Graphischer Modelltest für die Gesamtskala 80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Antwortkategorien des Wissenstests 47

Tabelle 2: Stichprobenzusammensetzung Alter * Geschlecht 50

Tabelle 3: Stichprobenzusammensetzung Bildungsgrad * Geschlecht 51

Tabelle 4: Deskriptivstatistik verwendeter Verfahren 53

Tabelle 5: TRUCKS-Test: Rohwertverteilung 53

Tabelle 6: Mittelwerte im trucks-Test für Pers. untersch. Bildungsgrades 55

Tabelle 7: Wasserspiegelaufgaben: Rohwertverteilung 57

Tabelle 8: Mittelwerte im WLT für Pers. untersch. Bildungsgrades 58

Tabelle 9: M CAPACITY: Rohwertverteilung 59

Tabelle 10: Mittelwerte in der M capacity für Pers. untersch. Bildungsgrades 60

Tabelle 11: Mittelwerte im GWT für Pers. untersch. Bildungsgrades 62

Tabelle 12: Wissenstest: Rohwertverteilung 63

Tabelle 13: Altersunterschiede Wissenstest 64

Tabelle 14: 4-Felder-Tafel TRUCKS - WLT 66

Tabelle 15: Mittelwerte im TRUCKS-Test/WLT in Abhängigkeit von der M capacity 68

Tabelle 16: Mittelwerte im TRUCKS-Test und verbalisiertes Lösungsprinzip 69

Tabelle 17: 4-Felder-Tafel TRUCKS-Test und Wissenstest 69

Tabelle 18: Antworten im Wissenstest bei untersch. M capacity 70

Tabelle 19: Leistungen im TRUCKS-Test in Abhängigkeit von WISSEN und M CAPACITY ... 71

Tabelle 20: Korrelationsmatrix Gestaltwahrnehmungstest und TRUCKS/WLT 71

Tabelle 21: Einfluss der M CAPACITY auf Gestaltwahrnehmung und TRUCKS-Test 72

TABELLE 22: SCHWIERIGKEITSINDIZES UND TRENNSCHÄRFEKOEFFIZIENTEN 74

TABELLE 23: FAKTORLADUNGEN UND KOMMUNALITÄTEN 75

TABELLE 24: LEICHTIGKEITS- UND PERSONENPARAMETER 76

TABELLE 25: MODELLTESTS FÜR VIER KRITERIEN 77

TABELLE 26: Z-STATISTIKEN UND SIGNIFIKANZEN 78

Anhang

A | Fragebogen zur Erfassung der soziodemographischen Daten 107

B | Kurzanleitung zur Emulation des trucks-Tests 109

C | Sensitivitäts- und Spezifitätsberechnungen zur Dichotomisierung des Rohscores im trucks-Test / den Wasserspiegelaufgaben 111

D | Inter-Item-Korrelationsmatrix des trucks-Tests 115

E | Ergebnistabelle der Faktorenanalyse 115

Abstracts (deutsch/englisch) 117

Validierung des trucks-Tests im Rahmen eines Neo-Piaget'schen Modells der Water-Level Tasks
Diplomarbeit
Florian Weixlbraun

Probanden-Nr.: Nr.

Datum: Datum

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!
Bitte füllen Sie nachstehende Felder aus!

Alle Daten dienen rein wissenschaftlichen Erkenntnissen und werden vollständig anonym behandelt.

1. Um eine Zuordnung der einzelnen Testwerte zu ermöglichen und gleichzeitig Anonymität wahren zu können, geben Sie bitte einen persönlichen Code in der folgenden Form ein:

Anfangsbuchstabe Vorname der Mutter – sowie des Vaters – Eigenes Geburtsdatum im Format MM - JJ

♀	♂	MM	JJ

2. Geschlecht:

- O Weiblich
- O Männlich

3. Bitte geben Sie ihr Alter an:

4. Höchste abgeschlossene Ausbildung:

- O Pflichtschulabschluss
- O Lehre / Fachschule
- O Berufsbildende mittlere Schule (mit/ohne Diplomabschluss)
- O Matura / Kolleg (AHS und BHS)
- O Universitätsabschluss, Fachhochschule, Akademien

5. Händigkeit:

- O rechtshändig
- O linkshändig

Vom Testleiter auszufüllen:

6. Reihenfolge der Testvorgabe. Beginn mit:

- O trucks-Test (Kopf)
- O Water-Level Tasks (Zahl)

7. Wissenstest. Kodierung:

- O Gravity
- O Horizontal
- O Imagery
- O Tilt
- O Other physics

8. Zahlennachsprechen:

Vorwärts	1 – O O	2 – O O	3 – O O	4 – O O	5 – O O	6 – O O	7 – O O	8 – O O
Rückwärts	1 – O O	2 – O O	3 – O O	4 – O O	5 – O O	6 – O O	7 – O O	

9. Rohwerte der Testverfahren:

Trucks-Test: Gestaltwahrnehmungstest: Water-Level Tasks:

B | Kurzanleitung zur Emulation des trucks-Tests auf einem PC

Für die Emulation wird das Programm »SheepShaver« verwendet, welches unter dieser Adresse zu beziehen ist:

http://gwenole.beauchesne.info/en/projects/sheepshaver

Es handelt sich dabei um eine Open-Source PowerPC MacOS Runtime-Environment, welches ein PowerPC-System auf einem beliebigen anderen Betriebssystem emuliert. Zusätzlich zum Programm benötigt man außerdem eine Kopie von MacOS (Version 7.5.2 bis 9.0.4) sowie ein PowerMacintosh ROM-Image. Letzteres stellt dabei die „Hardware“ des Systems dar. Nach Initialisierung des Programms und Erstellung von Festplatten und Speicherbänken wird das Betriebssystem über eine MacOS-CD installiert.

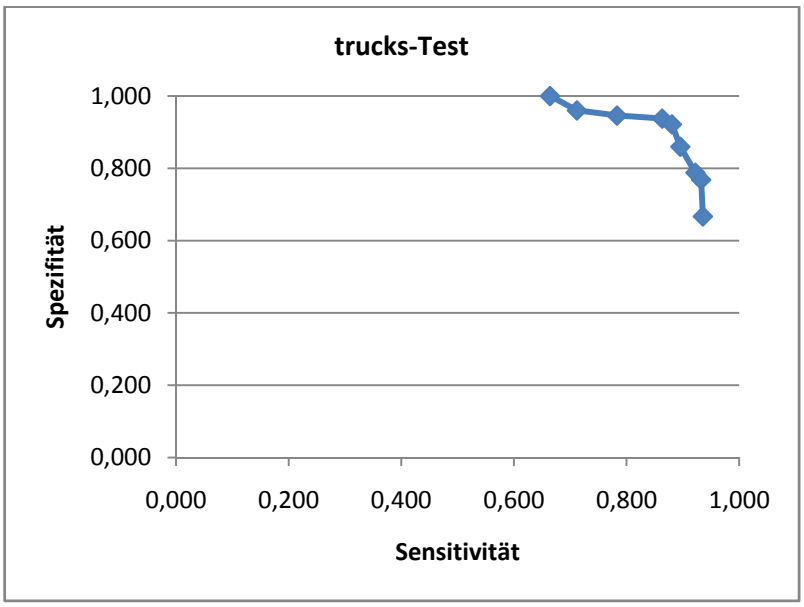
Anschließend müssen nur noch das Programm B/X PowerLaboratory sowie die Programmdateien des trucks-Tests oder eines anderen Verfahrens der CNP auf die virtuelle Festplatte kopiert werden. Da eine Direktübertragung aufgrund des unterschiedlichen Dateisystems nicht möglich ist, werden die betreffenden Dateien mit dem Programm »StuffIt« zunächst binär kodiert und gepackt, beliebig übertragen (bspw. via USB-Stick) und abschließend wieder extrahiert.

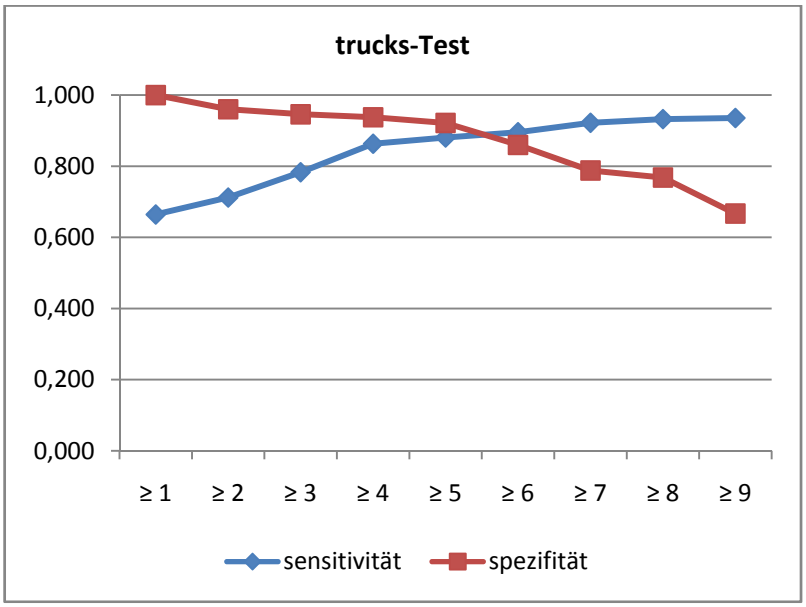
C | Sensitivitäts- und Spezifitätsberechnungen zur Dichotomisierung des Rohscores im trucks-Test / den Wasserspiegelaufgaben

Es wurden Kreuztabellen aus den Leistungen in beiden Verfahren und der Verbalisierung des Lösungsprinzips (richtige Kategorien: „Gravity“ und „Horizontal“) erstellt und als Grundlage für die Klassifikation verwendet. Anschließend wurde jene Dichotomisierung gewählt, welche die bestmögliche Zuordnung im Sinne hoher Sensitivität und Spezifität ermöglichte.

TRUCKS-TEST

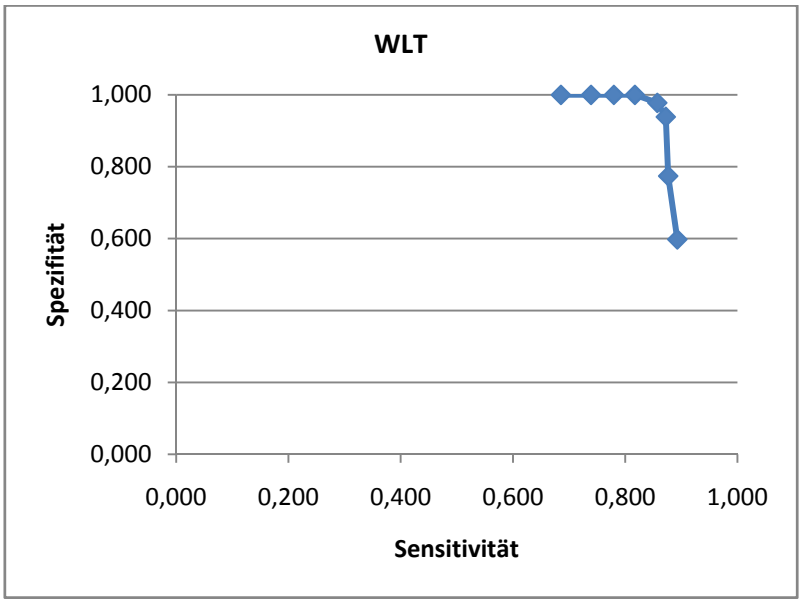
	Sensitivität	Spezifität	Σ
≥ 1	0,664	1,000	1,664
≥ 2	0,712	0,960	1,672
≥ 3	0,783	0,946	1,729
≥ 4	0,863	0,938	1,801
≥ 5	0,880	0,922	1,802
≥ 6	0,895	0,860	1,755
≥ 7	0,922	0,788	1,710
≥ 8	0,932	0,768	1,701
≥ 9	0,935	0,667	1,602

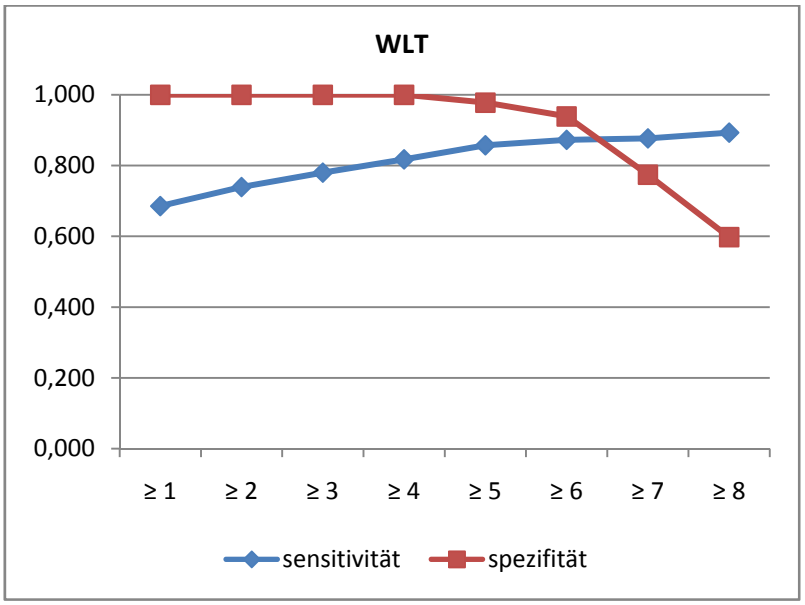




WLT

	Sensitivität	Spezifität	Σ
≥ 1	0,685	1,000	1,685
≥ 2	0,739	1,000	1,739
≥ 3	0,780	1,000	1,780
≥ 4	0,817	1,000	1,817
≥ 5	0,857	0,978	1,835
≥ 6	0,872	0,939	1,811
≥ 7	0,877	0,774	1,651
≥ 8	0,893	0,598	1,491


WLT
1,000
0,800
0,600
0,400
0,200
0,000
Spezifität
0,000
0,200
0,400
0,600
0,800
1,000
Sensitivität


WLT
1,000
0,800
0,600
0,400
0,200
0,000
≥ 1
≥ 2
≥ 3
≥ 4
≥ 5
≥ 6
≥ 7
≥ 8
sensitivität
spezifität

D | Inter-Item-Korrelationsmatrix des trucks-Tests

	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9
Item 1	-	.74	.64	.73	.65	.47	.76	.65	.73
Item 2		-	.61	.64	.64	.40	.76	.61	.66
Item 3			-	.65	.53	.52	.57	.69	.58
Item 4				-	.56	.50	.62	.62	.64
Item 5					-	.39	.69	.57	.69
Item 6						-	.42	.42	.48
Item 7							-	.69	.83
Item 8								-	.66
Item 9									-

E | Ergebnistabelle der Hauptkomponentenanalyse

	Anfängliche Eigenwerte		
Komponente	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	5.93	65.93	65.93
2	.77	8.58	74.51
3	.54	5.96	80.47
4	.43	4.76	85.23
5	.37	4.11	89.34
6	.34	3.78	93.12
7	.26	2.88	96.00
8	.22	2.46	98.45
9	.14	1.55	100.00

Abstract

Der trucks-Test aus der Computerisierten Neuropsychologischen Testbatterie (CNP) von Gur (1996) stellt ein alternatives Verfahren zur Erfassung des Verständnisses für das Prinzip der Horizontalität bzw. Vertikalität gemäß Piaget‘s Wasserspiegelaufgaben dar. Mit dem Ziel, einen Beitrag zu seiner Validierung zu leisten, wurde in Anlehnung an Pascual-Leone und Morra (1991) in der vorliegenden Studie ein Neo-Piaget’sches Modell der Wasserspiegelaufgaben spezifiziert, das neben dem Vergleich mit herkömmlichen Papier-Bleistift Verfahren auch die Variablen „relevantes physikalisches Wissen“, „Feldabhängigkeit“ und „M capacity“ beinhaltet. Letzteres ist ein in der „theory of constructive operators“ (Pascual-Leone, 1969, 1970) definiertes Aufmerksamkeitskapazitätskonstrukt. Die Überprüfung des Modells erfolgte an einer Stichprobe von N = 143 Erwachsenen im Alter von 18 bis 50 Jahren. Die resultierenden Ergebnisse sprechen für eine gute testtheoretische Fundierung des trucks-Tests; er kann unter Ausschluss von Item 6 als alternatives Verfahren zu herkömmlichen Wasserspiegelaufgaben angesehen werden. Außerdem zeigen sich positive lineare Zusammenhänge zwischen allen im Modell spezifizierten Variablen, jedoch auch eine hohe Bildungs- und Geschlechtssensibilität. Insgesamt erwies sich der Bildungsgrad als bester Prädiktor für die Leistung in allen Verfahren. Diesbezügliche Implikationen auf das zu erfassende Konstrukt des trucks-Tests und der Wasserspiegelaufgaben werden diskutiert.

Abstract

The trucks test is part of the Computerized Neurobehavioral Probes (CNP; Gur, 1996) and serves as a measure of the recognition of the invariance of horizontality and verticality in the tradition of Piaget's water-level tasks. In the present study, a neo-Piagetian model of the water-level tasks (Pascual-Leone & Morra, 1991) was used to validate the trucks test. According to this model the performance in the water-level tasks depends on relevant physical knowledge, field dependency and M capacity. The latter construct originates from the theory of constructive operators (Pascual-Leone, 1969, 1970) and describes the capacity of attentional resources. Predictions derived from the theoretical model were tested with a sample of N = 143 adult participants aged 18 to 50 years. Performance in the trucks test was also compared to the performance in a conventional paper-pencil form of Piaget's water-level tasks. Test-theoretical analyses revealed high reliability coefficients for the trucks test. Moreover, excluding one of the original tasks (item 6), the Rasch model fit the data reasonably well. Overall, the results suggest that the trucks test is an appropriate alternative to conventional paper-pencil forms of Piaget's water-level tasks. Furthermore, lending support to the neo-Piagetian model, performance was found to be correlated with all specified variables, as well as with sex and education. Education turned out to be the best predictor for the performance in both the trucks test and the conventional water-level tasks. The implications of this finding on the measurement of the recognition of the invariance of horizontality and verticality are discussed.

Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name:	Florian Weixlbraun
Geburtsdaten:	06. April 1984, Wien
Adresse:	Scheffelstraße 11/3/24, 1210 Wien
Telefonnummer:	0664 / 48-40-863
E-Mail:	florian.weixlbraun@aon.at
Staatsbürgerschaft:	Österreich

Schulbildung

09/1990 – 07/1994	Volksschule Klenaugasse 5, 1220 Wien
09/1994 – 06/2002	Bundesrealgymnasium XXI „Bertha von Suttner“, Donauinselplatz 1, 1210 Wien
06/2002	Abschluss Matura mit Schwerpunkt Psychologie und ausgezeichnetem Erfolg

Präsenzdienst

10/2002 – 09/2003	Zivildienst bei der „Plattform Sicherer Schulweg“ der Stadt Wien; stationiert im Bezirkspolizeikommissariat Floridsdorf, zuständig u.a. für Schulwegsicherung und Verkehrserziehung
07/2003 – 08/2003	Freiwillige Mitarbeit im Verkehrskindergarten Nord, Wien Floridsdorf, Zuständigkeit: Betreuung der Kleinkinder und Vermittlung von Regeln und Vorschriften sowie der Sicherheit im Straßenverkehr

Studium

10/2003 –	Beginn des Studium der Psychologie an der Fakultät für Psychologie der Universität Wien
06/2005	Abschluss des ersten Studienabschnittes mit ausgezeichnetem Erfolg
07/2006 – 09/2006	Psychologisches Praktikum im Neuropsychologischen Labor des Neurologischen Zentrums „Rothschildstiftung – Maria Theresien-Schlössel“ des SMZ Baumgartner Höhe – Otto Wagner Spital mit Pflegezentrum
2007 - 2008	Mitarbeit bei Kongressen als Techniker und Saalbetreuer
2008	Diplomarbeit

Wien, 09. Dez. 2008 Florian Weixlbraun