



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

„Räumliches Vorstellungsvermögen bei
SporttaucherInnen“

Verfasserin

Michaela Jedinger

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 298

Studienrichtung lt. Studienblatt: Psychologie

Betreuer: Ao. Univ.-Prof. Dr. Georg Gittler

Inhaltsverzeichnis

1	Abstract.....	3
2	Einleitung.....	5
Teil 1: Theoretischer Hintergrund		7
3	Raumwahrnehmung und Raumvorstellung.....	8
3.1	Begriffsklärung.....	8
3.1.1	Raumwahrnehmung.....	9
3.1.2	Raumvorstellung.....	10
3.1.3	Zusammenfassung	14
3.2	Exkurs: Abgrenzung zur Fähigkeitsdimension Reasoning.....	17
3.3	Der dreidimensionale Raum, sensorische Informationen und kognitive Prozesse....	18
3.4	Trainingseffekte auf die Raumvorstellung	24
3.5	Geschlechtsunterschiede und Raumvorstellung	27
4	Sporttauchen	29
4.1	Begriffsklärung.....	29
4.2	Psychophysiologische Aspekte des Sporttauchens.....	32
4.3	Sporttauchen und der dreidimensionale Raum.....	38
4.4	Sporttauchen und Persönlichkeit	45
5	Forschungsfragen.....	47
Teil 2: Empirischer Teil.....		52
6	Methoden	53
6.1	Das Untersuchungsdesign.....	53
6.2	Die Stichprobe	54
6.3	Das Untersuchungsmaterial.....	57
6.3.1	Der Endlosschleifentest (EST)	57
6.3.1.1	Exkurs: Entwicklung des EST	59

6.3.2	Freiburger Persönlichkeitsinventar – revidierte Fassung (FPI-R)	61
6.3.3	Zusatzfragen	63
6.4	Durchführung der Untersuchung	65
6.4.1	Auswahl der ProbandInnen	65
6.4.2	Testsituation.....	66
6.4.3	Testvorgabe	66
7	Statistische Analyse.....	68
7.1	Deskriptive Analyse des erhobenen Datensatzes	69
7.1.1	Festlegung der Stichprobengröße	69
7.1.2	Matched Samples.....	71
7.1.3	Variablen des Zusatzfragebogens.....	74
7.1.4	Grundlegende Überprüfung der Daten des EST.....	75
7.2	Auswertung der Forschungsfragen.....	80
7.2.1	Räumliche Fähigkeiten im Vergleich	80
7.2.2	Persönlichkeiten im Vergleich.....	103
8	Diskussion der Ergebnisse.....	110
9	Zusammenfassung.....	119
	Literaturverzeichnis.....	121
	Abbildungsverzeichnis	129
	Tabellenverzeichnis.....	130
	Abkürzungsverzeichnis.....	132
Teil 3:	Anhang	134
A.	Itempool	135
	Curriculum vitae.....	136

1 Abstract

Die räumlichen Fähigkeiten stellen in der Psychologie ein wichtiges Forschungsfeld dar, auf dem seit vielen Jahren geforscht wird. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zu dieser Forschung leisten, indem sie sich mit der veränderten Raumwahrnehmung unter Wasser und deren Auswirkung auf die Raumvorstellung befasst.

Die Hauptforschungsfrage dieser Arbeit beschäftigt sich damit, ob es einen Unterschied zwischen professionellen *TaucherInnen* und *Nicht-TaucherInnen* in der Raumvorstellungsleistung gibt. Die zu Grunde gelegte Theorie ist, dass die Sinnessysteme in großem Ausmaß während des Tauchens beeinflusst werden. Die größte Beeinflussung erfährt das Vestibularorgan, welches für das Empfinden der Schwerkraft, die Wahrnehmung der Körperstellung und das Gleichgewichtsgefühl maßgeblich verantwortlich ist. Es ist deshalb zu klären, ob diese physischen Beeinflussungen einen messbaren Unterschied in der Raumvorstellungsleistung bewirken. Dies soll mit Hilfe einer quasiexperimentellen Untersuchung geklärt werden.

Mittels *Endlosschleifentest* (EST) und *Freiburger Persönlichkeitsinventar - revidierte Fassung* (FPI-R) werden Daten von 66 TeilnehmerInnen erhoben und die Unterschiede beider Gruppen untersucht. Zusätzlich werden Geschlechtsunterschiede und intraindividuelle Gruppenunterschiede in Bezug auf die Raumvorstellungsleistung der TaucherInnen untersucht. Außerdem interessiert die Frage nach möglichen Unterschieden zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen in verschiedenen Persönlichkeitsbereichen.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass ein signifikanter Unterschied in der Raumvorstellungsleistung zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden kann. Ein Unterschied zwischen Männern und Frauen in Bezug auf die Raumvorstellung kann ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Die Auswertung der Daten des FPI-R führt ebenso zu keinen eindeutigen Unterschieden bezogen auf die Persönlichkeit der ProbandInnen.

Obwohl ein genereller Unterschied zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen im Bereich der Raumvorstellung nicht bestätigt werden kann, liefert die statistische Auswertung genügend Hinweise dafür, dass das Tauchen Einflüsse auf die Raumvorstellung hat. Weitere Untersuchungen, z.B. mit einem anderen Versuchsdesign, sind nötig, um die Zusammenhänge zwischen Tauchen, Raumvorstellung und Persönlichkeit eindeutig zu klären.

Spatial perception and abilities have long been an important part of psychological research. This thesis explores another aspect of this research: spatial perception under water and the effects upon spatial abilities due to the elevated pressure and increased density of the surrounding medium.

This thesis seeks to discover, whether a difference exists in spatial abilities between divers and non-divers. The theory behind this is that sensorial perception is very much influenced while diving. The greatest effect occurs in the Vestibular system, which is responsible for the perception of gravitation, body position and balance. What needs to be clarified is if these physical influences cause a significant difference in spatial abilities. This question shall be answered with a Quasi-Experimental Design.

A sample of 66 people was tested with the Endlosschleifentest (EST) - a test designed to analyse the ability of mental rotation - and the Freiburger Persönlichkeitsinventar - revidierte Fassung (FPI-R) - a questionnaire used to analyse different aspects of personality. The statistical analysis compares divers and non-divers, as well as men and women and intra-group differences for divers. An additional part of this research looked into personality differences for divers and non-divers.

The results of this study show, that no significant difference can be proven between divers and non-divers in their respective spatial abilities. Furthermore, the study found that no significant difference could be found between male and female participants. Analysing the data of the FPI-R didn't reveal any distinct differences in personality between divers and non-divers.

Even though a general difference between divers and non-divers could not be shown for spatial abilities, evidence suggests that the effects of diving does influence certain spatial abilities. Further studies are required in this area with different design criteria, in order to clarify the correlations of the effects of diving, spatial abilities and personality.

2 Einleitung

Was weiß ein Fisch von dem Wasser, in dem er sein ganzes Leben lang schwimmt?
Albert Einstein

In vielen Bereichen des beruflichen sowie privaten Alltags nutzen die Menschen ihre räumlichen Fähigkeiten, um sich zu orientieren, zielgerichtet zu bewegen, Größenverhältnisse zu erfassen und Vieles mehr. Beispielsweise erfordern viele Ballsportarten sowie einige Computerspiele die Fähigkeit Gegenstände mental zu rotieren (Gerrig & Zimbardo, 2008; De Lisi & Cammarano, 1996; Janzen & Hawlik, 2005; Pietsch & Jansen, 2012; Quaiser-Pohl, Geiser & Lehmann, 2006).

Unbestritten ist die Raumwahrnehmung grundlegend, um sich gefahrlos fortzubewegen und ein Ziel zu erreichen. Eine mentale Repräsentation der Umgebung ist dafür ebenso wesentlich wie notwendig. Außerdem spielt die Erfahrung eine wichtige Rolle für das Wiederfinden bekannter, aber auch für das Suchen neuer Wege. Um in neuen Umgebungen die Orientierung nicht zu verlieren, muss die Konzentration aktiv auf den umgebenden Raum gerichtet werden. Neue Orientierungspunkte müssen gefunden, Rauminhalte erfasst und verarbeitet werden (Anderson, 2001; Janzen & Hawlik, 2005; May, 2006).

Die Frage stellt sich, was geschieht, wenn die Umgebung nicht nur unbekannt, sondern die eigene Position dazu auch völlig neuartig ist? Wenn wir uns nicht nur im Raum bewegen, sondern auch unsere eigene Raumlage in beliebiger Gradzahl verändern können - in jegliche Richtung. Denn genau dies ist beim Gerätetauchen möglich.

Es gibt eine Vielfalt an wissenschaftlichen Disziplinen, die sich mit den Bedingungen unter der Wasseroberfläche und deren Auswirkung auf den Menschen beschäftigen. Zum Beispiel Teilbereiche der Medizin, die sich mit Über- oder Unterdruckkrankheiten befassen, oder auch die Physik, die durch ihre Gasgesetze und Druckuntersuchungen viele wichtige Beiträge zu einem risikoärmeren Tauchen geleistet hat und noch immer leistet (Edge, 2008; Ehm, Hahn, Hoffmann & Wenzel, 2007).

Untersuchungen zum Thema Tauchen bilden deshalb ein interdisziplinäres Forschungsfeld, zu dem auch die Psychologie einen wichtigen Teil beiträgt. Sowohl in der Ausbildung als auch in der Forschung wurde und wird den psychologischen Aspekten immer mehr Aufmerksamkeit entgegengebracht. So wurde zum Beispiel an der Fachhochschule Heidelberg das Projekt

Tauchen statt Raufen ins Leben gerufen, welches Tauchen als eine mögliche erlebnispädagogische Therapie beschreibt (Albert & Helmchen, 2006).

In einigen Ausbildungsbüchern werden psychologische Modelle und Theorien zumindest in Grundzügen unterrichtet. Als Beispiel sei hier das Werk *Gruppenführung* von Bredebusch (2004) erwähnt, indem das Kommunikationsmodell von Schulz von Thun über die vier Seiten einer Botschaft beschrieben wird (S. 26-28). Eine große Anzahl weiterer, wenn auch teils populärwissenschaftlicher Werke, wie zum Beispiel *Tauchen ohne Angst* von Rahimi (2001), setzen ein klares Zeichen für den größer werdenden Stellenwert der Psychologie im Tauchsport.

Forschungen, die das Thema Tauchen betreffen sind jedoch erst durch den technischen Fortschritt der letzten Jahrzehnte möglich geworden und deshalb in vielen Bereichen oft nur vereinzelt zu finden. Ein wenig erforschter Bereich umfasst die räumlichen Fähigkeiten unter Wasser. Trotz jahrelanger Forschung ist das Konstrukt Raumvorstellung bis heute weder unter terrestrischen noch unter marinen Verhältnissen erschöpfend erforscht. Es gibt allerdings zahlreiche Untersuchungen und Theorien sowie einen gewissen wissenschaftlichen Konsens darüber, was unter Raumvorstellung zu verstehen ist.

Die persönlichen Erfahrungen der Autorin im Sporttauchen - die Arbeit als *Tauchguide* und später als Tauchlehrerin - führte zu dem Empfinden, die Umgebung an Land und unter Wasser aktiver wahrzunehmen, wodurch der subjektive Eindruck entstand, die eigenen räumlichen Fähigkeiten hätten sich verbessert (z.B. bessere Navigation in unbekannten Gewässern).

Die grundlegende Frage der vorliegenden Arbeit ist daher, ob gewisse Beeinflussungen, denen unser Organismus während des Tauchens ausgesetzt ist, unsere Raumvorstellung außerhalb des Wassers in irgendeiner Art und Weise verändern.

Das (bewusste) Aktivieren verschiedener Teilbereiche der Raumvorstellung, nämlich jener Fähigkeiten und Fertigkeiten die notwendig sind, um sich im dreidimensionalen Raum zu orientieren, erzielt möglicherweise einen gewissen Lerneffekt, ähnlich den positiven Effekten von Sport (z.B. Wrestling) oder Musik auf die Leistungen im Mental Rotation Test (MRT) (z.B. Moreau, Clerc, Mansy-Dannay & Guerrien, 2012; Pietsch & Jansen, 2012).

Deshalb soll in der vorliegenden Arbeit ein Vergleich zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen versucht werden, der sowohl die Raumvorstellungsleistungen als auch die Persönlichkeit der ProbandInnen näher beleuchtet.

Teil 1:

Theoretischer

Hintergrund

3 Raumwahrnehmung und Raumvorstellung

Unser Wissen ist eine Insel im Meer des Unbekannten. Besitzer kleiner Inseln neigen zu der Meinung, hinter dem bisschen Strand könne doch nicht viel Meer sein...

Peter Hohl

3.1 Begriffsklärung

In einer intensiven und mehrere Jahrzehnte andauernden Forschungstradition (siehe z.B. McGee, 1979) wurden bis heute keine einheitlichen, präzisen und vollständigen Begriffsdefinitionen der Bereiche Raumwahrnehmung und Raumvorstellung hervorgebracht. Vielmehr sorgt eine große Anzahl an verschiedenen Bezeichnungen sowohl im Englischen (z.B. space, spatial abilities, space perception, visual perception, spatial vision, mental rotation, spatial visualization,...) als auch im Deutschen (z.B. Raum-Lage-Orientierung, Raumvorstellung, räumliches Vorstellungsvermögen, räumliches Sehen, visuelle Wahrnehmung, Raumwahrnehmung,...) für fehlende Klarheit in diesem Bereich der kognitiven Fähigkeiten.

Eine einleitende Annäherung an die Unterschiede der beiden Begriffe Raumwahrnehmung und Raumvorstellung erfolgt anhand des Werks *Dorsch Psychologisches Wörterbuch* (Häcker & Stapf, 2009).

Darin findet sich für den Begriff der Raumwahrnehmung ein Verweis zu *räumliches Sehen*, welches wie folgt definiert wird:

„[engl. *space perception*], dreidimensionale visuelle Wahrnehmung (der engl. Begriff *spatial vision* hat eine andere Bedeutung). [...]“ (S. 831).

Räumliches Vorstellen hingegen wird beschrieben als

„eine zwar deskriptiv gut abgrenzbare Fähigkeit, bei deren Erfassung auch praktische Intelligenz, Handgeschick, technisches Verständnis u. a. hineinspielen. Diese Fähigkeit ist für viele Berufsarbeiten als wichtig erkannt. [...]“ (S. 832).

Diese erste Abgrenzung verdeutlicht, dass beide Begriffe separierbare, aber nicht unabhängige (wie auch im Folgenden gezeigt werden wird) Bereiche der räumlichen Fähigkeiten darstellen.

3.1.1 Raumwahrnehmung

Die Definition nach Häcker und Stapf wird dem Konstrukt der Raumwahrnehmung nur unzureichend gerecht, da dieses nicht nur auf räumliches Sehen beschränkt ist. Die Wahrnehmung des dreidimensionalen, uns umgebenden Raumes erfolgt vielmehr durch die Verwendung verschiedener Sinnessysteme. Deshalb wird auf die ausführlichere Definition von May (2006) verwiesen, der Folgendes zum Thema Raumwahrnehmung schreibt:

Raumwahrnehmung bezeichnet die Fähigkeit von Lebewesen, die dreidimensionale Anordnung von Gegenständen und Strukturen der räumlichen Umwelt mit Hilfe von einem oder mehreren Sinnessystemen zu erfassen. Untersuchungen zur Raumwahrnehmung sind bedeutsam, weil eine intakte und stabile Raumwahrnehmung eine zentrale Voraussetzung für effizientes Handeln und Orientieren im Raum sowie für weitere kognitive Leistungen (z.B. Gedächtnis, Bewusstsein) ist. (S. 173)

Weiters beschreibt May (2006) sieben Systeme, die für die Raumwahrnehmung von großer Bedeutung sind:

- Visuelles System
- Auditives System
- Olfaktorisches System
- Taktils System
- Vestibuläres System
- Kinästhetisches System
- Motorisches System

All diese Systeme und die aus ihnen resultierenden Informationen dienen dem Menschen dazu, sich in seiner Umgebung orientieren zu können. Das heißt jedoch nicht nur die Umgebung wahrzunehmen, sondern auch die eigene Position (die durch Bewegung ständigen Veränderungen ausgesetzt ist) in Relation zur Umgebung wahrzunehmen. (May, 2006, S. 173).

Einen weiteren Aspekt von Raumwahrnehmung berichtet Sedgwick (2001). Er beschreibt, dass Individuen nicht nur Informationen über die Objekte per se wahrnehmen, sondern auch über deren Angebotscharakter. Dies bedeutet, dass die Wahrnehmung nicht unabhängig von der

Aktivität des wahrnehmenden Individuums ist. Am Beispiel eines Steines beschreibt Sedgwick, dass nicht nur die Größe des Steines wahrgenommen wird, sondern auch weitere Informationen wie zum Beispiel: „Auf diesem Stein kann ich sitzen.“ Oder „Über diesen Stein kann ich springen“.

Aufgrund der Ausführungen von May (wonach die Raumwahrnehmung eine Voraussetzung für Orientierung und weitere kognitive Leistungen ist) und Sedgwick (wonach Raumwahrnehmung abhängig vom eigenen Verhalten ist) liegt der Schluss nahe, dass die Raumwahrnehmung der Raumvorstellung vorausgeht. Durch die Wahrnehmung verschiedenster Umgebungen kann eine Vorstellung über den dreidimensionalen Raum per se erzeugt und Informationen über den Angebotscharakter unterschiedlicher Objekte gesammelt werden.

Die so über die Zeit gesammelten Informationen dienen der Orientierung und anderen kognitiven Fähigkeiten, sowie der Raumvorstellung und damit in weiterer Folge auch dem Lösen von Raumvorstellungsaufgaben.

3.1.2 Raumvorstellung

Die Aussage, dass etwas das der Raumvorstellung dient, in weiterer Folge auch dem Lösen von Raumvorstellungsaufgaben dient, bezieht sich auf die Definition von Boring (1923), wonach Intelligenz ist, was ein Intelligenztest misst. Demnach gäbe es genauso viele Intelligenzen, wie zu ihrer Messung vorhandene Tests existieren und Raumvorstellung wäre (bei Ausreizung der Definition) das, was ein Raumvorstellungstest misst.

Bei dieser Definition bleibt die Frage offen, welche Verfahren zu den Raumvorstellungstests gezählt werden. Reicht es ein Messverfahren als Raumvorstellungstest zu betiteln, um wirklich auch Raumvorstellung zu messen? Es wird weder über die Raumvorstellung per se eine Aussage getroffen noch über die Grundvoraussetzungen, die ein Test zur Messung der Raumvorstellung erfüllen muss (Testgüte).

Eine Vielzahl an Argumenten kann daher der Definition von Boring (obwohl sie in manchen Fällen durchaus zutrifft) entgegen gehalten werden. Zum Beispiel schreiben Putz-Osterloh & Lüer im Jahre 1979, dass es „[...] keineswegs selbstverständlich [ist], daß Pbn [ProbandInnen] beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben aus gebräuchlichen Intelligenztests auch mit räumlichen Vorstellungen arbeiten.“ (S. 139).

Eine bessere Definition von Raumvorstellung liefert das berühmte faktorenanalytische Modell zur Intelligenz von Thurstone, das die Raumvorstellung als einen der sieben *Primärfaktoren* der Intelligenz (*primary mental abilities*) beschreibt. Thurstone postuliert diese Primärfaktoren allerdings nicht als unabhängig voneinander (Thurstone & Thurstone, 1941, zitiert nach Amelang, Bartussek, Stemmler & Hagemann, 2006). Für den Primärfaktor *Space* liefert das Modell folgende, umfassende Definition: „Bewältigung von Aufgaben, die räumliches Vorstellen und Orientieren sowie das Erkennen von Objekten unter anderem Bezugswinkel erfordern (der Faktor untergliedert sich entsprechend dieser Beschreibung häufig in zwei oder drei speziellere s-Faktoren). [...]“ (Thurstone & Thurstone, 1941, zitiert nach Amelang et al., 2006, S. 181).

Thurstone teilt diesen Primärfaktor 1950 in drei Subfaktoren, die er als

Spatial relations

Visualization

Spatial orientation

bezeichnet (McGee, 1979). Ob jedoch eine derartige Unterteilung der Raumvorstellung vorgenommen werden kann und wenn ja, in wie viele Subfaktoren, wurde und wird in der Geschichte der Raumvorstellungsforschung viel diskutiert (vgl.: McGee, 1979).

Es gibt heute allerdings innerhalb der faktorenanalytisch-orientierten Forschungsgemeinde einen wissenschaftlichen Konsens darüber, dass die Raumvorstellung in Subfaktoren unterteilbar ist - in wie viele Subfaktoren ist jedoch noch ungeklärt. Meist werden zwei oder drei Subfaktoren beschrieben.

Lohman und Kyllonen unterstützen in ihrem Übersichtsartikel aus dem Jahr 1983 Thurstones Annahme über die Existenz von drei Subfaktoren, die bei einer Reanalyse (Lohman, 1979, zitiert nach Lohman & Kyllonen, 1983) bestätigt werden konnten. Sie beschreiben die einzelnen Subfaktoren, denen gemeinsam ist, dass sie mentale Transformationen in irgendeiner Weise erfordern, folgendermaßen (Lohman & Kyllonen, 1983, S. 111):

- *Spatial Relations (räumliche Relationen)*

Der kognitive Prozess der mentalen Rotation ist das gemeinsame Element all jener Verfahren, die diesen Subfaktor erfassen. Es wird jedoch (wahrscheinlich) nicht die Geschwindigkeit der mentalen Rotation gemessen, sondern die Fähigkeit derartige Problemstellungen (z.B. das gedankliche Drehen von zwei- bzw. dreidimensional dargestellten Objekten) schnell zu lösen (meist zeitbegrenzte Verfahren).

- *Spatial Orientation (räumliche Orientierung)*

Dieser Subfaktor scheint die Fähigkeit zu erfassen, eine Stimulusanordnung aus einer anderen Perspektive vorstellen zu können. Es geht dabei nicht um mentale Rotation von Objekten, sondern um den vorgestellten Perspektivenwechsel der Testperson. Da jedoch vielfach mentale Rotation als Lösungsstrategie angewandt wird, anstatt die eigene Person gedanklich neu auszurichten, ist dieser Faktor sehr schwer zu erfassen.

- *Visualization (Visualisierung)*

Die zwei wesentlichen Gemeinsamkeiten der Verfahren, die diesen Subfaktor erfassen (zusätzlich zu ihren räumlich-figuralen Inhalten), sind die zeitlich (relativ) unlimitierte Testbedingung und die Tatsache, dass derartige Verfahren meist weitaus komplexer sind, als jene, die die übrigen Subfaktoren messen.

Lohman und Kyllonen verweisen allerdings darauf, dass diese Definitionen den Eindruck erwecken präziser zu sein, als sie es tatsächlich sind. Außerdem geben sie an, dass wohl noch weitere Faktoren bzw. weitere einflussnehmende Größen, wie zum Beispiel die Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit, existieren.

Es kann zusammenfassend gesagt werden, dass unter den faktorenanalytischen Forschern weitgehend Einigkeit darin besteht, dass die Raumvorstellung als eigener Faktor der Intelligenz zu beschreiben ist. Das Konstrukt Raumvorstellung wird jedoch nicht als unabhängig von anderen Intelligenzbereichen beschrieben und führt bei differenzierter Betrachtung zu mehreren Subfaktoren.

Doch nicht nur faktorenanalytische Modelle, sondern auch andere Forschungen leisten einen wichtigen Beitrag zur Raumvorstellung. Eine wichtige Metaanalyse zum Konstrukt Raumvorstellung stellt die Arbeit von Linn und Petersen (1985) dar. Sie beschreiben die Komplexität dieses Forschungsfeldes und versuchen verschiedene Forschungsperspektiven, nämlich den differentiellen, psychometrischen, kognitiven und strategischen Forschungsansatz, in ihrer Metaanalyse zu berücksichtigen.

Der wichtige Unterschied zur ausschließlich faktorenanalytischen Herangehensweise liegt darin, dass psychometrische Kategorien letztendlich auf der Annahme basieren, dass Unterschiede im Testergebnis auf quantitativen Unterschieden in der Fähigkeit bzw. Anwendung der Fähigkeit liegen. Wohingegen ein kognitiver bzw. strategischer Zugang auch qualitative Unterschiede der angewendeten Strategien oder kognitiven Prozesse berücksichtigt.

Linn und Petersen schreiben, dass „Spatial ability generally refers to skill in representing, transforming, generating, and recalling symbolic, nonlinguistic information.“ (S. 1482).

Bei der Kategorisierung von Raumvorstellung legen sie den Fokus auf die Ähnlichkeiten der Prozesse, die in die Lösung eines Testitems involviert sind. Sie beschreiben folgende drei Kategorien.

- *Spatial Perception (Raumwahrnehmung)*

Die Fähigkeit räumliche Relationen unter Berücksichtigung der Position des eigenen Körpers zu erkennen (Linn & Petersen, 1985, S. 1482).

- *Mental Rotation (Mentale Rotation)*

Die Fähigkeit eine zwei- oder dreidimensionale Figur schnell und genau zu rotieren (Linn & Petersen, 1985, S.1483).

- *Spatial Visualization (Räumliche Visualisierung)*

Die Fähigkeit komplizierte, mehrfache Manipulationen an räumlich präsentierten Informationen vorzunehmen. Diese Fähigkeit beinhaltet möglicherweise Prozesse der mentalen Rotation oder räumlichen Wahrnehmung, wird aber durch das Vorhandensein verschiedener, vielfältiger Lösungsmöglichkeiten unterschieden. Um erfolgreich Items dieser Kategorie zu lösen, müssen Testpersonen die Aufgabenanforderungen analysieren und flexibel ihre Lösungsstrategien anpassen (Linn & Petersen, 1985, S. 1484-1485).

Eine Intelligenztheorie die gänzlich auf psychometrische Untersuchungsmethoden verzichtet ist Howard Gardners *Theorie multipler Intelligenzen (TMI)*.

Dieses ebenfalls multifaktorielle, aber rein theoretische Modell beschreibt sieben autonome Intelligenzen (Gardner, 1994; Gardner, 2002) - eine davon ist die räumliche Intelligenz. Gardner postuliert diese Intelligenzen als unabhängig und verweist auf verschiedenste Berichte und Erkenntnisse, um seine Theorie zu begründen. Dabei verwendet er entwicklungspsychologische, evolutionsbiologische, neuro-, kognitions-, aber auch quantitativ-psychologische Nachweise und erzeugt auf diese Art eine integrative Theorie zum Thema Intelligenz.

Er postuliert, dass die Intelligenzen zwar unabhängig sind, jedoch meistens kombiniert auftreten - mehrere Intelligenzen also gemeinsam/zeitgleich aktiv sind. Dieser Sachverhalt ist laut Gardner dafür verantwortlich, dass die Autonomie der Intelligenzen schwer zu erkennen ist. Er belegt die Autonomieannahme mit Hilfe verschiedener Arbeiten, wie z.B. Berichte über einseitige Hochbegabung oder Fallbeschreibungen aus der Neuropsychologie.

In der Theorie multipler Intelligenzen wird die räumliche Intelligenz beschrieben, als die Fähigkeit die räumliche Umgebung wahrzunehmen, wahrgenommene Inhalte zu verarbeiten und zu verändern, sowie Vorstellungen zu erzeugen (Gardner, 1994) (was den weiter oben erwähnten Definitionen von Raumvorstellung nahe kommt).

Gardner verweist zur Untermauerung der Autonomie der räumlichen Intelligenz unter anderem auf Berichte über autistische Kinder, die teils überdurchschnittliche Leistungen in diesem Bereich erzielen, jedoch in anderen Intelligenzen unterdurchschnittliche bis durchschnittliche Leistungen aufweisen. Er zählt außerdem Künstler wie Leonardo da Vinci und Michelangelo auf, die für ihre herausragenden Leistungen in diesem Fähigkeitsbereich bekannt geworden sind. Auf kognitionspsychologischer Seite begründet er die Autonomie der räumlichen Intelligenz mit der Aufzählung von Kernoperationen wie der mentale Rotation (die, wie weiter oben beschrieben, oft als Subfaktor der Raumvorstellung angegeben wird).

3.1.3 Zusammenfassung

Raumwahrnehmung und Raumvorstellung sind zusammengefasst unterschiedliche Fähigkeitsbereiche, die jedoch nicht strikt voneinander zu trennen sind. Beschreibt Raumwahrnehmung vor allem die sinnliche Erfassung der Umwelt, umfasst die Raumvorstellung hingegen die internen Repräsentationen und Manipulationen.

Es bleibt die Frage offen inwieweit sich diese Konstrukte gegenseitig beeinflussen und/oder voneinander abhängig sind. Außerdem ist ungeklärt, ob lediglich die Raumwahrnehmung als Grundlage der Raumvorstellung zu betrachten ist oder, ob es auch umgekehrt Einflüsse der Raumvorstellung auf die Raumwahrnehmung gibt.

Interessante Ergebnisse zu diesem Thema liefert ein Forschungsbericht von Kebeck und May (1991). In dieser Studie wurden ProbandInnen gebeten einen möblierten Raum anhand eines Modells zu rekonstruieren. Dazu hatten sie, je nach Versuchsbedingung, völlige bis keine Einsicht in den Originalraum während der Aneignungs- bzw. der Rekonstruktionsphase. Die Autoren interpretieren ihre Ergebnisse als Bestätigung für eine *funktionale Äquivalenz* von Raumwahrnehmung und Raumvorstellung. Das bedeutet, dass „Urteile über Objekte und Relationen zwischen Objekten, die unter Wahrnehmungsbedingungen (das Objekt ist zum Zeitpunkt des Urteils präsent) und unter Vorstellungsbedingungen (das Objekt ist zum Zeitpunkt des Urteils nicht präsent) gefällt werden, vergleichbar sind.“ (Kebeck & May, 1991, S. 227). Demnach treffen Personen Entscheidungen, bzw. fällen Urteile über Gegebenheiten die real vorhanden sind in gleicher Weise, wie über Objekte die nur intern präsent sind. Der

Unterschied zwischen beiden liegt in der Datenquelle, die bei Raumwahrnehmung extern und bei Raumvorstellung intern lokalisiert ist (Norman, 1979, zitiert nach Kebeck & May, 1991, S. 227).

Einen weiteren Hinweis für die Abhängigkeit der Raumwahrnehmung und der Raumvorstellung liefert Anderson (2001) mit seiner Beschreibung der *mentalen Landkarten*. Dabei handelt es sich um interne bildhafte Repräsentationen, die durch logische Erfassung der räumlichen Struktur unserer Umwelt (eine Funktion der visuellen Vorstellung) entstehen (S. 126).

Im Laufe der Entwicklung oder bei der Erkundung neuer Umgebungen entstehen durch die Wahrnehmung und die Vorstellung sogenannte Routenkarten, die Wege aufzeigen, um von einem Ort zu einem anderen zu gelangen, jedoch keine weiteren Informationen, wie zum Beispiel die Lage zweier Wege zueinander, enthalten. Im Laufe der Entwicklung bzw. bei häufigem Aufenthalt in demselben Gebiet werden sogenannte Übersichtskarten entwickelt, die genauere Informationen, wie z.B. die Ausrichtung zweier Wege zueinander, Abkürzungen, Ausweichrouten, etc., also mehrere Routen enthalten.

Bei der Entwicklung dieser Karten spielen unsere Handlungen eine wesentliche Rolle. Mentale Landkarten können nur Wege enthalten, die uns in irgendeiner Art und Weise (wenn auch nur verbal) bekannt sind und außerdem, so Anderson „[...] stellen wir uns unsere Umgebung oft so vor, als würden wir uns überlegen, wie wir von einem Ort zum anderen gelangen.“ (2001, S. 126), was die Verbindung zwischen Vorstellung und Handlung deutlich macht.

Wie also Sedgwick (2001) für Wahrnehmung und Handlung eine Abhängigkeit postuliert, so berichtet Anderson (2001) von einem Zusammenhang von Vorstellung und Handlung. Demnach liegt der Schluss nahe, dass alle diese Bereiche miteinander verbunden sind.

Janzen und Hawlik (2005) beschreiben die Wichtigkeit sogenannter Entscheidungspunkte. Das sind Orte (Kreuzungen, Weggabelungen, etc.), an denen der weitere Verlauf des Weges entschieden werden muss (S. 180). Das Erinnern an diese Entscheidungspunkte hilft uns einen Weg wieder zu finden und richtig zu navigieren. Sie können uns auch bei der mündlichen Beschreibung eines Weges helfen (z.B. halten sie sich bei der ersten Kreuzung links). Da mündliche Beschreibungen oft aus der Vorstellung resultieren, gilt auch dies als Beweis für die Verbindung zwischen Raumwahrnehmung und Raumvorstellung.

Es gibt demnach verschiedenste Hinweise für eine Abhängigkeit dieser beiden Konstrukte, die in ihrer Funktionsweise ähnlich zu sein scheinen. So liefern wohl im Laufe der Entwicklung mit Hilfe der Raumwahrnehmung angeeignete Schemata genügend Informationen, um mit Hilfe der Raumvorstellung Urteile über räumliche Gegebenheiten fällen zu können. Es erscheint folglich logisch, dass auch bei Raumvorstellungstests die sinnliche Wahrnehmung zur Lösung beiträgt, jedoch der wesentliche Aspekt für die Lösung in der mentalen Vorstellung mit interner Repräsentation und Manipulation liegt. Demnach sind diese Konstrukte - obwohl abhängig - dennoch getrennt erfassbar.

3.2 Exkurs: Abgrenzung zur Fähigkeitsdimension Reasoning

In der Literatur wird immer wieder beschrieben, dass möglicherweise Reasoningstrategien beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben beteiligt sind (z.B. Kubinger, 2006, S. 192). Außerdem postuliert Thurstone seine Primärfaktoren (u.a. Space und Reasoning) als überlappend, also nicht unabhängig voneinander. Er beschreibt, dass an der Lösung einer Intelligenztestaufgabe mehrere Faktoren beteiligt sind (Thurstone 1938, zitiert nach Asendorpf, 2007).

Es ist demnach denkbar, dass eine Person zum Beispiel beim Lösen von Rotationsaufgaben die zu rotierende Figur nicht mental dreht, sondern mit Hilfe von schlussfolgerndem Denken erkennt, in welcher Position sich das Objekt in der Start- bzw. Zielposition befinden muss.

Es ist daher besonders wichtig, die Validität eines Verfahrens, das zu wissenschaftlichen Untersuchungen herangezogen wird, zu überprüfen - also zu untersuchen, ob ein Test auch wirklich misst, was er zu messen angibt. Zwei Raumvorstellungstests könnten, obwohl ihre Reliabilitäten, das heißt ihre Messgenauigkeiten hoch und ihre Korrelation hoch positiv sind, unterschiedliche Fähigkeitsbereiche messen. Besonders da Raumwahrnehmung und Raumvorstellung abhängig zu sein scheinen, könnte dies zu falschen Schlussfolgerungen in Untersuchungen führen. Natürlich müssen weitere wichtige Gütekriterien, wie zum Beispiel Eindimensionalität (also, ob ein Verfahren für alle ProbandInnen die gleiche Fähigkeitsdimension misst) überprüft werden (Bortz & Döring, 2005).

Als Beispiel für eine Studie zur genaueren Überprüfung zweier Testverfahren sei hier Gittler (1999) angeführt, der mit Hilfe der probabilistischen Testtheorie zeigt, dass Raumvorstellung und Reasoning separierbare Fähigkeitsdimensionen sind, die von speziellen Tests getrennt erhoben werden können.

Es wird gezeigt werden, dass auch das in dieser Untersuchung zur Messung der Raumvorstellung verwendete Testinstrument hinsichtlich seine Güte überprüft wurde. Bei der Entwicklung des Verfahrens wurde auf Eindimensionalität und Validität besonders viel Wert gelegt.

3.3 Der dreidimensionale Raum, sensorische Informationen und kognitive Prozesse

Die Vorgänge der Wahrnehmung und der Vorstellung sind von kognitiven Prozessen nicht zu trennen und finden fortwährend - sowohl bewusst als auch unbewusst - statt. Das heißt, wir nehmen den uns umgebenden Raum samt seinen Veränderungen ständig wahr, egal ob wir unsere Aufmerksamkeit bewusst auf ihn lenken oder nicht. Außerdem erlaubt uns eine intakte Raumvorstellung zu jeder Zeit Vorstellungen über Objekte und Räume zu erzeugen (sogar im Schlaf werden in Traumphasen (unbewusst) Vorstellungen erzeugt).

Es gibt eine Vielzahl an kognitiven Prozessen, welche die Raumwahrnehmung und die Raumvorstellung ermöglichen und/oder unterstützen (z.B. Informationsweiterleitung, Codierung, etc.). Untersuchungen haben gezeigt, dass der Ausfall eines (sensorischen) Systems (zum Beispiel durch rechtsseitige Hirnläsionen) und damit auch die Störung verschiedener kognitiver Prozesse, durch die Integration anderer Systeme kompensiert werden kann. Zum Beispiel erwähnt Mast (2005), dass es bei vestibulären Erkrankungen oft sehr schnell zu einer so genannten vestibulären Kompensation kommt. Demnach werden Ausfälle in sensorischen Arealen durch den Verbund verschiedener Mechanismen schnell wieder ausgeglichen (allerdings nicht vollständig).

Im Folgenden werden die einzelnen sensorischen Systeme und ihre Bedeutung für die Raumwahrnehmung und für die Raumvorstellung näher beschrieben. In den darauffolgenden Kapiteln soll deutlich gemacht werden, wie die Raumwahrnehmung und demzufolge auch die Raumvorstellung durch das Ausüben des Tauchsports beeinflusst wird.

Visuelles System

Dieses System ist eines der wichtigsten Sinnessysteme für die Raumwahrnehmung und wurde deshalb schon vielfach erforscht. Zu Beginn der Forschung stand das Problem des scheinbaren Widerspruches einer dreidimensionalen Umweltwahrnehmung, bei nur zweidimensionaler Abbildung derselben auf der Netzhaut. Zweidimensionale Netzhautbilder müssten immer mehrdeutig sein, was zu Verfälschungen führen würde. Tatsächlich können unsere Sinneswahrnehmungen trügen, wie eine Vielzahl an „optischen Täuschungen“ beweisen (z.B. Müller-Lyer-Täuschung, Ponzo Täuschung,...) (May, 2006).

Dennoch erhalten wir meist sehr eindeutige Abbildungen unserer Umwelt. Farben, Größen, Formen, Distanzen, Perspektiven, etc. und nicht zuletzt auch Erfahrungen dienen dem Identifizieren von Objekten (Hoffmann, 1994).

Um räumlich wahrnehmen zu können, bedient sich unsere Wahrnehmung unter anderem so genannter Tiefenhinweise (*depth cues*). Diese lassen sich unterteilen in monokulare und binokulare Hinweise, also danach, ob ein oder beide Augen zur Wahrnehmung notwendig sind (Gegenfurtner & Spering, 2006).

Ein Beispiel für einen monokularen Tiefenhinweis ist die *Verdeckung*. Durch das Verdecken anderer Gegenstände oder auch die Überlappung verschiedener Objekte, werden Hinweise auf räumliche Tiefe gegeben.

Ein typisches Beispiel für einen binokularen Tiefenhinweis ist die sogenannte *Querdisparation*. Querdisparation bezeichnet die Abweichungen der Netzhautbilder, die jeweils vom rechten und linken Auge abgebildet werden. Beide Abbildungen werden jedoch vom Gehirn zu einem einheitlichen Gesamtbild verschmolzen (May, 2006).

Bewegungen (der eigenen Person oder von Objekten der Umwelt) werden durch ein komplexes Zusammenwirken verschiedener (Sinnes-) Systeme wahrgenommen. Notwendig ist unter anderem die Verarbeitung visueller Reize. Zum Beispiel die Trennung von Hintergrund und Objekt, die Unterscheidung, ob eine Bewegung lokal im Blickfeld stattfindet oder ob das gesamte Blickfeld sich verändert (Eigen- vs. Fremdbewegung).

Schnittstellen gibt es hier zum Beispiel zum vestibulären System. Die Wahrnehmung der Lage des eigenen Körpers relativ zu dem ihn umgebenden Raum ist grundlegend für die Bewegungswahrnehmung. Die Wahrnehmung von Bewegungen hat wiederum Einfluss auf die Motorik (z.B. muss einem entgegenkommenden Objekt ausgewichen werden oder ist der eigene Körper in Bewegung) und natürlich spielt das kinästhetische System ebenfalls eine wichtige Rolle (dazu ausführlicher weiter unten) (Gegenfurtner & Spering, 2006; Mast, 2005).

Die Objekt(wieder)erkennung dient als gutes Beispiel für die Verbindung zwischen visueller Wahrnehmung und Raumvorstellung. Wie schon weiter oben dargestellt, hilft uns die Erfahrung zum Beispiel unsere Routenpläne in Übersichtspläne zu erweitern oder Objekte aus unterschiedlichen Perspektiven wiederzuerkennen.

Als weiteres Beispiel für die Verbindung des visuellen Systems zur Raumvorstellung dient der Artikel von Noordzij, Zuidhoek & Postma (2007). Die Autoren vergleichen frühzeitig erblindete (spätestens mit dem dritten Lebensjahr erblindet), späterblindete und sehende Personen in drei unterschiedlichen Fähigkeitsbereichen, nämlich in räumlicher Vorstellung, visueller Vorstellung und auditiver Vorstellung.

Die Hauptegebnisse dieser Studie zeigen, dass im Bereich der auditiven Vorstellungsfähigkeit keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bestehen. Sowohl im Bereich der visuellen Vorstellung als auch bei räumlicher Vorstellung schneiden insgesamt die blinden Personen schlechter ab als die Sehenden.

Eine genaue Untersuchung des Datensatzes zeigt, dass bei Aufgaben zur visuellen Vorstellungsfähigkeit späterblindete Personen schlechter abschneiden als Früherblindete und Sehende (zwischen Letzteren gibt es keinen signifikanten Unterschied). Die Autoren erklären sich diese Ergebnisse dadurch, dass unter alltäglichen Bedingungen blinde Personen mehr haptische Strategien, Sehende eher visuelle Strategien zur Formerkennung nutzen (Aufgabe des Tests war der Formvergleich von drei genannten Objekten). Sowohl früherblindete als auch sehende Personen seien in ihren Strategien sicherer bzw. effektiver als späterblindete Personen. Demnach sind die Ergebnisse für die visuellen Aufgaben weniger der räumlichen Erfahrung zuzuschreiben, als vielmehr unterschiedlichen Strategien zwischen Sehenden und Blinden.

Im Test zur räumlichen Vorstellung schneiden früherblindete Personen schlechter ab als späterblindete und sehende Personen (auch hier besteht zwischen den Letztgenannten kein signifikanter Unterschied). Diese Ergebnisse führen die Autoren auf die räumliche Erfahrung zurück. Späterblindete und Sehende können aus einem räumlichen Erfahrungsschatz profitieren, den früherblindete Personen in viel geringerem Ausmaß besitzen (sie bewegen sich im Raum, sie sehen ihn jedoch nicht).

Demnach liefert die (visuelle) Raumwahrnehmung Informationen, die der internen Repräsentation der Umwelt in großem Ausmaß dienen.

Vestibuläres System

Das vestibuläre System, auch Gleichgewichtssystem genannt, liegt im knöchernen Innenohr und besteht aus den drei senkrecht zueinander stehenden Bogengängen und zwei Makulaorganen. Es befindet sich neben der Schnecke (dem eigentlichen Hörorgan) und wird gemeinsam mit diesem als Labyrinth bezeichnet (vgl.: Abb.3-1).

Die Bogengänge sind vor allem für die Wahrnehmung von Rotationsbeschleunigungen (also von Drehbewegungen) in allen drei Raumachsen verantwortlich. Die Makulaorgane liegen in

den Bogengängen und dienen der Wahrnehmung von Linear- oder Translationsbeschleunigungen und dem Empfinden der Schwerkraft (Birbaumer & Schmidt, 2003, S. 340).

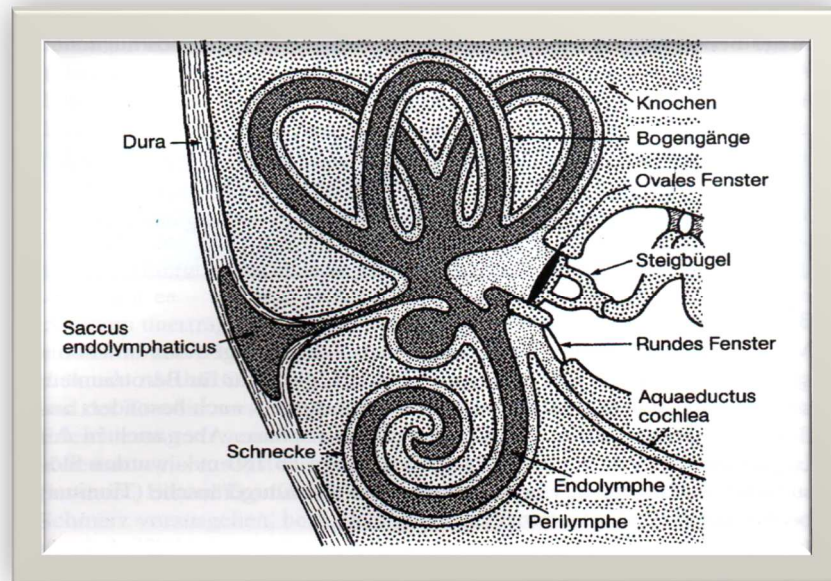


Abbildung 3-1: Rundes und ovales Fenster als bewegliche Trennung zwischen der gasgefüllten Paukenhöhle und dem mit Flüssigkeit gefüllten Innenohr. Aus: Ehm, Hahn, Hoffmann & Wenzel (2007), Ort: Müller Rüschnikon.

Die Wahrnehmung der Körperbewegungen wird ermöglicht, durch die Empfindung von Veränderungen in der Auslenkung einer sehr trägen Flüssigkeit im Innenohr. Diese Flüssigkeit, die so genannten Endolympe, befindet sich in den Bogengängen. Feinste Sinneszellen liegen in dieser gallertartigen Substanz und werden durch deren Bewegung ebenfalls in ihrer Lage verändert und schicken dabei neurale Signale an das Gehirn (Birbaumer & Schmidt, 2003).

Das vestibuläre System ist bei der Ermittlung der Stellung des Körpers im Raum maßgeblich beteiligt, jedoch nicht allein dafür verantwortlich.

Mit Hilfe des Vestibularorgans wird primär die Stellung des Kopfes erkannt. Die Stellung des übrigen Rumpfes muss über ein Zusammenspiel verschiedener Systeme erfasst werden (z.B. visuelles System, kinästhetisches System, (senso)motorisches System...) (Mast, 2005).

Beispielsweise liefert der Spannungszustand unserer Muskeln Informationen darüber, in welcher Position unser Körper sich gerade befindet (aufrecht, gekrümmt,...). Kombiniert mit Informationen über die Kopfposition, visuellen Informationen usw. kann eine sehr präzise Aussage über unsere Körperstellung getroffen werden.

Die Verbindung des vestibulären Systems zur Raumvorstellung wird zum Beispiel darin gesehen, dass durch die Lagewahrnehmung des Kopfes, durch ein Gleichgewichtsempfinden und ein Balancegefühl eine zielgerichtete Navigation durch den Raum ermöglicht wird. Diese wiederum hilft bei der Orientierung, die (wie oben beschrieben) oft als Subfaktor der Raumvorstellung bezeichnet wird.

Auditives System, Olfaktorisches System, Taktils System

Hören, Riechen und Berühren liefern ebenfalls Informationen über unsere Umwelt.

Geräusche wie zum Beispiel Autolärm und Meeresrauschen werden von unserem Hörsinn aufgenommen und mitunter als Hinweise auf unsere Umgebung verarbeitet. Wir können wahrnehmen aus welcher Richtung Geräusche kommen und oftmals auch grob einschätzen wie weit ein Geräusch entfernt ist. Zusätzlich ist es möglich auf Grund eines Geräusches auch auf die Art der Lärmquelle zu schließen (May, 2006).

Als Beispiel für eine Verbindung zwischen Raumvorstellung und auditivem System sei Anderson erwähnt, der schreibt, dass „Verbale Beschreibungen [...] in detaillierte mentale Landkarten unserer Umgebung umgewandelt werden [können].“ (2001, S. 130) - also über auditiven Input interne Repräsentationen gebildet werden können.

Auch Gerüche geben uns Hinweise auf den Raum, der uns umgibt. Zum Beispiel können wir häufig durch spezifische Gerüche erschließen, wo wir uns im Augenblick befinden (z.B. deutet der Geruch nach Benzin auf eine Tankstelle, der Geruch nach Kaffee auf ein Cafe hin). Allerdings ist die Bedeutung des olfaktorischen Sinnsystems von nachrangiger Bedeutung für die räumliche Wahrnehmung (May, 2006).

Das Fühlen ist für die Raumwahrnehmung sehr bedeutend. Durch das Empfinden von Hitze, Kälte, Wind, Regen, etc. können Menschen zum Beispiel wahrnehmen, ob sie sich in einem Raum oder unter freiem Himmel befinden. Durch Berührungen können sie den Nahbereich um ihren Körper erfassen (z.B. andere Personen, Begrenzungen durch Gegenstände,...) (May, 2006, S. 177). Vor allem für Menschen, deren visuelle Wahrnehmung gestört ist, nimmt die Bedeutung des taktilen Sinnes zu.

Dass über Berührung - also Wahrnehmung - in weiterer Folge auch Raumvorstellung möglich ist (auch unter zu Hilfenahme verschiedenster Gerüche), wird durch erblindete Personen, denen visuelle Informationen nicht zur Verfügung stehen und die sich dennoch im Raum orientieren können, deutlich.

Kinästhetisches System, Motorisches System

Rezeptoren in den Sehnen, Muskeln und Gelenken geben uns Informationen über unseren eigenen Stütz- und Bewegungsapparat. Der (Raum-)Wahrnehmung dienen diese Informationen als Auskunft über Bewegungen, Körperhaltung und natürlich über den Körper allgemein (z.B. Anspannung der Muskeln) (May, 2006).

In ähnlicher Weise dienen natürlich auch unsere motorischen Fertigkeiten (wie Greifen, Anheben,...) der Raumwahrnehmung und natürlich auch der Raumvorstellung. Besonders das motorische System macht deutlich, wie sehr die Systeme untereinander verbunden sind. Eine taktile Wahrnehmung ist oft nur möglich, wenn die eigenen motorischen Fähigkeiten es ermöglichen und willkürlich gesteuert werden können. Die Hände als Tast-, Fühl- und Greifwerkzeuge sind dabei wichtige Lieferanten von Informationen aus der Umwelt. Derartige sensorische Informationen dienen auch der Vorstellung. So ist es für die meisten Menschen kein Problem, mit Hilfe von motorischen und taktilen Informationen zumindest einfache Objekte mental abzubilden und zu identifizieren.

Die Sinnessysteme können demnach nicht strikt voneinander getrennt werden. Verschiedene Prozesse der sensorischen Informationsverarbeitung (Wahrnehmung, Verarbeitung, Speicherung, Manipulation, etc.) laufen zeitgleich ab, so dass eine Interaktion der Systeme offensichtlich und durch die Beobachtung der eigenen Wahrnehmung und Vorstellung leicht nachvollziehbar erscheint.

3.4 Trainingseffekte auf die Raumvorstellung

Die Forschung auf dem Gebiet der räumlichen Fähigkeiten führt unweigerlich zu der Frage, ob und wie dieser Bereich der Intelligenz trainiert werden kann.

In diesem Zusammenhang wird immer wieder die Darstellende Geometrie (im Folgenden mit DG abgekürzt) erwähnt und untersucht. Zum Beispiel beschreibt Németh (2007) eine Pre- und Postteststudie, in der StudentInnen mittels *Mental Cutting Tests (MCT)*, einem Verfahren zur Messung der Raumvorstellung (basiert auf dem 1939 vom CEEB (College Entrance Examination Board) entwickelten *Special Aptitude Test*), getestet wurden. Die ProbandInnen wurden im Abstand von zwei Semestern, in denen diese an einem Kurs in DG teilnahmen, getestet. Ihre Ergebnisse zeigen signifikante Mittelwertsunterschiede zwischen den Pre- und Posttestleistung. Im Mittel sind die Posttestleistungen besser als die Pretestleistungen. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die räumlichen Fähigkeiten trainiert werden können. Allerdings macht diese Studie keine Angaben zu langfristigen Effekten.

Dazu liefert eine Studie von Gittler & Glück (1998) interessante Ergebnisse. Sie testeten 275 StudentInnen in einer Langzeitstudie mittels *dreidimensionalem Würfeltest - 3DW* (Gittler, 1990), einem rasch-homogenen und somit eindimensionalen Testverfahren zur Messung der Raumvorstellung. Am Unterricht in DG nahmen 163 StudentInnen teil. Das Ziel der Untersuchung war es zu klären, ob DG-Unterricht als nicht spezifisches Training Auswirkungen auf die räumlichen Fähigkeiten hat. Die Autoren kommen zu folgendem Ergebnis:

The main point in our results is that there is a significant effect of Descriptive Geometry instruction on performance in spatial ability tasks. This clearly indicates that this school subject stimulates the development of spatial ability, inducing a non-trivial transfer of learning beyond the training of a single skill only relevant for passing school examinations. (S. 81)

Wichtig ist, dass die Schüler nicht nur in DG dazu lernen, sondern der Unterricht Auswirkungen auf die Leistungen in einem Test zur Raumvorstellung hat. Also eine Transferleistung stattfindet.

Unterstützt werden diese Ergebnisse von zahlreichen Untersuchungen, die von unterschiedlichen Trainings berichten, die ebenfalls positive Auswirkung auf die Raumvorstellungsleistungen haben.

Das gemeinsame der verschiedenen Trainings scheint die räumliche Komponente zu sein. Auf unterschiedliche Arten erfordern jene Trainings, die zu signifikanten Verbesserungen der Leistungen in Raumvorstellungstests führen, ein gewisses Maß an Wahrnehmung und/oder Manipulation an zwei- oder dreidimensionalen Objekten. Der Subfaktor *Mentale Rotation* wird besonders häufig beschrieben.

Es gibt zahlreiche Studien zum Thema Computertraining und Raumvorstellung. Als Beispiel wird hier die Arbeit von De Lisi und Cammarano (1996) erwähnt. Die Autoren stellten einer Versuchsgruppe (n=57), die ein Computerspiel, das mentale Rotation erforderte, spielte, einer Kontrollgruppe (n=53) gegenüber, die ein (Computer-) Kartenspiel spielte. Die Ergebnisse zeigen, dass die Gruppe, die zum Lösen der Aufgaben mentale Rotationsleistungen erbringen musste, im Posttest bessere Leistungen erbrachte, als die Kontrollgruppe. Innerhalb der Gruppe, die mentale Rotationsleistung erbringen musste, wurden signifikante Unterschiede zwischen Pre- und Posttestergebnissen gefunden.

Es berichten z.B. Jansen, Lange und Heil (2011) von einem Zusammenhang zwischen motorischen und kognitiven Leistungen. Sie schreiben, dass ein Training in Jonglieren positive Auswirkungen auf die Reaktionszeit beim Lösen von Aufgaben zur mentalen Rotation hat. Sie konnten in ihrer Pre- und Postteststudie zeigen, dass die Versuchsgruppe (Training in Jonglieren; n=26) eine signifikant größere Verbesserung zeigte, als die Kontrollgruppe, die ein Krafttraining mittels *Thera-Band* (einem Gymnastikband, n=24) erhielt.

Diese Untersuchung ist ein Hinweis darauf, dass spezielle motorische Trainings positive Auswirkungen auf die Raumvorstellungsleistung haben, jedoch nicht generell jedes motorische Training Einfluss auf diese kognitive Fähigkeit hat.

Von einem ähnlichen Trainingseffekt berichten Moreau et al. (2012). Sie gehen ebenfalls davon aus, dass mentale Rotationsleistungen und motorische Prozesse eng miteinander verbunden sind: „[...] considering that mental rotation can rely on motor representations, motor training in an activity that engages mental manipulation of object in three-dimensional space should lead to an enhanced ability to rotate stimuli.” (Moreau et al., 2012, S. 84).

Die Autoren testeten mittels MRT-A (Peters, Laeng, Latham, Jackson, Zaiyouna, & Richardson, 1995; Originalfassung von Vandenberg & Kuse, 1978) insgesamt 62 StudentInnen. Eine Hälfte der Testpersonen nahm an einem Wrestlingtraining, die andere an einem Lauftraining teil (2h pro Woche). Die ProbandInnen wurden vor Beginn des Trainings und 10 Monate später getestet. Die Resultate zeigen, dass sich im Pretest die Ergebnisse der Gruppen nicht signifikant voneinander unterschieden, wohingegen im Posttest die Wrestlinggruppe signifikant bessere Ergebnisse erzielte als die Laufgruppe. Die ProbandInnen scheinen mehr von einem Sport zu profitieren, der eine körperliche Drehung im dreidimensionalen Raum miteinschließt, als von einem Sport der dies nicht tut.

Es ist demnach prinzipiell möglich, dass die Schulung der räumlichen Fähigkeiten durch Sport, Computerspiele oder Ähnliches positive Effekte auf die Ergebnisse eines unabhängigen Räumlichkeitstests hat.

Es liegt die Vermutung nahe, dass der Tauchsport zu den Sportarten gezählt werden kann, die eine räumliche Komponente beinhalten (z.B. körperliche Drehungen im Raum). Demnach könnte das regelmäßige Ausüben des Tauchsports im Sinne eines Trainings längerfristige Auswirkungen auf die Raumvorstellung haben.

Um zu untermauern, dass dieser Schluss denkbar ist, werden in Kapitel 4 einige Beeinflussungen, denen unser Körper während des Tauchens ausgesetzt ist, sowie die Verbindung zur Raumwahrnehmung und Raumvorstellung beschrieben.

3.5 Geschlechtsunterschiede und Raumvorstellung

In der Literatur finden sich viele Beiträge aus jahrzehntelanger Forschung zum Thema Geschlechtsunterschiede (z.B. Baenninger & Newcombe, 1995; Friedman & Schustack, 2004; Hyde, 1981; Maccoby & Jacklin, 1974). Ein sehr gut belegter und häufig replizierter Geschlechtsunterschied betrifft die Raumvorstellung. Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass männliche Probanden bessere Ergebnisse in Raumvorstellungstests erzielen als weibliche Probandinnen (z.B. McGee, 1979; Jansen & Heil, 2010; Quaiser-Pohl & Lehmann, 2002).

Die Metaanalyse von Linn und Petersen (1985) fasst 172 Studien zusammen und kommt in Bezug auf Geschlechtsunterschiede zu dem Ergebnis, dass signifikante Unterschiede nur für den Subfaktor *Mentale Rotation* nachweisbar sind. Geringere Unterschiede finden sich für den Subfaktor *Spatial Perception* und keine Unterschiede für den Subfaktor *Spatial Visualization*.

Voyer, Voyer und Bryden (1995) untersuchten 286 Effektgrößen und kamen zu ähnlichen Ergebnissen wie Linn und Petersen. Sie konnten den größten und über verschiedene Tests hinweg signifikanten Unterschied für den Subfaktor *Mental Rotation* nachweisen. Sie schreiben, dass der durchschnittliche Unterschied zwischen Männern und Frauen, bezogen auf die Leistungen im MRT (Vandenberg & Kuse, 1978), 0.94 beträgt. Dies stellt eine relativ große Effektgröße dar.

Für die beiden übrigen Subfaktoren konnten sie teils signifikante, teils nicht signifikante Ergebnisse nachweisen. Diese unterschiedlichen Ergebnisse scheinen mit dem verwendeten Test in Zusammenhang zu stehen.

Auch in neueren Untersuchungen wurden Geschlechtsunterschiede, vor allem für mentale Rotationsaufgaben, gefunden. Zum Beispiel kommen Quaiser-Pohl et al. (2006) in ihrer Studie zu Computerspielpräferenzen und mentaler Rotation, nach Untersuchung von 861 deutschen Testpersonen zwischen 10 und 20 Jahren, zu dem Ergebnis, dass männliche Testteilnehmer signifikant bessere MRT-Testleistungen erbrachten als weibliche Teilnehmerinnen.

Németh (2007) zeigt, dass Männer und Frauen unterschiedlich stark von Trainings profitieren. Sie findet in ihrer Untersuchung signifikante Geschlechtsunterschiede im Pre- sowie im Posttest, allerdings scheinen Männer deutlich mehr von DG-Unterricht zu profitieren wie Frauen.

Eine Untersuchung von Parsons, Larson, Kratz, Thiebaux, Bluestein, Buckwalter und Rizzo (2004) zeigt einen weiteren interessanten Aspekt der Geschlechtsunterschiede: Die Autoren fanden einen signifikanten Unterschied zwischen den Testleistungen von Männern und Frauen im MRT-A (Peters et al., 1995) und zwar zu Gunsten der Männer (wie erwartet worden war). Allerdings fanden sie keinen Unterschied, wenn die Testaufgaben in einer *virtuellen Umwelt* dargestellt wurden. Die Autoren entwickelten dazu auf der Grundlage des MRT ein neues Testverfahren (VRSR - virtual reality spatial rotation), bei dem die Items dreidimensional, durch spezielle Technik sogar hologramm-ähnlich abgebildet werden können. Obwohl die Testaufgaben auf dem MRT beruhen, fanden die Autoren bei Testung mittels VRSR nicht dieselben Geschlechtsunterschiede wie in der Literatur vielfach berichtet. Es konnte in der virtuellen Umgebung kein signifikanter Geschlechtsunterschied festgestellt werden.

Der Geschlechtsunterschied im Bereich Raumvorstellung wurde vielfach bestätigt und repliziert. Jedoch konnte nicht in jeder Untersuchung ein signifikantes Ergebnis erzielt werden. Es scheinen viele Einflussfaktoren, wie z.B. vorausgegangene Bildung oder das absolvieren verschiedener Trainings, einen bedeutenden Einfluss auf die Größe des Geschlechtsunterschiedes zu haben (z.B. Quaiser-Pohl et. al, 2006; Quaiser-Pohl & Lehmann, 2002).

4 Sporttauchen

Das Meer ist der letzte freie Ort auf der Welt
Ernest Hemingway

4.1 Begriffsklärung

Es gibt verschiedene Arten von *Tauchen*, die sehr unterschiedliche Anforderungen und Risiken mit sich bringen. Eine leicht zu differenzierende Form des Tauchens ist das so genannte Apnoetauchen. Mit Apnoe wird das Aussetzen der Atmung, also ein Atemstillstand, bezeichnet, weshalb sich für das Tauchen ohne Atemgerät der Begriff Apnoetauchen durchgesetzt hat (Ehm et al., 2007, S. 156).

Beim sogenannten *Gerätetauchen* (Tauchen mit einem Atemgerät) wird unterschieden zwischen technischem Tauchen, gewerblichem Tauchen, wissenschaftlichem Tauchen, Rettungstauchen, Sporttauchen und vielem mehr. Die Übergänge zwischen diesen verschiedenen Taucharten sind fließend und können oftmals nur sehr schwer klar abgegrenzt werden bzw. überschneiden sich zum Teil erheblich. Wichtige Abgrenzungsbereiche sind unter anderem das verwendete Atemgasgemisch und die erlaubte maximale Tiefe.

In dieser Arbeit wird der Bereich *Sporttauchen* thematisiert. Grundsätzlich steht im Bereich des Sporttauchens Freude an der Sache im Vordergrund, wohingegen im beruflichen Bereich wirtschaftliche und militärische Interessen dominieren. Im Sporttauchbereich wird normale Luft (21% Sauerstoff) oder ein Gasgemisch mit bis zu 40% Sauerstoff geatmet. Aus physikalischen und medizinischen Gründen wird eine Tiefengrenze von 40 Meter vorgegeben. Die Verwendung anderer Gasgemische (z.B. Helium + Sauerstoff + Stickstoff), um in größere Tiefen abzutauchen, wird dem technischen Tauchen zugeordnet (Ehm et al., 2007; Kromp, Roggenbach & Bredebusch, 2005).

Um sich im Medium Wasser, dem der Mensch nicht angepasst ist, aufhalten zu können, benötigen TaucherInnen technische Hilfsmittel und eine adäquate Ausbildung.

Das verwendete Atemgerät, das so genannte *Drucklufttauchgerät* (im Folgenden mit DTG abgekürzt), besteht aus einer Taucherflasche und einem Atemregler. Dieses mit gereinigter, getrockneter und komprimierter Luft gefüllte DTG ermöglicht die Atmung unter Wasser.

Außerdem zählen unter anderem Flossen, Maske, Schnorchel, Tauchanzug, Jacket und Füßlinge zur typischen Standardausrüstung der SporttaucherInnen. Diese erleichtert die zielgerichtete Fortbewegung, sorgt für ausreichende Sicherheit, beeinflusst jedoch die sensorische Wahrnehmung beträchtlich (wie nachfolgend erläutert werden wird).

Die Sporttauchausbildung wird von verschiedenen Organisationen angeboten, deren theoretische sowie praktische Inhalte sehr ähnlich, bzw. teils identisch sind. In diese Untersuchung werden nur jene TaucherInnen aufgenommen, die einer der drei größten internationalen Organisationen angehören. Diese sind:

- CMAS – Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques
- SSI – Scuba Schools International
- PADI – Professional Association of Diving Instructors

Jede dieser drei Organisationen bietet eine standardisierte Ausbildung vom Grundtauchschein bis zum Examiner/Certifier (diese bilden TauchlehrerInnen aus) an. Da die jeweiligen Ausbildungsstandards mehr oder weniger leicht voneinander abweichen, existieren so genannte Äquivalenzlisten (vgl.: Tab.7-4, S. 75), um die unterschiedlichen Kurse vergleichbar zu machen (anhand dieser Äquivalenzliste erfolgt die Einteilung der Ausbildungslevel nach Datenaufnahme).

Da vor allem die bewusstere räumliche Wahrnehmung und Orientierung der TaucherInnen als Ausgangspunkt für eine möglicherweise verbesserte Raumvorstellung betrachtet werden (im Vergleich zu Nicht-TaucherInnen), werden jene Ausbildungslevel als Mindestanforderung für die TaucherInnen-Gruppe definiert, die dazu berechtigen eine Gruppe zu führen (CMAS *** - spricht „Drei-Stern-Taucher“; SSI - Guide; PADI - Divemaster).

Der Einfluss psychologischer Erkenntnisse auf den Tauchsport kann anhand vieler Beispiele deutlich gemacht werden. Es finden sich beispielsweise in vielen aktuellen Lehrbüchern für professionelle TaucherInnen Abschnitte über Angst und Panik und/oder gruppensdynamische Abläufe (z.B. Gruppendruck). Es wird versucht auszubildenden Guides zumindest in Grundzügen ein Verständnis für das menschliche Erleben und Verhalten zu vermitteln. Schiöberg (2007) schreibt über die Tauchpsychologie:

Die Tauchpsychologie bietet Erklärungsmodelle zum Einfluss emotionaler Faktoren beim Tauchen, um daraus Trainingsstrategien und Verhaltensmodelle abzuleiten. [...] Tauchpsychologie liefert das Know-how zur Unfallverhütung. Zu einer umfassenden Tauchausbildung gehören daher nicht nur Kenntnisse über körperliche Veränderungen unter Wasser, sondern auch die Analyse des Verhaltens, der emotionalen Einflüsse und deren Steuerungsmöglichkeiten unter Wasser. (S. 52)

Im Folgenden werden einige Untersuchungen und Berichte dargestellt, um zu verdeutlichen wie vielfältig die Beeinflussungen sind, denen der Körper beim Tauchen unterliegt. Wie gezeigt werden wird, sind es vor allem die Wahrnehmung (besonders das Hören und Sehen) und die Bewegung, die beim Tauchen, mitunter durch die erhöhte Dichte des Wassers verglichen mit Luft, beeinflusst werden. Außerdem soll gezeigt werden, welche sozialen Kompetenzen für die höheren Ausbildungsebenen relevant sind.

4.2 Psychophysiologische Aspekte des Sporttauchens

Es müssen umfangreiche Anforderungen erfüllt sein, um den Tauchsport risikoarm ausführen zu können. Zu diesen Anforderungen zählen unter anderem theoretisches Wissen (z.B. Padi Europe, 2002; Kromp et al., 2005), praktische Fertigkeiten und auch soziale Kompetenzen. Die Verschiedenartigkeit dieser Ansprüche sorgt dafür, dass das Tauchen ein vielfältiges Freizeitvergnügen ist. Die unterschiedlichsten Bedürfnisse, wie zum Beispiel sozialer Anschluss, körperliche Herausforderung oder Entspannung können dadurch befriedigt werden.

Im Folgenden soll verdeutlicht werden, dass das Tauchen als körperliches aber auch geistiges Training die Wahrnehmung und in weiterer Folge die Raumvorstellung beeinflusst und viele Anforderungen an die Persönlichkeit der Guides stellt.

Physische und motorische Anforderungen

Ein gewisses Ausmaß an Fitness und körperlicher Gesundheit, sowie zahlreiche spezielle motorische Fertigkeiten sind unerlässlich, um den Tauchsport sicher betreiben zu können und Unglücke zu vermeiden. (Cumming, 2009). Die Fortbewegung im Wasser unterscheidet sich durch die waagerechte Körperposition deutlich von der Fortbewegung an der Oberfläche. Das Flossenschwimmen ist eine spezielle Bewegungsart, die oft erst erlernt werden muss. Außerdem rotieren TaucherInnen regelmäßig von einer waagerechten in eine senkrechte Position, um z.B. zu kommunizieren (wie die Raumlage die Wahrnehmung beeinflusst, wird noch gezeigt werden).

Um zu belegen, dass die körperliche Fitness in Zusammenhang mit Tauchzwischenfällen steht und für die Tauchsicherheit relevant ist, wurde das Projekt *fit2dive* 2008 gestartet (Steinberg, Steegmanns, Dräger, Dalecki, Röschmann & Hoffmann, 2009). Die Sporthochschule Köln in Zusammenarbeit mit *Aquamed* (Medical Helpline Worldwide GmbH) unterzieht TaucherInnen mit unterschiedlichem Ausbildungsniveau einem Unterwasser-Leistungstest und erfasst die Selbsteinschätzung bezogen auf die eigene Fitness.

In einem Zwischenbericht (Steinberg et al., 2009) schreiben die Autoren, dass eine gute Selbsteinschätzung (und Erfahrung) sichereres Tauchen begünstigt, da Tauchgänge besser dem Leistungsniveau angepasst und somit Überforderungen verhindert werden können.

Außerdem ist es vor allem für GruppenführerInnen bzw. TauchlehrerInnen wichtig, möglichst nicht an die eigenen körperlichen Grenzen zu stoßen, um im Notfall auch anderen TaucherInnen helfen zu können (z.B. ermüdete TaucherInnen abschleppen).

Zusätzlich geht eine starke körperliche Erschöpfung meist mit dem Verlust der Konzentration einher. Besonders Guides benötigen jedoch Konzentration und Aufmerksamkeit, da es zu ihren Aufgaben gehört, die Gruppe ständig zu beobachten und den Überblick zu behalten.

Durch die Zunahme an TaucherInnen in den letzten Jahren, nimmt auch die Anzahl an TaucherInnen mit gesundheitlichen Problemen zu (Piepho, Muth, Heitkamp & Tetzlaff, 2008). Da auch kleinere gesundheitliche Probleme erhebliche Folgen haben können (z.B. Astarita, Gargano & Di Martino, 2000), wird den TaucherInnen empfohlen die körperliche Eignung für den Tauchsport regelmäßig von einem qualifizierten Arzt überprüfen zu lassen (in manchen Ländern ist dies gesetzlich vorgeschrieben - z.B. Spanien).

Eine weitere motorische Anforderung ist unter anderem die Fähigkeit deutliche Handsignale zu geben. Da eine verbale Kommunikation im Wasser nahezu unmöglich ist, gibt es für TaucherInnen eine internationale Zeichensprache, die die Kommunikation Unterwasser ermöglicht. Das Geben falscher oder undeutlicher Zeichen kann zu Verwirrungen oder im schlimmsten Fall zu Unfällen führen und lebensbedrohlich enden.

Je automatisierter Bewegungsabläufe und je besser die Leistungsfähigkeiten von TaucherInnen sind, desto entspannter verhalten sie sich, desto besser können sie sich um ihre Gruppenmitglieder kümmern und desto risikoärmer kann dieser Sport ausgeübt werden. Mit zunehmender Erfahrung befinden sich TaucherInnen im Idealfall fast bewegungslos in einem beinahe schwerelosen Zustand.

Der hohe Stellenwert der Fitness und die Tatsache, dass die eigene Raumlage regelmäßig verändert wird, deuten darauf hin, dass das Tauchen als Sport klassifiziert werden kann, der die Raumvorstellung schult.

Psychische und soziale Anforderungen

Obwohl körperliche Eignung grundlegend für die Ausübung des Tauchsports ist, dürfen psychische und soziale Eignung nicht fehlen, um risikoarm tauchen zu können.

TaucherInnen und wiederum besonders Guides, müssen zum Beispiel über vielerlei kognitive Fähigkeiten verfügen, da während der Ausbildungen nicht nur praktische Fertigkeiten, sondern auch theoretisches Wissen über physikalische, medizinische und technische Inhalte gefordert werden.

Außerdem sollten Tauchgänge im Vorhinein geplant werden (Dauer, Tiefe, Luftverbrauch, etc.) und Situationen müssen oft während des Tauchgangs aufgrund von unerwarteten Ereignissen (Ausfall eines Gruppenmitgliedes, Änderung der Strömungsrichtung, etc.) neu eingeschätzt, neu bewertet und mögliche Strategien neu adaptiert werden.

Im emotionalen Bereich ist eine gewisse Emotionskontrolle (vor allem für Guides) wichtig, um zum Beispiel einer aufkommenden Angst oder Panik nicht unreflektiert nachzugeben. Instinktives Handeln, wie ein direkter, unkontrollierter Aufstieg zur Oberfläche ohne Einhaltung der maximal zulässigen Aufstiegsgeschwindigkeit, kann schwere Folgen (z.B. Verletzungen des Vestibularorgans, Lähmungserscheinungen) bis hin zum Tod, nach sich ziehen.

Besondere Aufmerksamkeit gilt auch dem Einfühlungs- und Beobachtungsvermögen von Guides. Diese sollten, um für die Sicherheit der TaucherInnen Sorge tragen zu können, auch non verbale Signale (z.B. Anzeichen von Neugier oder Nervosität) erkennen und angemessen reagieren können.

Besonders die Themen Angst und Panik sind für den Tauchsport wichtig. Deshalb gibt es vor allem zu diesen Themen zahlreiche, unterschiedliche Literaturbeiträge. Zum Beispiel beschreibt Jäger (2008) den neuronalen Regelkreis der Panik, erörtert außerdem die Relevanz dieser Kenntnisse für den Tauchsport und leitet Hypothesen zur Vermeidung von Angst und Panik ab (z.B. Information als präventiv hilfreich; Atmungs- und Entspannungstechniken zur Absenkung verschiedener Erregungen im Gehirn).

Liedtke schreibt 2006, dass meist Angst und Panik von TaucherInnen zu tödlichen Tauchunfällen durch Ertrinken führen. Dies erscheint logisch nachvollziehbar, da unter Angst oder Panikattacken oft sowohl Herz- als auch Atemfrequenz zunehmen und somit zu einem erhöhten Verbrauch des begrenzten Atemgases führen können.

Dieser Schluss sei jedoch mit Vorsicht behandelt, da dies nicht zwingend der Fall sein muss. Raglin, O'Connor, Carlson und Morgan (1996) konnten zeigen, dass Personen mit hohen Ängstlichkeitswerten unter Anstrengung langsamer atmen, als Personen die niedrigere Ängstlichkeitswerte aufzeigen.

Außerdem führt Panik zu einem Ansteigen der Gehirnaktivität. Dies wiederum führt dazu, dass die Informationsaufnahme bzw. -verarbeitung gestört ist und es zu Fehlinterpretationen und Fehlhandlungen kommt (Schiöberg-Schiegnitz, 1993), was ebenfalls als Erklärung für den Zusammenhang zwischen Angst/Panik und Tauchunfällen dient.

Liedtke (2006) gibt als Ursachen von Angst beim Tauchen unter anderem den ungewohnten und neuen Erlebnisraum (veränderte Wahrnehmung, ungewohnte Umgebungen, veränderte Bewegungen, etc.) an. Außerdem beschreibt sie, dass gefährliche, angstausslösende Situationen vermieden werden können, wenn präventive Maßnahmen ergriffen werden, wie zum Beispiel eigene Grenzen respektieren und sozialen Druck vermeiden. Außerdem weist sie darauf hin, dass die biopsychosoziale Gesamtheit der TaucherInnen betrachtet werden muss und in den Tauchtauglichkeitsuntersuchungen psychosoziale Aspekte mehr Beachtung finden sollten.

Schiöberg-Schiegnitz (1993) schreibt (ebenfalls), dass menschliches Fehlverhalten die Ursache für die meisten Tauchunfälle ist und nicht technische oder mechanische Fehlfunktionen. Positive Emotionen können dabei genauso schwerwiegende Folgen haben wie negative (z.B. können Glücksgefühle zu Sorglosigkeit führen). Sie schreibt: "The sport diver must learn to not only recognize increasing anxiety and take appropriate action but also to develop a self-control mechanism in moments of absolute well-being." (1993, S. 78). Sie gibt zum Thema Angst an, dass diese vor allem durch Dunkelheit und die Wahrnehmung der eigenen Unfähigkeit ein Problem zu lösen, verursacht wird.

Wichtig erscheinen in diesem Zusammenhang auch die wenigen Beiträge zur Untersuchung der Folgen bzw. des Einflusses von Tauchunfällen auf die menschliche Psyche (die meisten Artikel beschäftigen sich mit den physischen Folgen von Tauchunfällen).

Eine relativ neue Studie zu diesem Thema stammt von Trevett, Peck und Forbes (2010). Sie schreiben zur Relevanz derartiger Untersuchungen:

It is important to examine the psychological impact of diving accidents because victims may, in subsequent dives, experience a reduced ability to cope with the stresses of diving and start to panic, thereby increasing the hazards for themselves and others. (S. 264).

Diese Studie stellt einer Gruppe von Personen, die selbst einen Tauchunfall erlebt haben (n=52), zwei Kontrollgruppen gegenüber. Eine davon umfasst Personen, die Zeugen eines Tauchunfalls waren (n=40), die andere beinhaltet Personen, die am selben Tauchboot waren wie ein Verunfallter (n=38). Das Hauptergebnis der Studie zeigt, dass Personen, die einen Tauchunfall selber erlebt haben, häufiger und langanhaltender von psychologischen Trauma-Symptomen berichten, als Personen der Kontrollgruppen (obwohl für die Zeit vor dem Unfall keine Unterschiede zwischen den Gruppen bezogen auf psychologischen Distress angegeben wurden).

Die Bedeutung dieses Ergebnisses für die Praxis liegt (laut Autoren) darin, ein Bewusstsein dafür zu schaffen, dass eine Betreuung und Nachbesprechung nicht nur unmittelbar nach dem Unfall, sondern auch später noch erfolgen sollte (mitunter auch noch ein Jahr nach dem Unfall). Dies könnte die Sicherheit bei weiteren Tauchgängen erhöhen.

Diese Ergebnisse bestätigen eine schon im Jahre 1994 durchgeführte Studie von McQueen, Kent und Murrison. Diese zeigt auf, dass Tauchunfälle, Tauchen nach Tauchunfällen, aber auch Tauchen per se Auswirkungen auf die psychische Gesundheit haben kann.

Tauchen ist aber vor allem ein Partnersport. Eine der grundlegenden *Taucherregeln* besagt: „Tauche nie allein!“ (Kromp et al., 2005, S. 134). In der Praxis werden TaucherInnen wenn möglich paarweise angeordnet und sind sowohl vor, während als auch noch nach einem Tauchgang für sich selbst, aber auch für den/die TauchpartnerIn verantwortlich. Dadurch werden viele soziale Anforderungen an TaucherInnen gestellt, wie zum Beispiel Verantwortungsbewusstsein, Rücksichtnahme, Kooperationsfähigkeit oder Hilfsbereitschaft.

Dass umgekehrt Tauchen als Training für soziale Kompetenzen eingesetzt werden kann, versucht ein von der Universität Köln unterstütztes Programm zu zeigen (Bäumer, 2010). Das Projekt *Die Abtaucher - Schwerelos neuen Halt finden* zielt darauf ab, ein pädagogisches Tauchen zu entwickeln, welches den Ausbau von sozialen und emotionalen Kompetenzen von sozial auffälligen Kindern fördert.

Folgende Ziele werden als Schwerpunkte aufgezeigt (Bäumer, 2010):

- Steigerung des Selbstwertgefühls
- Verbesserung der Soziabilität
- Entstressung des Alltags
- Verbesserte Identifikation und Anbindung an die jeweilige Gruppe

- Verhaltenstraining
- Verbesserung der Anstrengungsbereitschaft
- Die Fähigkeit sich auf Neues einzulassen und Durchhaltevermögen
- Förderung der Selbst- und der Körperwahrnehmung
- Erleben von Ängsten, Freude und Aggressionen und deren reflexiver Umgang

Diese Anforderungsbeispiele verdeutlichen, wie viele soziale Kompetenzen möglicherweise durch diesen Sport beeinflusst werden können. Natürlich gibt es wie in vielen anderen Sportarten auch noch weitere psychologische Themengebiete, die erforschbar sind. Risikobereitschaft, Flow-Erlebnisse und Gruppendynamiken sind nur ein paar der Themen, die in Bezug auf Tauchen immer wieder Erwähnung finden. Zum Beispiel bietet nach Schiöberg (2007) das Tauchen ideale Voraussetzungen für das Erleben eines *Flow-Zustandes* (S. 53).

Die Aufzählung aller biopsychosozialen Aspekte des Tauchens würde jedoch den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Es soll hier lediglich verdeutlicht werden, dass dieser Sport Risiken und Gefahren beinhaltet (die durch entsprechende Ausbildung allerdings auf ein Minimum reduziert werden können), allerdings auch Förderungs-, Entwicklungs- und Entfaltungsmöglichkeiten für die Persönlichkeit der TaucherInnen.

4.3 Sporttauchen und der dreidimensionale Raum

Durch die Erforschung der Ozeane wurden und werden dem Menschen Sinneseindrücke zugänglich, die noch vor ein paar Jahrzehnten unvorstellbar gewesen wären. Allerdings sind diese Eindrücke beeinflusst und beschränkt durch spezielle physikalische Gegebenheiten, die unter der Wasseroberfläche herrschen. Wo die menschliche Wahrnehmung nicht an die marinen Verhältnisse angepasst ist, ermöglichen es heute eine spezielle Ausrüstung und die moderne Technik die wichtigsten Sinnesfunktionen aufrecht zu erhalten.

Im Folgenden werden die Sinnessysteme und deren Beeinträchtigungen durch das Medium Wasser behandelt (Ehm et al., 2007 und Kromp et al., 2005).

Visuelles System

Licht existiert in Form von unterschiedlich langen, elektromagnetischen Wellen. Beim Übertritt von Luft in Wasser und bei der Fortbewegung unter Wasser werden, in Abhängigkeit von Einfallswinkel und Wellenlänge, die Lichtwellen unter anderem durch folgende vier Effekte beeinflusst (vgl.: Abb.4-1):

- **Streuung:** Im Wasser werden Lichtwellen gestreut - das heißt in unterschiedliche Richtungen abgelenkt.

Durch so genannte Schwebeteilchen (Mikroorganismen, Algen, Sediment,...) wird dieser Effekt verstärkt. Demnach gilt: Je trüber das Wasser, desto mehr Lichtintensität geht verloren.

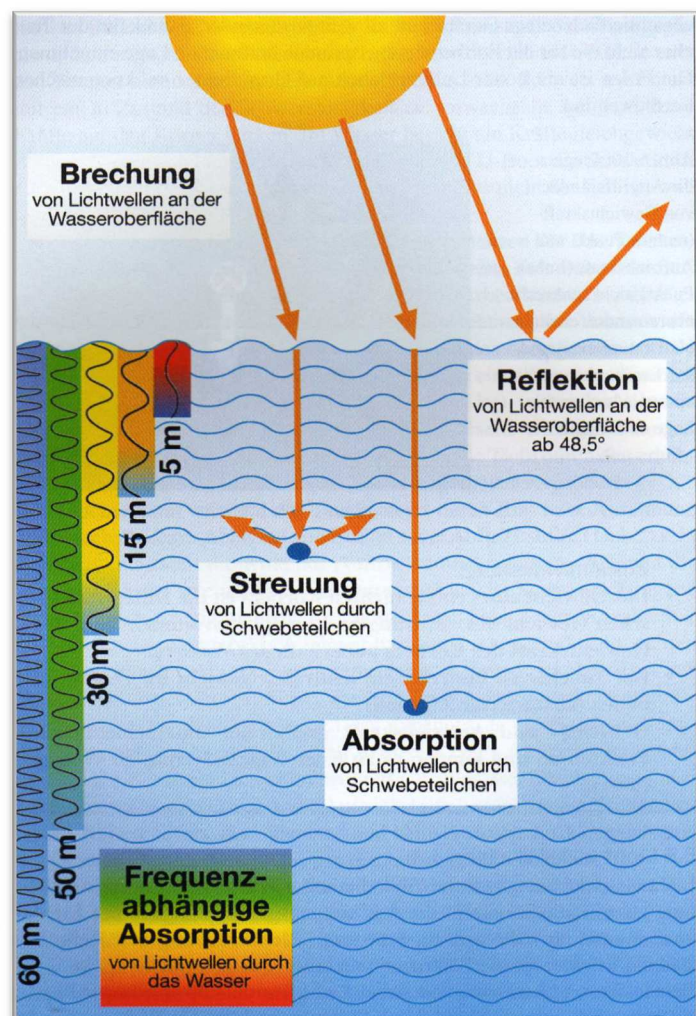


Abbildung 4-1: Lichtreflexion, -streuung und FarbabSORPTION. Aus: Ehm et al. (2007), Ort: Müller Rüschklikon.

- Absorption: Mit zunehmender Wassertiefe werden elektromagnetische Wellen *verschluckt*. Dies ist der Grund dafür, dass mit zunehmender Tauchtiefe immer mehr Farben verschwinden. Da langwelliges Licht schneller absorbiert wird als kurzwelliges Licht, ist Rot (langwellig) die erste Farbe die scheinbar verschwindet. Anstatt saftiger Rottöne nehmen TaucherInnen deshalb schon in geringen Tiefen eher bräunliche Farben wahr. Je mehr Licht absorbiert wird, desto geringer die Lichtintensität und desto dunkler die Umgebung.
- Brechung: Beim Übergang von Luft in das Medium Wasser werden die Lichtwellen gebrochen. Das heißt, der Winkel des Lichtstrahls zur Wasseroberfläche verändert sich. Vor allem bei starken Wellen hat dieser Effekt Auswirkungen auf den Schattenwurf verschiedener Objekte. Da auch der Schattenwurf von Objekten als Orientierungshilfe dienen kann, sollte dieser Sachverhalt und eine dadurch mögliche Täuschung den TaucherInnen immer bewusst sein.
- Reflexion: Ab einem gewissen Einfallswinkel (größer als $48,5^\circ$), werden Lichtwellen direkt an der Oberfläche reflektiert und treten nicht in das Medium Wasser ein. Eine geringere Lichtintensität unter Wasser ist die Folge.

Diese 4 Effekte haben für die visuelle Wahrnehmung und damit in weiterer Folge auch für die räumliche Vorstellung vielfältige Bedeutungen. Zum Beispiel ist denkbar, dass die Wahrnehmung der Farben unter Wasser als fahl und grau, die differenzierte Wahrnehmung zwischen Objekten und/oder Hintergründen, das Wiedererkennen eines Orientierungspunktes, etc. erschwert.

Außerdem muss beachtet werden, dass nicht nur das Wasser, sondern auch die Linse des menschlichen Auges die elektromagnetischen Wellen bricht. Da das Auge auf das umgebende Medium Luft eingestellt ist, sehen wir unter Wasser unscharf (stark weitsichtig). Um unter Wasser scharf sehen zu können, benötigen TaucherInnen eine Tauchermaske. Damit wird eine Luftschicht vor dem Auge hergestellt, die wieder die gewohnte Brechung an der Linse und so scharfes Sehen ermöglicht.

All diese Effekte, vor allem aber die Brechung des Lichtes durch das Maskenglas, sind dafür verantwortlich, dass TaucherInnen unter Wasser die Größe von Objekten um ca. ein Drittel überschätzen und die Entfernung von Objekten um ca. ein Viertel unterschätzen (Ehm et al.,

2007). Auf Grund dieser Verfälschung von Größe und Distanz kommt es dazu, dass TaucherInnen (vor allem AnfängerInnen) „ins Leere greifen“. Oftmals muss die eigene Position verändert werden, bevor eine andere Person oder ein Objekt tatsächlich ergriffen werden kann.

Außerdem ist es wichtig zu bedenken, dass TaucherInnen ein (durch die Tauchermaske) eingeschränktes Sichtfeld haben und daher eine Vielzahl an visuellen Informationen, vor allem im seitlichen Gesichtsfeld, nicht wahrnehmen können. Während eines Tauchgangs müssen TaucherInnen jedoch oftmals Objekten (z.B. Angelschnüre, abstehende Wrackteile, Riffe, ...) ausweichen, die schon aus dem Gesichtsfeld verschwunden sind. Das heißt, Gegenständen von denen TaucherInnen zwar wissen, dass sie präsent sind, die sie jedoch durch ihre momentane Körperlage und eingeschränkte Wahrnehmung nicht mehr sehen können. Genauso wie für Personen mit gestörter visueller Informationsleitung (Bodenburg, 2006), kann es dadurch dazu kommen, dass TaucherInnen seitlich zum Beispiel gegen Felsen oder gegen ihren/ihre TauchpartnerIn stoßen.

In der Praxis kann beobachtet werden, dass sich TaucherInnen vermehrt mit dem Kopf oder mit dem gesamten Körper drehen, um ihr Sichtfeld zu vergrößern. Ohne Maske würde hingegen oft ein bloßes Bewegen der Augen genügen, um seitlich gelegene Objekte noch wahrnehmen zu können.

Diese Beeinflussungen bzw. Einschränkungen zeigen deutlich, dass eine gute Raumvorstellung, sowie Körperwahrnehmung und -beherrschung für derartige Situationen sehr hilfreich sind. Damit erklärt sich die Bedeutung einer guten Raumvorstellung für TaucherInnen: sie hilft zum Beispiel beim Ausgleich fehlender visueller Informationen, bei der Orientierung und beim Erahnen der realen Relationen, wenn die Wahrnehmung fehlerhafte Informationen liefert.

Vestibuläres System

Wie schon weiter oben dargestellt, ist das Gleichgewichtsorgan unter anderem für die Wahrnehmung der Schwerkraft verantwortlich. Der Zustand, der von SporttaucherInnen angestrebt wird, ist jedoch der Zustand der *neutralen Tarierung*. Physikalisch ist dies ein Zustand, in dem TaucherInnen weder Auftrieb noch Abtrieb erfahren und sich demnach in einem schwerelosen Zustand befinden.

Es fehlen dadurch wichtige Hinweise für die Körperposition. Die Körperwahrnehmung wird noch zusätzlich erschwert, da auch den anderen Systemen (z.B. dem Motorischen) wichtige Hinweise fehlen (z.B. Muskelspannungen).

Es ist beim Tauchen darauf zu achten, den sich während des Tauchens verändernden Druck, in den luftgefüllten Bereichen des Körpers rechtzeitig und wiederholt auszugleichen. Geschieht dies nicht, kommt es zu Störungen in vielerlei somatischen Bereichen, unter anderem auch dem Vestibularorgan. Schwindel, Übelkeit, Erbrechen, Orientierungsverlust, etc. sind Anzeichen für eine somatische Verletzung des Gleichgewichtsorgans.

Besonders wichtig ist der Ausgleich des Druckes im Mittelohr. Herrscht nämlich - durch den mit der Tauchtiefe zunehmenden Wasserdruck - eine Druckdifferenz zwischen Mittelohr und Umgebung, so wird das Trommelfell nach Innen gedrückt. Wird über die eustachische Röhre der Unterdruck im Mittelohr nicht aktiv ausgeglichen (Methoden dazu bei Thommen, 2009), wird der Druck über die Gehörknöchelchen und schlussendlich über den Steigbügel ans Innenohr weitergegeben (vgl.: Abb.3-1, S. 21). Dies führt unter anderem zu Schmerzen und kann Folgen, wie zum Beispiel einen Trommelfellriss, nach sich ziehen.

Erfolgt kurz vor einem Trommelfellriss ein sehr ruckartiger Druckausgleich, kann der auf diese Weise entstehende Druck ebenfalls über die Steigbügel ans Innenohr weiter gegeben werden und führt zu Schwingungen der Lymphflüssigkeiten in den Bogengängen. Daraufhin werden Signale an das Gehirn geleitet, die widersprüchlich zu anderen Signalen aus der Umgebung sind. Dadurch entsteht Schwindel, Orientierungsverlust, etc.

Führt eine Verletzung des Vestibularorgans zum Orientierungsverlust, sollten Guides dennoch in der Lage sein den Tauchgang sicher zu beenden (wenn auch möglicherweise nicht am geplanten Ausstieg). Deshalb werden sie im Laufe der Ausbildung geschult, sogenannte *natürliche Orientierungshilfen* einzusetzen. Im Falle des Orientierungsverlustes wären diese Orientierungshilfen zum Beispiel Luftblasen, die an die Oberfläche steigen, Sonnenstrahlen, Sandriffelungen, die meist parallel zum Strand verlaufen und ähnliche Dinge, die auf einen Auftauchplatz hindeuten (Scheyer, 2006). Durch diese bewusste Hinlenkung auf Orientierungspunkte wird möglicherweise ebenso die Raumvorstellung geschult.

Auch die Schulung in Kompassnavigation ist Pflicht für jeden Guide. Auch diese gelernten Fertigkeiten sind im Falle eines Orientierungsverlustes sehr nützlich und trainieren möglicherweise die Raumvorstellung.

Auditives System, Olfaktorisches System, Taktils System

Schallwellen breiten sich unter Wasser (aufgrund der höheren Dichte des Wassers im Vergleich zu Luft) rund viermal so schnell aus wie über der Wasseroberfläche. Dies hat zur Folge, dass ein Richtungshören beim Tauchen nur sehr selten möglich ist. Die Geschwindigkeit des Schalles ist so schnell, dass kein Unterschied zwischen dem Auftreffen der akustischen Information am linken Ohr und dem Auftreffen am rechten Ohr wahrgenommen werden kann. Die Wahrnehmung von Laufzeit- und Lautstärkenunterschieden, gilt jedoch als hauptverantwortlich für ein Richtungshören (Ehm et al., 2007, S. 187).

Ebenso wenig können unter Wasser Distanzen aufgrund von akustischen Signalen exakt eingeschätzt werden. Durch die sehr schnelle Schallübertragung können weit entfernte Boote, die noch nicht im Blickfeld sind, bereits akustisch wahrgenommen werden.

Die olfaktorische Wahrnehmung ist zwar unter Wasser möglich, allerdings wenig hilfreich, um sich räumlich zu orientieren.

Das taktile System ist durch das Tragen eines Tauchanzuges sehr stark eingeschränkt. Wichtig für TaucherInnen, um physiologische Schäden (z.B. Unterkühlung) zu vermeiden, ist zwar ein Temperaturempfinden, allerdings ist dieses für die Orientierung meist von geringer Bedeutung. Es kann zwar (z.B. in Seen) anhand der Sprungschichten und des dadurch schnell kälter werdenden Wassers die Tiefe eingeschätzt werden, allerdings benutzen TaucherInnen dafür üblicherweise technische Hilfsmittel, die (meist) exakter sind als die eigenen Körperempfindungen.

Das taktile System hat jedoch möglicherweise Bedeutung für das emotionale Empfinden unter Wasser. Denn es wird der erhöhte Druck wahrgenommen, die erhöhte Dichte von Wasser, aber auch das Gefühl von Wasser umschlossen zu sein (Straughan, 2012).

Kinästhetisches System, Motorisches System

TaucherInnen sind bestrebt einen schwerelosen Zustand einzunehmen, aufrecht zu erhalten und sich dabei waagrecht fort zu bewegen. In einer horizontalen Position werden jedoch andere Muskelgruppen verwendet, die Dehnung der Sehnen ist anders und auch die Körperspannung ist im Vergleich zur Fortbewegung bei aufrechter Körperhaltung verändert. Cheung, Hofer, Brooks und Gibbs (2000) weisen darauf hin, dass wenn keine Schwerkraft den Körper nach unten zieht, auch keine Muskeln angespannt sein müssen, um dieser entgegen zu wirken.

Viele Hinweise, die für die Wahrnehmung der Körperlage, der Bewegung, etc. wesentliche Bedeutung haben, sind demnach verändert, reduziert oder fehlen komplett. Es zeigt sich daher im Wasser sehr schnell, welche Personen eine bessere Körperwahrnehmung haben als andere, bzw. welche Personen fehlende Informationen schneller durch Informationen aus anderen Systemen kompensieren können.

Zusammengefasst bedeutet dies, dass unsere sensorischen Systeme unter terrestrischen Bedingungen effektiver funktionieren als unter marinen. Sie werden durch das Tauchen stark beeinflusst und verlieren einige ihrer Funktionen, bzw. erhalten wichtige Informationen nicht. Wahrgenommen (wenn zum Teil auch unbewusst) werden vor allem die Richtung der Schwerkraft, die Flüssigkeitsbewegungen in den Bogengängen und der Horizont. Bis zu zwei dieser Hinweise können ausfallen und TaucherInnen könnten sich noch immer orientieren (Scheyer, 2006).

Dies wäre der Fall, wenn zum Beispiel eine ideale, neutrale Trierung und eine sehr schlechte Sicht aufgrund einer starken Gewässertrübung gegeben wären. In diesem Fall blieben nur noch die Flüssigkeitsverschiebungen in den Bogengängen, um sich räumlich im Wasser zu orientieren. Obwohl durch die Beeinträchtigung des visuellen Systems wichtige Informationen nicht mehr zur Verfügung stünden, würden die Bewegungen der Endolympe es noch ermöglichen, Bewegungen und unsere Körperlage wahrzunehmen.

Würden diese Hinweise auch noch fehlen (z.B. durch unzureichenden Druckausgleich über das Mittelohr), wären Schwindel, völlige Orientierungslosigkeit und eventuell auch Erbrechen, Hörverlust und aufkommende Panik mögliche Auswirkungen (Scheyer, 2006).

Da erfahrene TaucherInnen bzw. Guides sich meist problemlos unter Wasser zurechtfinden, liegt der Schluss nahe, dass die Raumwahrnehmung durch zunehmende Taucherfahrung an die ungewohnten Bedingungen unter Wasser angepasst wird. Bestätigt wird dies zum Beispiel durch Ehm (2007, S. 184), der schreibt, dass die Anpassungsfähigkeit von Menschen an die veränderten Umgebungsbedingungen unter Wasser sehr hoch ist.

Es kann vermutet werden, dass TaucherInnen unter Zuhilfenahme früherer Erfahrungen und Raumvorstellungen ihre Wahrnehmung trainieren und verbessern. Gewisse Schemata könnten adaptiert werden, Wahrnehmungsverzerrungen durch Übung ausgeglichen und letztlich auch die Raumwahrnehmung differenzierter werden. In weiterer Folge könnte das Tauchen demnach

auch Auswirkungen auf die Raumvorstellung haben. Besonders aufgrund der folgenden Umstände liegt dieser Schluss nahe:

1. Aufgrund eines stark eingeschränkten Gesichtsfeldes verschwinden Objekte schnell(er) aus dem Blickfeld und können nur mehr vorgestellt, jedoch nicht mehr gesehen werden.
2. Dadurch, dass sich TaucherInnen auf allen drei Raumachsen bewegen und, dass im Zuge der Ausbildung zum Guide, der Fokus aktiv auf den dreidimensionalen Raum gelenkt wird (Navigationsunterricht), werden vermehrt Raumvorstellungen benötigt. Zum Beispiel ist es möglich beim Tauchen Objekte aus mehr Perspektiven als an der Oberfläche zu betrachten. Dadurch wird zum einen das Wiedererkennen erschwert, zum anderen können dadurch viele Informationen aufgenommen und die Raumvorstellung dadurch verbessert werden.
3. Aufgrund der veränderten Distanz- und Größenwahrnehmung unter der Wasseroberfläche müssen manche Sinneseindrücke fehlerkorrigiert werden, um eine zielsichere Bewegung zu ermöglichen. Da die wahrgenommenen Distanzen oftmals bewusst fehlerkorrigiert werden, also in der Vorstellung die Distanz verlängert wird, erscheint es nachvollziehbar, dass auch dies eine Auswirkung auf die Raumvorstellung haben könnte.

Es muss jedoch auch beachtet werden, dass durch das Tauchen die Sinnessysteme verletzt und/oder dauerhaft beschädigt werden können. Zum Beispiel kann ein Abtauchen trotz erfolglosem Druckausgleich das Hörorgan durch zu große Druckveränderungen schwer schädigen. Ein zu langer und/oder zu tiefer Tauchgang, bzw. ein zu schneller Aufstieg können zu neurologischen Störungen, Atembeschwerden, Verletzungen des Vestibularorgans etc. führen (Ehm et al., 2007; Shupak, Gil, Nachum, Miller, Gordon & Tal, 2003). Derartige kurz- oder langfristige Verletzungen haben negative Auswirkungen auf die Raumwahrnehmung und damit möglicherweise auch auf die Raumvorstellung. Sie könnten demnach einem Trainingseffekt entgegen wirken.

4.4 Sporttauchen und Persönlichkeit

Wie schon in Kapitel 4.2 dargestellt, gibt es Hinweise darauf, dass Tauchen einige soziale Kompetenzen fördert. Außerdem stellt der Tauchsport vielfältige Anforderungen an die Guides einer Gruppe. Im Folgenden werden weiter Gründe dargestellt, warum die genauere Betrachtung der Persönlichkeiten von TaucherInnen wissenschaftlich informativ und interessant ist.

Ein wichtiger Grund dafür, dass Unterschiede zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen denkbar sind, liegt darin, dass TaucherInnen eine spezielle Gruppe an SportlerInnen darstellen. Diese Gruppe definiert sich nicht nur durch eigene Ausrüstung und Technik, sondern auch über eine eigene Zeichensprache, eigene Philosophien und Normen, eigene Traditionen, eigene Symbole, etc.

Wie in jeder Gruppe, können verschiedenartige Gruppendynamiken entstehen (z.B. Entlassung aus der Eigenverantwortung, Gruppendruck, Gruppenschub, etc.), die sowohl Motivationspotenzial, als auch Konfliktpotential beinhalten. Bedürfnisse, z.B. nach sozialer Anerkennung oder Entfaltungsmöglichkeiten können durch die hierarchische Struktur innerhalb der Gruppe (Hierarchie nach Ausbildungslevel) befriedigt werden (Ehm et al., 2007).

Ein Gruppenzugehörigkeitsgefühl wird unter anderem auch dadurch verstärkt, dass im Regelfall den TaucherInnen sowohl unter als auch über der Wasseroberfläche gegenseitige Hilfe und Gemeinschaft vermittelt wird.

Außerdem werden im Zuge einer Guide- oder TauchlehrerInnenausbildung zahlreiche Persönlichkeitseigenschaften wie Urteilsvermögen, Teamfähigkeit, Verantwortungsbewusstsein etc. hervorgehoben (z.B. Padi Europe, 2005) und somit zur Selbstreflexion angeregt. Aufgrund dieser speziellen Schulung (natürlich auch unter einem wirtschaftlichen Aspekt) kann vermutet werden, dass sich Guides und TauchlehrerInnen in ihrem Einfühlungsvermögen und ihrem sozialen Verhalten von Nicht-TaucherInnen unterscheiden könnten. Natürlich muss beachtet werden, dass auch andere Berufe und Hobbies diese Fähigkeiten fördern. Einflussfaktoren wie z.B. Beruf müssen bei einem Vergleich erfasst werden.

Unterstützt werden diese Annahmen durch einen Artikel aus dem Jahr 1984 (Biersner, McHugh & Rahe). Obwohl sich dieser Artikel mit Sättigungstauchen befasst (wird dem Bereich des

technischen Tauchens zugeordnet) und nicht mit dem hier betrachteten Sporttauchen, liefert er Hinweise darauf, dass sich TaucherInnen von Nicht-TaucherInnen in verschiedenen Persönlichkeitsmerkmalen unterscheiden. Zum Beispiel weisen SättigungstaucherInnen in dieser Studie geringere Ängstlichkeitswerte, höhere Unabhängigkeitswerte und höhere Risikobereitschaftswerte auf als Nicht-TaucherInnen (zu bedenken ist allerdings, dass die Werte mittels Selbstbeurteilungen erfasst wurden).

Ein neuerer Artikel aus dem Jahre 2002 (Anegg, Dietmaier, Maier, Tomaselli, Gabor, Kallus & Smolle-Jüttner) zeigt, dass TaucherInnen, die unerwarteten Stresssituationen ausgesetzt werden, somatische und psychische Reaktionen zeigen. Das Prolactinlevel erweist sich dabei als ein sehr guter Marker für Tauchstress. Es erhöht sich generell durch das Tauchen, steigt aber in Stresssituationen deutlich an. Allerdings verändert sich das Prolactinlevel am deutlichsten für jene TaucherInnen, die angeben, wenig ängstlich zu sein. Personen die angeben, eher ängstlich zu sein, zeigen auch einen Prolactinanstieg, jedoch in geringerem Ausmaß.

Dies zeigt, dass nicht nur die Umgebungsbedingungen, sondern das Tauchen per se Auswirkungen auf unseren Körper hat. Außerdem kann dieser Einfluss durch psychische Faktoren (z.B. Stress) verstärkt werden. Wie schon weiter oben erwähnt, beeinflussen körperliche Faktoren (z.B. Kondition) wiederum die Ausführung des Tauchsports und können ebenfalls psychische Auswirkungen haben (z.B. Frustration).

Es wäre denkbar, dass das Ausüben des Sporttauchens Auswirkungen auf die Persönlichkeit bzw. das soziale Verhalten einer Person hat. Persönlichkeitsmerkmale wie zum Beispiel Emotionskontrolle, Einfühlungsvermögen etc. könnten stark ausgeprägt sein. Natürlich könnten auch umgekehrt Personen, die gewisse Persönlichkeitsmerkmale besitzen, den Tauchsport als besonders attraktive Sportart empfinden und ihn deshalb ausüben. Demnach würde weniger das Tauchen die Persönlichkeit, als vielmehr spezielle Persönlichkeitseigenschaften die Wahl der Sportart beeinflussen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass anhand der Literatur zwar die verschiedenartigen Anforderungen an SporttaucherInnen verdeutlicht werden können, welche Auswirkungen diese schlussendlich auf die Persönlichkeit der TaucherInnen haben, konnte bisher nicht geklärt werden.

5 Forschungsfragen

Die beste Weise, Fische zu beobachten, besteht darin, selber zum Fisch zu werden.
Jacques-Yves Cousteau

In den vorausgehenden Kapiteln wurden viele Hinweise für verschiedenartige Verknüpfungen zwischen Raumwahrnehmung, Raumvorstellung bzw. Persönlichkeit und dem Sporttauchen dargestellt. Es lässt sich daraus eine Vielzahl an Forschungsfragen ableiten, die im Folgenden aufgezählt und untersucht werden.

Ausführlich wurde dargestellt, wie die veränderten Bedingungen unter der Wasseroberfläche die räumliche Wahrnehmung beeinflussen. Da die Raumwahrnehmung als grundlegend für die Raumvorstellung betrachtet wird, erschließt sich daraus die Frage, ob dieser Einfluss einen Effekt auf die Leistungen im Bereich der räumlichen Vorstellung von TaucherInnen mit einem gewissen Mindestmaß an Erfahrung (nur TaucherInnen mit mindestens Guideausbildung werden in die Untersuchung aufgenommen) hat. Demnach würde im Sinne einer Transferleistung ein Lernvorgang im Bereich der Raumwahrnehmung einen Lernvorgang im Bereich der Raumvorstellung begünstigen.

Die in dieser Arbeit zu untersuchende Hauptforschungsfrage lautet demnach:

Gibt es einen signifikanten Unterschied im Bereich des räumlichen Vorstellungsvermögens zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen?

Im Folgenden werden einige weitere (Neben-) Fragestellungen aufgezählt, die ebenfalls untersucht werden:

Die Ungleichheit der Geschlechter bezogen auf die räumlichen Fähigkeiten (vor allem in Bezug auf die Fähigkeit zur mentalen Rotation) wird in der Literatur häufig erwähnt. Besonders interessant erscheint in diesem Zusammenhang die Studie von Parson et al. (2004), der die oft beschriebenen Unterschiede zu Gunsten der Männer im virtuellen Raum nicht reproduzieren konnte. Da das Tauchen eine Bewegung im dreidimensionalen Raum erfordert, erscheint die Frage, ob sich im erhobenen Datensatz Geschlechtsunterschiede in der Raumvorstellung feststellen lassen, sehr interessant:

Können Geschlechtsunterschiede bezogen auf die Raumvorstellungsfähigkeiten festgestellt werden?

Es wird ebenfalls berichtet, dass Frauen bzw. Männer unterschiedlich von Raumvorstellungstrainings profitieren. Németh (2007) schreibt, dass Männer mehr von Darstellender Geometrie profitieren als Frauen, wobei die Geschlechtsunterschiede sowohl vor als auch nach einem Training in DG signifikant sind. Gittler und Glück (1998) berichten im Gegensatz dazu, dass in ihrer Untersuchung die Gruppe der Frauen einen deutlich größeren Effekt durch den Unterricht in DG aufzeigt als die Gruppe der Männer.

Obwohl gegensätzliche Ergebnisse, liefern beide Artikel Hinweise darauf, dass es innerhalb der Geschlechtergruppen Unterschiede zwischen Personen, die ein Training für den Bereich Raumvorstellung erhalten und Personen, die keines erhalten, geben könnte. Deshalb wird folgende Frage ebenfalls überprüft:

Lassen sich innerhalb der Geschlechtergruppen signifikante Unterschiede in der Raumvorstellungsleistung zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen finden?

Die Anzahl an Tauchgängen könnte ebenfalls für die Leistungen im Bereich der Raumvorstellung entscheidend sein. Vermutlich steigt mit der Anzahl an Tauchgängen, also durch Übung und Erfahrung, die Fähigkeit sich im dreidimensionalen Raum zu orientieren.

Es kann ebenso vermutet werden, dass die Anzahl an Tauchgängen mit dem Alter stark korreliert (eine derartige Korrelation haben z.B. McQueen et al., 1994 gefunden). Interessant wäre eine derartige Korrelation für Folgeuntersuchungen. Je mehr Wissen wir über eine Variable und ihre Zusammenhänge erhalten, desto besser können wir sie in einer weiteren Untersuchung nutzen. Es ergeben sich folgende zwei Fragen:

Gibt es einen Zusammenhang zwischen den räumlichen Fähigkeiten der TaucherInnen und der Anzahl an bereits absolvierten Tauchgängen?

Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Anzahl an Tauchgängen und dem Alter?

Es interessiert ebenfalls die Frage, ob sich TaucherInnen mit mehr Tauchgängen, von TaucherInnen mit weniger Tauchgängen signifikant unterscheiden. Da es keine Voruntersuchungen gibt, um einen Trennungswert empirisch zu begründen, wird nach der

Datenerhebung der Median der Gruppe ermittelt (das heißt jener Wert, der in der Mitte der erhobenen Werte liegt und damit die TaucherInnen in zwei gleich große Gruppen teilt). Daraus ergibt sich folgende Fragestellung:

Besteht ein Unterschied bezogen auf die räumlichen Fähigkeiten zwischen TaucherInnen, die viele und denjenigen, die wenige Tauchgänge absolviert haben?

Im Theorie Teil wurde dargestellt, dass Personen, die in DG unterrichtet wurden, bessere Ergebnisse in Raumvorstellungstests erzielen, als Personen, die an keinem DG Unterricht teilgenommen haben (z.B. Gittler, 1994). Ob dieser Unterschied auch in der vorliegenden Arbeit repliziert werden kann, wird mit Hilfe folgender Fragestellung geklärt (unabhängig davon, ob es sich um TaucherInnen handelt oder nicht):

Besteht ein Unterschied in den räumlichen Fähigkeiten zwischen Personen, die Unterricht in DG hatten und jenen, die keinen Unterricht darin hatten?

Da die Grundannahme dieser Untersuchung lautet, dass das Tauchen einen Einfluss auf die Raumvorstellungsfähigkeit ausübt und in der Literatur berichtet wird, dass ein Unterricht in DG die Raumvorstellung begünstigt, könnte es auch zu Interaktionseffekten zwischen diesen beiden Faktoren kommen. Deshalb werden auch mögliche Wechselwirkungen dieser beiden Variablen untersucht:

Werden die Leistungen der Raumvorstellung beeinflusst davon, ob es sich um TaucherInnen oder Nicht-TaucherInnen handelt und/oder davon, ob diese Unterricht in DG hatten oder nicht?

Interessant erscheint auch, ob die Bearbeitungsdauer des Testverfahrens mit dem Ergebnis zusammenhängt. Möglicherweise benötigen Personen mit geringen Fähigkeiten mehr Zeit, um die Items zu lösen. Es könnte allerdings auch vorkommen, dass Personen, die langsamer arbeiten mehr Aufgaben richtig lösen, da sie z.B. genauer arbeiten. Deshalb wird ebenfalls folgende Frage untersucht:

Gibt es einen Zusammenhang zwischen der benötigten Zeit zur Bearbeitung des Tests und dem Testergebnis?

Untersucht wird ebenfalls der Einfluss des Ausbildungslevels der TaucherInnen auf die räumlichen Fähigkeiten. Diese Frage erscheint interessant, da ein höheres Ausbildungslevel meist auch mehr Erfahrung bedeutet - allerdings nicht zwingend. Eine gerichtete Fragestellung kann deshalb nicht formuliert werden. Im Folgenden wird der Ausdruck Zertifizierungslevel anstatt Ausbildungslevel verwendet, um Verwirrungen mit Berufsausbildungen zu vermeiden. Die Frage lautet daher:

Gibt es Unterschiede in der Raumvorstellung zwischen TaucherInnen mit unterschiedlichem Zertifizierungslevel?

Aus der Literatur lassen sich auch Fragestellungen zur Persönlichkeit der TaucherInnen ableiten: Grundlegend ist natürlich die Frage, ob sich die Persönlichkeiten von TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen in verschiedenen Bereichen unterscheiden.

Besonders die Bereiche Ängstlichkeit und Kontaktfreudigkeit werden in der Literatur in Bezug auf das Tauchen häufig erwähnt. Zu diesen Bereichen zählen zum Beispiel das Vorhandensein von Selbstsicherheit und Geselligkeit. Dies sind Eigenschaften, die notwendig sind, um die Verantwortung der Gruppenführung übernehmen zu können. Ein Guide sollte zum Beispiel genügend Selbstvertrauen/Selbstsicherheit besitzen, um in den verschiedensten Situationen selbstständig Entscheidungen treffen zu können. Außerdem könnte ein hohes Angstpotential zu übertriebener Vorsicht und Fehltritten und dadurch zu Unfällen (z.B. durch unnötige Notaufstiege) führen. Die Sicherheit der TaucherInnen wäre dabei nur unzureichend gesichert. Demgegenüber steht die Geselligkeit, die zwar nicht zwingend eine Voraussetzung für die Sicherheit der TaucherInnen ist, jedoch eine Anforderung in der Profiausbildung. In den gängigen Lehrbüchern zur Guide- bzw. TauchlehrerInnenausbildung wird immer wieder auf den hohen Stellenwert von Kontaktfreudigkeit und Mitmenschlichkeit hingewiesen (z.B. Padi Europe, 2005). Personen die sich ihren TaucherInnen gegenüber gleichgültig verhalten, erfüllen die Guideanforderungen der Ausbildungsorganisationen nicht.

Deshalb wird vermutet, dass TaucherInnen weniger ängstlich, dafür aber kontaktfreudiger sind als Nicht-TaucherInnen. Um dies zu Überprüfen wird folgende Frage formuliert:

Unterscheiden sich TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen in Bezug auf Ängstlichkeit und Kontaktfreudigkeit?

In einigen anderen Bereichen der Persönlichkeit können ebenfalls Unterschiede vermutet werden. Deshalb ergibt sich folgende Fragestellung:

Können in anderen Bereichen der Persönlichkeit Unterschiede zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen festgestellt werden?

Die Raumvorstellungsleistungen könnten mit verschiedenen Persönlichkeitsmerkmalen zusammenhängen. Es ist denkbar, dass Merkmale wie Zuversicht, Unsicherheit, Unbeherrschtheit, Überforderung etc. Auswirkungen auf die Testergebnisse haben. Deshalb wird folgende Frage untersucht:

Gibt es Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Persönlichkeitsbereichen einer Person und deren Raumvorstellungsfähigkeiten?

Teil 2: Empirischer Teil

6 Methoden

Education is the most powerful weapon to change the world.
Nelson Mandela

6.1 Das Untersuchungsdesign

Da (natürlich) nicht bestimmt werden kann, welche Personen TaucherInnen sind und welche nicht, ist eine randomisierte Gruppenzuteilung der Versuchspersonen nicht möglich. Es handelt sich demnach um ein quasiexperimentelles Versuchsdesign mit zwei Gruppen.

Dieses Design hat zur Folge, dass die Kausalität von eventuell gefundenen Unterschieden nicht eindeutig geklärt werden kann. Das heißt, es kann untersucht werden, ob sich TaucherInnen von Nicht-TaucherInnen unterscheiden, welche genauen Ursachen dafür verantwortlich sind, ist jedoch nicht eindeutig zu beantworten. Die Problematik liegt darin, dass nicht nur das Tauchen Auswirkungen auf die Raumvorstellung (abhängige Variable) haben könnte, sondern auch andere Störfaktoren diese möglicherweise beeinflussen (z.B. generelle Gruppenunterschiede).

Um derartige Störfaktoren besser kontrollieren zu können und die interne Validität der Untersuchung zu erhöhen, werden so genannte *Matched Sampels* erzeugt. Dafür werden die Personen der beiden Gruppen in Bezug auf ausgewählte Störvariablen paarweise angeordnet. Der Unterschied zur Parallelisierung liegt darin, dass in parallelisierten Gruppen die Verteilungen der Störvariablen annähernd gleich sind (das heißt, Mittelwert und Streuung sind annähernd gleich). Die Personen sind sich jedoch nicht eindeutig paarweise zuzuordnen (Bortz & Döring, 2005, S. 527-528).

Obwohl es sich nicht um ein Experiment handelt, werden zur Vereinfachung die TaucherInnen als Versuchsgruppe und die Nicht-TaucherInnen als Kontrollgruppe bezeichnet. Die Untersuchung wird als Querschnittsuntersuchung durchgeführt.

6.2 Die Stichprobe

Wie schon in Kapitel 6.1 erwähnt besteht die Stichprobe aus zwei Gruppen:

- Versuchsgruppe (im Folgenden mit VG abgekürzt): Professionelle TaucherInnen
- Kontrollgruppe (im Folgenden mit KG abgekürzt): Nicht-TaucherInnen

Die Gruppe der TaucherInnen wird zuerst erhoben, da für diese Gruppe spezifische Alters- und Geschlechtsverteilungen schon vor Beginn der Datenerhebung vermutet werden. Durch die hohen körperlichen Ansprüche des Tauchens, sowie die Verantwortung, die ein Guide für seine TaucherInnen übernehmen muss, wird vermutet, dass der Großteil der TaucherInnen dieser Untersuchung zwischen 20 und 50 Jahren alt ist. Darüber hinaus wird vermutet, dass der Männeranteil der Stichprobe höher ist als der Frauenanteil (Haizmann, 2010).

Außerdem wird befürchtet, dass unterschiedliche Berufsgruppen und früherer Unterricht in DG Störfaktoren sein könnten. Aus diesen Gründen wird die Kontrollgruppe an die Versuchsgruppe wie folgt angepasst: jeder Person aus der VG wird eine Person aus der KG eindeutig zugeordnet, die in folgenden vier Variablen die gleichen Werte besitzt:

- *Geschlecht*
- *Altersgruppe*
- *Ausbildungsstufe*
- *Darstellende Geometrie*

Durch dieses Vorgehen entsteht eine gepaarte Stichprobe, bei der jeweils eine Person aus der Versuchsgruppe und eine Person aus der Kontrollgruppe ein Paar bilden (Matched Samples). Dadurch werden die Ergebnisinterpretationsalternativen verringert und die Interpretierbarkeit möglicher Unterschiede verbessert.

Das Ziel dieser Untersuchung ist es, professionelle TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen zu vergleichen. Aus diesem Grund werden vor der Datenerhebung Kriterien definiert, die eine eindeutige Gruppenzuteilung oder den Ausschluss aus der Untersuchung bestimmen.

Versuchsgruppe TaucherInnen

Um die gewünschte Gruppe an TaucherInnen zu erhalten, muss sichergestellt werden, dass nur TaucherInnen an der Untersuchung teilnehmen, die ein gewisses Mindestmaß an Erfahrung im Führen von Tauchgängen besitzen.

Deshalb werden folgende Ausschlusskriterien festgelegt:

- Keine Tauchsportausbildung nach CMAS, PADI oder SSI
- Zertifizierungslevel unter: PADI Divemaster, CMAS *** oder SSI Guide
- Anzahl absolvierte Tauchgänge kleiner als 80
- Jünger als 18 Jahre
- Tauchgang am Testtag
- Kein Tauchgang im letzten Halbjahr

Zu der Gruppe der TaucherInnen gehören demnach all jene Personen, die eine international gültige Tauchsportausbildung nach den Standards einer der drei großen Tauchsportorganisationen (CMAS, PADI, SSI) abgeschlossen und schon ein bestimmtes (Mindest-) Zertifizierungslevel erreicht haben. Alle TaucherInnen der VG haben demnach mindestens eine vergleichbare Guideausbildung absolviert.

Die Marke von mindestens 80 Tauchgängen wird gewählt, weil in den Standards der Organisationen jeweils eine unterschiedliche Mindestanzahl an Tauchgängen als Voraussetzung für das gewünschten Zertifizierungslevel angegeben ist (z.B. in den Standards von PADI wird ein Minimum von 60 Tauchgängen als Voraussetzung für den Divemaster verlangt; Padi Europe, 2006). Die Zahl 80 liegt über dem gefundenen Minimum, um eine gewisse Erfahrung einzukalkulieren (die anderen Organisationen verlangen standardmäßig mehr Tauchgänge). Dieser Wert stellt eine Untergrenze dar - eine Obergrenze wird nicht vorgegeben.

Die Altersbegrenzung leitet sich ebenfalls von den Standards der Verbände ab, die ein Mindestalter von 18 Jahren für die, für diese Untersuchung relevanten, Zertifizierungslevel vorsehen (z.B. Padi Europe, 2006).

Um Kurzzeiteffekte zu vermeiden, werden die ProbandInnen gebeten, am Testtag nicht zu tauchen. Da die Testpersonen jedoch noch aktiv am Tauchsport teilnehmen sollen (um einen

eventuellen Trainingseffekt überhaupt feststellen zu können), werden all jene Personen ausgeschlossen, die innerhalb des letzten Halbjahres keine Tauchgänge absolviert haben.

Kontrollgruppe Nicht-TaucherInnen

Die Gruppe der Nicht-TaucherInnen umfasst jene UntersuchungsteilnehmerInnen, die bis zum Testzeitpunkt keinerlei Erfahrungen im Sporttauchen gemacht haben.

Da die Auswahl der UntersuchungsteilnehmerInnen von der Verteilung der Merkmale Geschlecht, Alter, Ausbildungsstufe und DG in der TaucherInnengruppe abhängt, können nicht alle Personen der (Teil-)Population Nicht-TaucherInnen in die Gruppe aufgenommen werden. Um diese Gruppe dennoch möglichst effizient erheben zu können, werden nach Möglichkeit die betreffenden Merkmale schon vorab geklärt. Da dies aufgrund der Anonymität nicht immer möglich ist, werden unpassende Datensätze gegebenenfalls im Nachhinein ausgeschlossen.

Die Ausschlusskriterien für diese Gruppe leiten sich aus denen der Versuchsgruppe ab:

- Taucherfahrung
- Jünger als 18 Jahre
- Keine Entsprechung der Variablen Geschlecht, Altersgruppe, Ausbildungsstufe und DG in der Versuchsgruppe

6.3 Das Untersuchungsmaterial

Um die Fragestellungen dieser Untersuchung beantworten zu können, werden in dieser Arbeit der Endlosschleifentest (Gittler & Arendasy, 2003), das Freiburger Persönlichkeitsinventar (Fahrenberg, Hampel & Selg, 2001) und ein Zusatzfragebogen verwendet. Alle Verfahren können sowohl als Einzel- als auch als Gruppentestung vorgegeben werden.

6.3.1 Der Endlosschleifentest (EST)

Der EST ist ein von Gittler und Arendasy (2003), nach den Grundsätzen der Item-Response-Theorie (IRT; probabilistische Testtheorie; siehe z.B. Rost, 2004), entwickeltes Testverfahren zur Messung der räumlichen Vorstellungsfähigkeit. Die ProbandInnen sollen dabei eine Figur, die aus zwei unterschiedlichen Perspektiven dargestellt ist, mental rotieren. Es ist anzugeben, in welche Richtung und um wie viel Grad (90° oder 180°) die Figur gedreht werden muss, damit Start- und Zielansicht deckungsgleich werden.

Der EST besteht aus einem Datenblatt, der Aufgabenstellung, fünf Beispielitems, einem *Warming-Up-Item* und aus (meist) 21 Testitems, die aus einem Pool an Testaufgaben ausgewählt werden können. Er kann als Computerversion oder, wie in dieser Studie, als Paper-Pencil-Version vorgegeben werden.

Das Warming-Up-Item soll den Einstieg in die Testphase erleichtern, in dem es an die Aufgabe gewöhnt, das Instruktionsverständnis erhöht und das Gehirn aktiviert (Kubinger, 2006, S. 362). Es wird in den späteren Berechnungen nicht berücksichtigt.

Die 21 Testitems für diese Untersuchung werden mit unterschiedlichen Itemkennwerten (unterschiedlichen Schwierigkeiten) aus dem Itempool ausgewählt. Sie werden nicht nach Schwierigkeit gereiht, um motivationale Beeinträchtigungen (z.B. Frustration) zu vermeiden (Kubinger, 2006). Vielmehr wird darauf geachtet, dass die gewählten Testaufgaben eine große Itemparameter-Varianz aufweisen (das heißt, das Verfahren besitzt ein breites Spektrum an Itemschwierigkeiten). Dies ist wichtig, um die Raumvorstellungsfähigkeit gut differenzieren zu können und Boden- oder Deckeneffekte zu vermeiden (das heißt, zu vermeiden, dass viele Personen gar keine bzw. alle Aufgaben lösen). Itemauswahl und Itemreihenfolge sind in Anhang A aufgelistet.

Das Datenblatt des EST (vgl.: Abb.6-1) fordert gleich zu Beginn der Testung zur Erstellung eines Probandencodes auf. Dieser ermöglicht es, den Testpersonen (nach Auswertung der Daten) ihre Testresultate anonym (per Liste) mitzuteilen. Dies wird als Anreiz für die Teilnahme an der Untersuchung gesehen und soll bei der TeilnehmerInnen-Suche helfen. Zusätzlich ermöglicht der Code die eindeutige und anonyme Zuordnung der verschiedenen Testverfahren (der Probandencode wird dazu auf die Antwortblätter der anderen Testverfahren übertragen).

Abgesehen von der Erstellung des Probandencodes, dient das Datenblatt dazu, wichtige (soziodemografische) Daten, die für diese Untersuchung relevant und zur Bildung der Matched Sampels notwendig sind, zu erfassen.

Endlosschleifentest

Persönlicher Code:

[] letzte Buchstabe eigener Vorname	[] zweite Buchstabe Geburtsjahr	[] 1. und letzte Buchstabe d. Vornamens d. Mutter	[] 2. Buchstabe des Vornamens d. Vaters
--	--	--	--

● Datum: _____

● Geschlecht: ☐ männlich
☐ weiblich

● Alter (in Jahren): _____

● Ausbildung: Kreuzen Sie die höchste abgeschlossene Schulausbildung an.

☐ Volksschule
☐ Hauptschule, AHS Unterstufe
☐ Lehre, Berufsbildende mittlere Schule
☐ Matura
☐ Akademie, Fachhochschule
☐ Universität

● Haben bzw. hatten Sie Unterricht in Darstellender Geometrie (DG)?

☐ ja ☐ nein

Abbildung 6-1: Datenblatt des EST

Die Aufgabenstellung des EST ist sehr klar und präzise und kann deshalb ohne mündliche Instruktionen vorgegeben werden (vgl.: Abb.6-2). Die ProbandInnen müssen am Antwortblatt angeben, ob das Objekt in der Startansicht um 90° oder 180° nach oben, unten, rechts oder links rotiert werden muss, um der Zielfigur zu entsprechen.



Abbildung 6-2: Aufgabenstellung des EST

Auf die Aufgabenstellung folgen fünf Beispielaufgaben, die von den TeilnehmerInnen bearbeitet und danach selbstständig kontrolliert werden sollen. Im Sinne von Übungsitems dienen sie dazu, die Aufgabenstellung zu verdeutlichen und Unklarheiten zu beseitigen (vgl.: Abb.6-3).

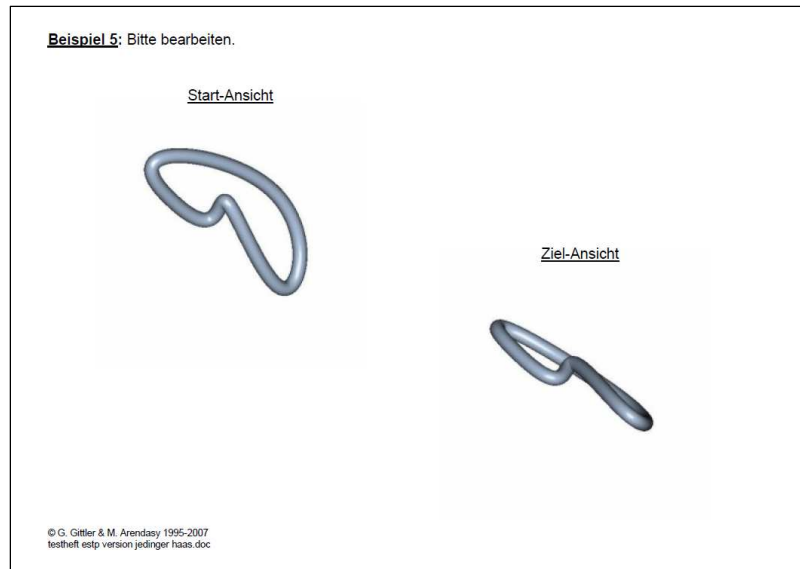


Abbildung 6-3: Beispiel 5 der verwendeten Testversion

Die Testitems beinhalten keine weiteren Instruktionen. Um Verwirrungen zu vermeiden, wird lediglich angegeben, welche der beiden Darstellungen die Start- und welche die Ziel-Ansicht ist.

Da in dieser Untersuchung die Paper-Pencil-Version des Verfahrens vorgegeben wird, erhalten die ProbandInnen ein Antwortheft. Dieses beinhaltet auf jeder Seite nochmals die zu beantwortende Frage der Aufgabenstellung. Pro Seite können je zwei Aufgaben beantwortet werden. Die Antwortfelder sind nummeriert, damit sie eindeutig zugeordnet werden können. Um Rateeffekte zu minimieren, ist die Antwortmöglichkeit *Ich weiß nicht* gegeben (Gittler & Arendasy, 2003).

6.3.1.1 Exkurs: Entwicklung des EST

Das Ziel von Gittler & Arendasy (2003) war es, Raumvorstellungsitems zu konstruieren, die (nach Rasch) als eindimensional gelten und demnach ein und dieselbe latente Fähigkeitsdimension für alle TestteilnehmerInnen messen.

Ausgangspunkt für diese Testentwicklung waren die Testaufgaben des *Schlauchfiguren-Test (SFT)* von Stumpf & Fay (1983). Obwohl der SFT eine hohe inhaltliche Gültigkeit besitzt, erfüllt er bei genauerer Betrachtung nicht die Anforderungen der probabilistischen Testtheorie. Ob wirklich alle Aufgaben dieselbe latente Dimension messen, ist daher fraglich.

Ausgehend von den Schlauchfiguren entwickelten Gittler und Arendasy zwar ähnliche Testitems, veränderten jedoch in langjähriger Forschung all jene Eigenschaften, die gegen die Eindimensionalität der Items sprachen:

1. Zentraler Kritikpunkt an den Schlauchfiguren des SFT sind die offenen Enden der Schlauchfiguren, da diese als Orientierungshilfe fungieren können. Dadurch kann der Anteil an räumlichen Fähigkeiten zur Lösung der Aufgaben verringert werden (dafür könnte vermehrt Reasoning - die Fähigkeit zum schlussfolgernden Denken - zur Lösung der Items beitragen). Deshalb schlossen die Testautoren ihre Figuren und erzeugten so Endlosschleifen.
2. Manche Aufgaben des SFT haben die Lösung *von hinten* - beide Ansichten der Schlauchfigur stehen sich spiegelbildlich gegenüber. Personen, die dies erkennen, haben möglicherweise einen Vorteil gegenüber Personen, denen dies nicht auffällt. Wenn ein Test gewisse Personen bevorzugt, kann er nicht als rasch-homogen betrachtet werden. Deshalb wurden in den EST keine Items aufgenommen, die eine derartige Lösung haben.
3. Obwohl in den Instruktionen erwähnt wird, welche Figur die ProbandInnen mental rotieren sollen (also welche Figur die Ausgangsfigur ist), kann es vorkommen, dass Versuchspersonen die falsche Figur, und damit in die entgegengesetzte Richtung, drehen. Um dies im EST zu vermeiden, wurde durch eine präzisere Formulierung der Instruktion und die Beschriftung der Endlosschleifen (mit Start- und Zielansicht) versucht, das Problem der falschen Bearbeitungsrichtung zu lösen.
4. Im Gegensatz zum SFT wird der EST ohne Zeitbegrenzung vorgegeben (allerdings werden Testbeginn und Testende zeitlich erfasst), da die Vermischung von Speed- und Powerkomponenten die Forderung nach Homogenität verletzt. Als Ausgleich dafür müssen die neukonstruierten Aufgaben eine große Schwierigkeitsvarianz haben, also von sehr schwer bis sehr leicht reichen, um gut zwischen den ProbandInnen differenzieren zu können.
5. Wie schon weiter oben erwähnt, gibt es im EST die Antwortmöglichkeit „Ich weiß nicht“. Personen, die eine Aufgabe nicht bewältigen können, können dies nun angeben und müssen nicht raten (es kann natürlich nicht ausgeschlossen werden, dass ProbandInnen dennoch raten).
6. Die Darstellung der Figuren wurde ebenfalls im Zuge vieler Studien verändert: Zum Beispiel wurden die Schatten entfernt, die Würfeldarstellung der Figuren wurde

weggelassen und sie wurden diagonal angeordnet. Durch die Verwendung spezieller Zeichenprogramme konnte die Bildqualität der Endlosschleifen verbessert werden (Zickbauer, 2000).

Diese Veränderungen und die ständige Weiterentwicklung des EST führen dazu, dass der EST als ein rasch-homogenes Verfahren bezeichnet werden kann und die Testkonstrukteure ihr Ziel eindimensionale Items zu entwickeln demnach erreicht haben.

6.3.2 Freiburger Persönlichkeitsinventar – revidierte Fassung (FPI-R)

Der FPI-R (Fahrenberg et al., 2001) zählt zu den faktorenanalytisch begründeten Persönlichkeits-Fragebogenbatterien und wird zur Erstellung von Persönlichkeitsprofilen verwendet.

Am Anfang des Fragebogens befindet sich die schriftliche Testinstruktion, die dazu auffordert eine ehrliche Selbstbeurteilung abzugeben. Um das Antworten im Sinne einer sozialen Erwünschtheit zu vermeiden, wird besonders darauf hingewiesen, dass es keine richtigen oder falschen Antworten gibt und die Teilnahme an der Untersuchung anonym und vertraulich ist. Da manche Fragen möglicherweise nicht eindeutig zu beantworten sind, wird dazu aufgefordert jene Antwort anzukreuzen, die am ehesten zutrifft (vgl.: Abb.6-4).

Sie werden auf den folgenden Seiten eine Reihe von Aussagen über bestimmte Verhaltensweisen, Einstellungen und Gewohnheiten finden. Sie können jede entweder mit „stimmt“ oder mit „stimmt nicht“ beantworten. Setzen Sie bitte ein Kreuz (x) in den dafür vorgesehenen Kreis. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, weil jeder Mensch das Recht zu eigenen Anschauungen hat. Antworten Sie bitte so, wie es für sie zutrifft.

Beachten Sie bitte folgende Punkte:

- Überlegen Sie bitte nicht erst, welche Antwort vielleicht den „besten Eindruck“ machen könnte, sondern antworten Sie so, wie es für Sie persönlich gilt. Manche Fragen kommen Ihnen vielleicht sehr persönlich vor. Bedenken Sie aber, dass Ihre Antworten unbedingt vertraulich behandelt werden.
- Denken Sie nicht lange über einen Satz nach, sondern geben Sie die Antwort, die Ihnen unmittelbar in den Sinn kommt. Natürlich können mit diesen kurzen Fragen nicht alle Besonderheiten berücksichtigt werden. Vielleicht passen deshalb einige nicht gut auf Sie. **Kreuzen Sie aber trotzdem immer eine Antwort an**, und zwar die, welche noch am ehesten für Sie zutrifft.

Abbildung 6-4: Instruktion des FPI - R (Fahrenberg et al., 2001)

Nach der Instruktion werden insgesamt 138 Fragen schriftlich vorgegeben, die mit *stimmt* bzw. *stimmt nicht* zu beantworten sind (zweikategorielles Antwortformat).

Die erste Frage dient der Überprüfung des Instruktionsverständnisses und der Bereitschaft, die Fragen ehrlich zu beantworten. Wird sie mit *stimmt nicht* beantwortet, werden die übrigen Fragen nicht ausgewertet. Andernfalls wird sie bei der späteren Auswertung nicht in den Testscore eingerechnet. Sie bietet der Testperson lediglich die Möglichkeit anonym die ehrliche Beantwortung der Fragen zu verneinen, ohne dass andere TestteilnehmerInnen dies erfahren (z.B. zur Vermeidung einer unfreiwilligen Testteilnahme aufgrund von Gruppendruck).

Die restlichen 137 Fragen beziehen sich auf die Persönlichkeit der Testperson (vgl.: Abb.6-5).

	Stimmt	Stimmt nicht
1. Ich habe die Anleitung gelesen und bin bereit, jeden Satz offen zu beantworten.....	☐	☐
2. Ich gehe abends gerne aus.....	☐	☐
3. Ich habe (hatte) einen Beruf, der mich voll befriedigt.....	☐	☐
4. Ich habe fast immer eine schlagfertige Antwort bereit.....	☐	☐
5. Ich glaube, dass ich mir beim Arbeiten mehr Mühe gebe als die meisten anderen Menschen.....	☐	☐
6. Ich scheue mich, allein in einen Raum zu gehen, in dem andere Leute bereits zusammensitzen und sich unterhalten.....	☐	☐
7. Manchmal bin ich zu spät zu einer Verabredung oder zur Schule gekommen.....	☐	☐
8. Ich würde mich beim Kellner oder Geschäftsführer eines Restaurants beschweren, wenn ein schlechtes Essen serviert wird.....	☐	☐
9. Ich habe manchmal hässliche Bemerkungen über andere Menschen gemacht.....	☐	☐
10. Im Krankheitsfall möchte ich Befund und Behandlung eigentlich von einem zweiten Arzt überprüfen lassen.....	☐	☐

Abbildung 6-5: Fragen 1-10 des FPI-R (Fahrenberg et al., 2001)

Die Fragen können in 10 Skalen und 2 Zusatzskalen eingeteilt werden: Lebenszufriedenheit, Soziale Orientierung, Leistungsorientierung, Gehemmtheit, Erregbarkeit, Aggressivität, Beanspruchung, Körperliche Beschwerden, Gesundheitssorgen, Offenheit und die zwei Zusatzskalen Extraversion und Emotionalität. Für die Zuordnung der Fragen zu den einzelnen Skalen wird das Testmanual benötigt, da sie nicht nach Skalenzugehörigkeit sortiert sind. Mit den Skalen sollen relativ breite Bereiche abgedeckt werden, die in Subkonstrukte unterteilt werden können. Von den Autoren wird angegeben, dass die Skalen nicht unabhängig voneinander sind und somit nicht klar voneinander abgegrenzt werden können (Fahrenberg et al., 2001).

Obwohl für die vorliegende Untersuchung möglicherweise nicht jede der zwölf Skalen relevant ist, wird vom Ausschluss einzelner Skalen aus testtheoretischen Gründen abgesehen. Die Autoren selbst weisen im Manual ausdrücklich darauf hin, dass durch eine Verkürzung die testmethodischen Güte Merkmale möglicherweise verletzt werden könnten (Fahrenberg et al., 2001, S. 80).

Am Ende des Fragebogens wird darum gebeten sich zu vergewissern, ob alle Fragen beantwortet wurden. Dies ist wichtig, da die Testautoren dazu raten, bei fünf Prozent fehlender Daten den Test nicht auszuwerten. Dies wäre bei nur sieben nicht beantworteten Fragen der Fall (Fahrenberg et al., 2001, S. 80).

Die Abfrage der demografischen Daten am Ende des Tests wurden entfernt, da schon mittels EST die nötigen Daten abgefragt werden.

6.3.3 Zusatzfragen

Zusätzlich wird der Versuchsgruppe noch ein weiterer, kurzer Fragebogen vorgegeben. Er dient dazu die Ausschlusskriterien und den Erfahrungsstand der TaucherInnen zu erfassen. Dadurch wird verhindert, dass unpassende Personen in die Versuchsgruppe aufgenommen werden.

Darüber hinaus liefert der Fragebogen tauchspezifische Daten, die für die spätere Analyse möglicher Unterschiede zwischen oder innerhalb der Gruppen wichtig sind.

Der Fragebogen erhebt Daten zu folgenden acht Punkten (vgl.: Abb.6-6):

- Tauchverband/Organisation (Erfassung eines Ausschlusskriteriums)
- Anzahl an Tauchgängen (Erfassung eines Ausschlusskriteriums)
- Ausbildungsstufe inkl. Zusatzbrevets (Erfassung eines Ausschlusskriteriums)
- Datum des letzten Tauchgangs (Erfassung eines Ausschlusskriteriums)
- Tauchversicherung bzw. Teaching Status (Überprüfung des *aktiven Status* der Testperson)
- Teilzeit- oder Vollzeitbeschäftigung in einer Tauchbasis (Überprüfung des *aktiven Status* der Testperson)
- Hobbies

Probandencode: _____

Bitte füllen Sie die folgenden Fragen so präzise wie möglich aus. Wenn Sie keine genauen Angaben machen können, schätzen Sie (geben Sie ev. ein Intervall an).

Welchem Tauchsportverband gehören Sie an?

Wie viele Tauchgänge haben Sie insgesamt schon gemacht?

Welches Ausbildungslevel haben Sie bisher erreicht? (inkl. Spezialbrevets)

Wann war Ihr letzter Tauchgang?

Sind Sie momentan versichert?

Haben Sie im Moment „teaching status“?

Sind Sie Teilzeit oder Vollzeit in der Tauchbasis beschäftigt?

Haben Sie andere Hobbys die eine Orientierung im 3D Raum erfordern? (Fliegen, Klettern, Schwimmen,...)?

Abbildung 6-6: Zusatzfragebogen

6.4 Durchführung der Untersuchung

6.4.1 Auswahl der ProbandInnen

Alle UntersuchungsteilnehmerInnen wurden persönlich um die Teilnahme an dieser Studie gebeten. Dabei wurden schon im Vorfeld Personen ausgeschlossen, die wenig Interesse zeigten. Es wurde nicht versucht Personen zur Teilnahme zu drängen, da motivationale Beeinträchtigungen daraus resultieren können. Auffallend bei der TeilnehmerInnen-Suche war, dass zahlreiche Personen die Teilnahme verweigerten - teils aus Zeitmangel, aber auch aus Desinteresse bzw. Unbehagen beim Thema Raumvorstellung (Annahme der Autorin).

Die Daten wurden für beide Gruppen in den Bundesländern Wien und Oberösterreich erhoben. Die Suche nach geeigneten TaucherInnen erfolgte hauptsächlich in Tauchschulen. Dort wurden bei Teambesprechungen und Clubabenden Informationen über die Untersuchung gegeben, mit dem Ziel möglichst viele TaucherInnen für die Teilnahme an der Untersuchung zu interessieren. Zusätzlich wurden TaucherInnen auf den Wassersportmessen in Wien und Tulln für die Untersuchung gewonnen.

Da auf die Bildung der Matched Samples schon bei der Auswahl der Nicht-TaucherInnen geachtet werden musste, erwies sich die Erhebung der KG als schwieriger und langwieriger. Eine Liste, auf der die Ausprägungen der vier zu beachtenden Variablen der TaucherInnen notiert waren, half dabei, die entsprechenden Altersgruppen etc. auszuwählen. Um die passenden ProbandInnen zu erhalten, wurde in verschiedenen österreichischen Betrieben nach Personen gesucht, die den Merkmalen entsprechen. Natürlich wurde im Vorfeld geklärt, ob die Kandidaten Erfahrungen im Sporttauchen haben. War dies der Fall, wurden sie von der Teilnahme ausgeschlossen oder in die Versuchsgruppe aufgenommen.

Unmittelbar nach Testende wurde die Passung der soeben erhobenen Merkmalsausprägungen mit den Daten der Liste kontrolliert (soweit dies nicht schon im Vorfeld abgeklärt werden konnte).

Alle Personen die zu einem Testtermin erschienen sind, durften an der Testung teilnehmen - auch wenn sie keiner anderen Person eindeutig zugeordnet werden konnten (z.B. wenn Testpersonen noch weitere interessierte Personen mitbrachten). Dies war aufgrund der

Tatsache, dass jederzeit noch weitere TaucherInnen für die Untersuchung gewonnen werden konnten, sehr wichtig.

Die so gebildeten Paare wurden mit Nummern am Testheft markiert, sodass eine eindeutige Zuordnung bei der Dateneingabe ermöglicht wurde.

6.4.2 Testsituation

Aufgrund der räumlichen Distanzen zwischen den Testpersonen wurden die Testungen in unterschiedlichen Räumlichkeiten durchgeführt. Um das Setting dennoch für alle TeilnehmerInnen einheitlich zu gestalten, wurde darauf geachtet ruhige Räume mit guten Lichtverhältnissen zu nutzen. Die TeilnehmerInnen wurden gebeten vor der Testung keinen Alkohol zu trinken und während der Testung ihre Mobiltelefone abzuschalten.

Es fanden sowohl Einzel- als auch Gruppentestungen mit maximal vier TeilnehmerInnen statt (sowohl in der VG als auch in der KG). Besonders bei Gruppentestungen wurde darauf hingewiesen ruhig und für sich alleine zu arbeiten.

Die Testleiterin war bei allen Testungen anwesend, um auf mögliche Unklarheiten schnell reagieren zu können und für die Gleichheit der Bedingungen zu sorgen.

Bei der Erhebung der Gruppe der TaucherInnen wurde darauf geachtet, die Testpersonen nicht unmittelbar nach einem Tauchgang zu testen. Tauchen könnte kurzfristige Auswirkungen (z.B. Entspannung, Müdigkeit, etc.) haben. Da jedoch die Gleichheit des Settings für alle UntersuchungsteilnehmerInnen angestrebt wurde, wurden die Testpersonen schon im Vorhinein gebeten, am Testtag keinen Tauchgang zu machen, da dies zum Ausschluss führen würde.

6.4.3 Testvorgabe

Allen Testpersonen wurde zuerst das soziodemografische Datenblatt des EST vorgegeben. Wenn dieses vollständig ausgefüllt worden war, wurde den TeilnehmerInnen der Versuchsgruppe der Zusatzfragebogen vorgelegt. Sie wurden darauf hingewiesen den Probandencode zu übertragen.

Da Personen der Kontrollgruppe den Zusatzfragebogen nicht erhielten, wurden sie mündlich nach anderen Hobbies, die eine Orientierung im dreidimensionalen Raum erfordern, gefragt

und die Antwort auf dem Antwortheft des EST notiert. Die übrigen Fragen des Zusatzfragebogens waren für die Kontrollgruppe irrelevant.

Anschließend wurde den Testpersonen der EST vorgegeben. Sie wurden darauf hingewiesen den Probandencode auf das Antwortheft zu übertragen und die Aufgabenstellung zu lesen, sowie die fünf Beispielitems zu lösen und sie selbstständig zu kontrollieren. Danach sollten sie (bei Gruppentestungen) warten bis alle TeilnehmerInnen damit fertig waren.

Anschließend wurden eventuelle Fragen beantwortet und die ProbandInnen darauf hingewiesen, die Bearbeitungsrichtung zu beachten, also von Start- zu Zielansicht zu drehen und möglichst ohne weitere Unterbrechungen den EST zu bearbeiten. Mit dem Eintragen der Uhrzeit begannen die Testpersonen (bei Gruppentestung gleichzeitig) die Bearbeitung der eigentlichen Testitems. Während der Testung wurden von der Testleiterin bei Bedarf Fragen beantwortet (z.B. Ich habe etwas falsch angekreuzt, was soll ich tun?). Den Personen wurde jedoch keine Hilfestellung bei der Lösung der Aufgaben an sich gegeben.

Da die Bearbeitungsdauer des EST variierte, bekamen die Testpersonen bei Gruppentestungen den FPI-R ohne weitere mündliche Instruktion vorgelegt. Sie wurden mit einem Fingerdeut auf den Probandencode aufmerksam gemacht, um andere TeilnehmerInnen nicht zu stören. Bei Einzeltestung wurde ebenfalls auf den Probandencode kurz hingewiesen, aber keine weiteren Instruktionen gegeben, um die Einheitlichkeit des Settings sicher zu stellen.

Im Allgemeinen gab es kaum Fragen zur Bearbeitung der Verfahren. Die Testung wurde von fast allen Personen beendet. Nur eine Person brach die Testung nach den ersten beiden Testitems des EST ab und wurde (natürlich) sofort aus der Stichprobe ausgeschlossen.

Nach Testende bedankte sich die Testleiterin persönlich bei allen TeilnehmerInnen. Unmittelbar nachdem die ProbandInnen den Testraum verlassen hatten, wurden die Ausschlusskriterien für die jeweilige Gruppe nochmals kontrolliert und Datensätze gegebenenfalls ausgeschlossen. Für die Gruppe der Nicht-TaucherInnen wurde (wie schon erwähnt) kontrolliert, ob die erhobenen Werte einer Person der Versuchsgruppe zugeordnet werden können (Matched Samples).

7 Statistische Analyse

There is no sadder sight in the world, than to see a beautiful theory killed by a brutal fact.
Thomas Henry Huxley

Die statistischen Berechnungen dieser Untersuchung erfolgen durchgehend mit einem Signifikanzniveau von 5% ($\alpha=.05$). Getestet wird zweiseitig, da empirisch keine Gründe für eine einseitige Testung vorliegen.

Um präzise Ergebnisse zu erhalten, werden die Rohwerte des EST (= Anzahl richtig gelöster Aufgaben) in *WML-Fähigkeitsparameter* (*weighted-likelihood-estimates*), geschätzt nach der Methode von Warm (1989), transformiert (vgl.: Tab. 7-6, S. 76). Sie sind den Rohwerten vorzuziehen, da sie intervallskaliert sind. Damit erfüllen sie (im Gegensatz zu den Rohscores) eine wichtige Voraussetzung für diverse parametrische Verfahren, die für die Auswertung der Forschungsfragen benötigt werden (z.B. für t-Tests) (Zöfel, 2003). Grafische Abbildungen werden mit dem Rohscore dargestellt, um die Klarheit und Lesbarkeit zu erhöhen.

Die Rohscores des FPI-R werden in Stanine-Werte mit dem Mittelwert $M_w=5$ und der Standardabweichung $S_b=1,96$ umgewandelt, um die Vergleichbarkeit zwischen den Skalen und zwischen den Personen zu erhöhen. Dazu wird die Normtabelle der 16 bis 85 Jährigen, die im Jahr 1999 erhoben wurde und insgesamt 3740 Personen umfasst, herangezogen. (Fahrenberg et al., 2001).

Bevor die Fragestellungen statistisch ausgewertet werden, wird im Folgenden die erhobene Stichprobe genauer überprüft (z.B. Stichprobengröße, Häufigkeiten, Verwertbarkeit der Daten, Verteilung, etc.). Sämtliche Analysen werden mit SPSS 23 durchgeführt.

7.1 Deskriptive Analyse des erhobenen Datensatzes

7.1.1 Festlegung der Stichprobengröße

Zuerst erfolgt die Überprüfung der Verwertbarkeit der erfassten Daten. Dazu müssen die dichotomen Daten des EST und des FPI-R genauer betrachtet werden.

Für die Verwertbarkeit des Rohscores des EST ist die Anzahl an fehlenden Daten pro Testperson und die Anzahl an „Ich weiß nicht“-Antworten (iwn-Antworten) entscheidend. Ein zu großer Anteil an fehlenden Daten und ein zu häufiger Gebrauch der Antwortalternative iwn könnten z.B. durch mangelnde Motivation der Testpersonen verursacht sein und führen deshalb zum Ausschluss der Testperson.

Es wird daher eine Häufigkeitstabelle der Testitems des EST angefertigt. Dieser ist zu entnehmen, dass für alle 22 Testitems 66 Werte vorliegen und keine fehlenden Werte für den EST vorhanden sind (vgl.: Tab.7-1).

Testaufgabe	Gültige Werte des EST	Fehlende Werte
Item 1	66	0
Item 2	66	0
Item 3	66	0
Item 4	66	0
Item 5	66	0
Item 6	66	0
Item 7	66	0
Item 8	66	0
Item 9	66	0
Item 10	66	0
Item 11	66	0

Tabelle 7-1: Häufigkeitstabelle der EST-Items

Testaufgabe	Gültige Werte des EST	Fehlende Werte
Item 12	66	0
Item 13	66	0
Item 14	66	0
Item 15	66	0
Item 16	66	0
Item 17	66	0
Item 18	66	0
Item 19	66	0
Item 20	66	0
Item 21	66	0
Item 22	66	0

Um die Anzahl an iwn-Antworten zu überprüfen, wird ebenfalls eine Häufigkeitstabelle erstellt. Ausgeschlossen werden anschließend all jene Personen, bei denen ein Drittel der Antworten iwn lauten (es wird angenommen, dass eine Person, die im Durchschnitt jedes dritte Item mit iwn beantwortet, nicht mit der gewünschten Motivation den Test bearbeitet). Da nur 21 der 22

EST-Items verrechnet werden, liegt die Zahl, ab der eine Person ausgeschlossen wird, somit bei sieben iwn-Antworten.

Die Häufigkeitstabelle der Variable iwn (vgl.: Tab.7-2) zeigt, dass 56.1% der getesteten Personen kein einziges Mal iwn angegeben haben. Lediglich eine Person gab diese Möglichkeit sechsmal an.

Anzahl an iwn-Antworten	Häufigkeit	Prozent
0	37	56.1
1	13	19.7
2	8	12.1
3	2	3.0
4	4	6.1
5	1	1.5
6	1	1.5
Gesamt	66	100.0

Tabelle 7-2: Häufigkeitstabelle der iwn-Antwortalternative

Analog zum EST werden die Häufigkeiten der Aufgaben des FPI-R überprüft. Es finden sich ebenfalls für alle 138 Fragen 66 Werte, aber keine Fehlenden.

Außerdem muss geprüft werden, ob alle Testpersonen die erste Frage des FPI-R mit *Stimmt* beantwortet haben. Die Überprüfung der Häufigkeiten dieser Frage zeigt, analog zu den Häufigkeiten der Items des EST, dass sämtliche Personen bereit waren die Fragen ehrlich zu beantworten.

Es müssen demnach keine Versuchspersonen aufgrund fehlender Werte ausgeschlossen werden. Außerdem geben weder die Häufigkeit der Antwortalternative iwn noch die erste Frage des FPI-R Anlass zum Ausschluss einer Versuchsperson.

Ausgeschlossen wurden daher nur jene Personen, die keiner Person der VG zugeordnet werden konnten. Dies geschah (wie weiter oben bereits erwähnt) bereits vor der Dateneingabe.

Die erhobene Stichprobe besteht somit aus insgesamt $n = 66$ ProbandInnen, von denen je 33 Personen einer der beiden Gruppen zugeteilt sind. Es handelt sich also um eine kleine Stichprobe, die jedoch durch die Bildung der Matched Samples und damit durch die Kontrolle wichtiger Störvariablen an Aussagekraft gewinnt.

7.1.2 Matched Samples

Die gelungene Anpassung der KG an die VG muss ebenfalls überprüft werden, um Fehler bei der Zuordnung auszuschließen. Dazu werden die Häufigkeiten der vier Variablen (Geschlecht, Altersgruppe, Ausbildungsstufe, DG) in beiden Gruppen genauer betrachtet und miteinander verglichen.

Eine Kreuztabelle der Variablen Geschlecht und Gruppe zeigt, dass sich in jeder Gruppe 23 Männer und 10 Frauen befinden. Der Männeranteil der Stichprobe liegt demnach bei 69.7% (vgl.: Tab.7-3). Dies kann als repräsentativ für die Gruppe der TaucherInnen angesehen werden, da der Männeranteil unter den TaucherInnen generell höher einzustufen ist.

	VG	KG	Häufigkeit Gesamt	Prozent Gesamt
Männer	23	23	46	69.7
Frauen	10	10	20	30.3
	33	33	66	100.0

Tabelle 7-3: Kreuztabelle der Variablen Gruppe und Geschlecht

Die folgenden Balkendiagramme zeigen, dass auch in den übrigen drei Variablen die verschiedenen Merkmalsausprägungen in jeder der beiden Gruppen gleich häufig vorkommen (vgl.: Abb.7-1; Abb.7-2; Abb.7-3).

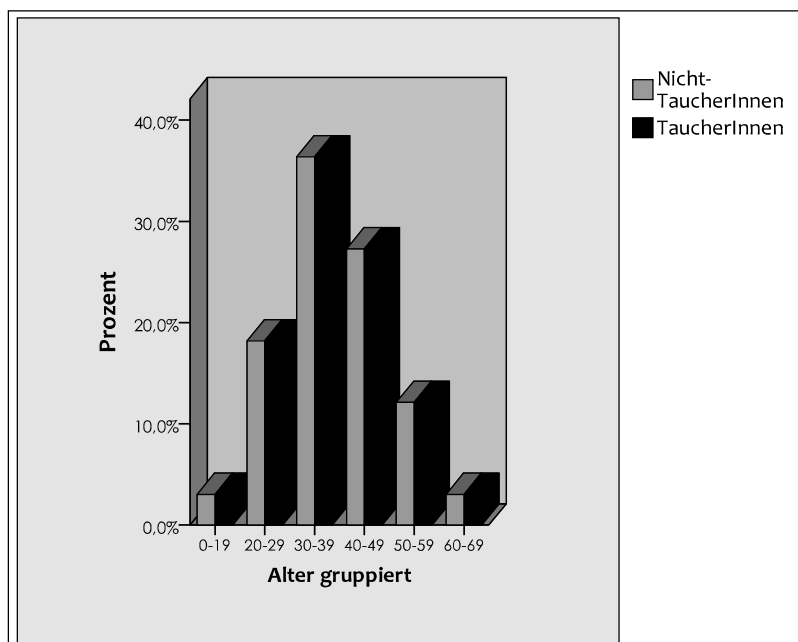


Abbildung 7-1: Balkendiagramm der Variablen Alter (gruppiert) und Gruppe

Der Altersdurchschnitt liegt für die Gesamtstichprobe bei $M_w=38.24$, mit einer Standardabweichung von $S_b=11.112$.

Für die Gruppen liegen folgende Werte vor:

Versuchsgruppe:

$M_w=38.45$; $S_b=10.915$

Kontrollgruppe:

$M_w=38.03$; $S_b=11.471$

Die Gruppenmittelwerte der Variable Alter unterscheiden sich kaum, was ein weiterer Hinweis darauf ist, dass die paarweise Anordnung der Personen funktioniert hat.

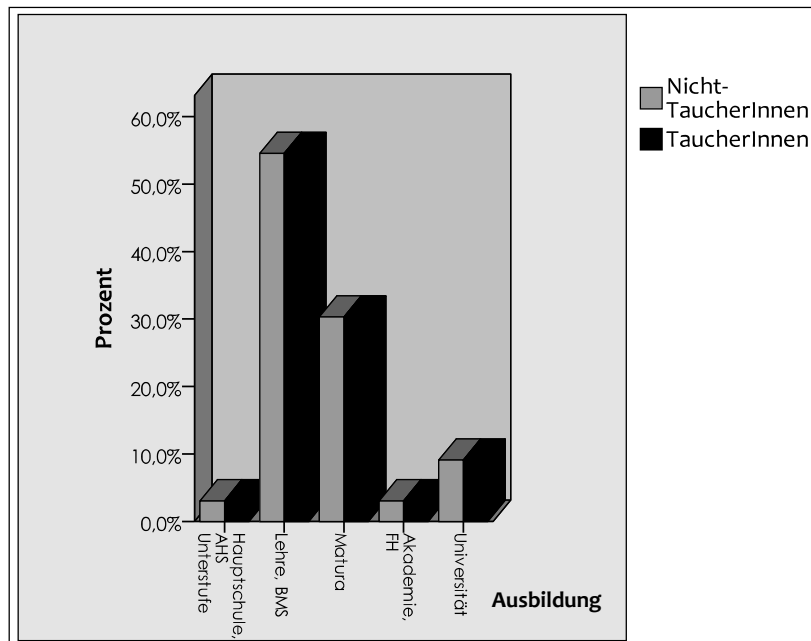


Abbildung 7-2: Balkendiagramm der Variablen Ausbildung und Gruppe

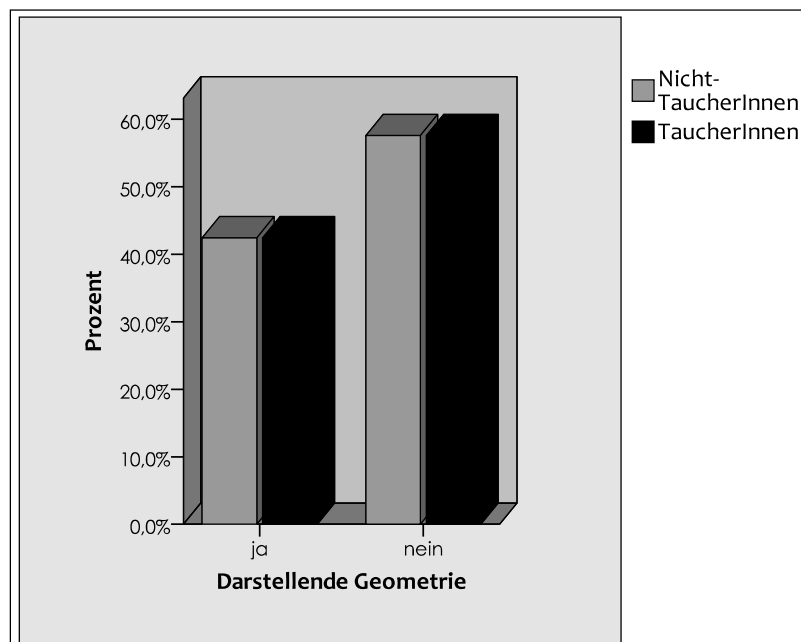


Abbildung 7-3: Balkendiagramm der Variablen DG und Gruppe

Jedoch sind gleiche Häufigkeiten nicht zwangsdürftig ein Beweis dafür, dass die Matched Samples gelungen sind. Eine dreidimensionale Abbildung ist nötig, um zu zeigen, dass auch die Kombinationen der Merkmalsausprägungen in den beiden Gruppen identisch sind (vgl.: Abb.7-4; Die Variable Geschlecht wurde aufgrund der einfacheren Darstellung weg

gelassen. Es sei dem Leser allerdings versichert, dass auch unter Berücksichtigung dieser Variable die Grafiken für die jeweiligen Gruppen gleich sind.).

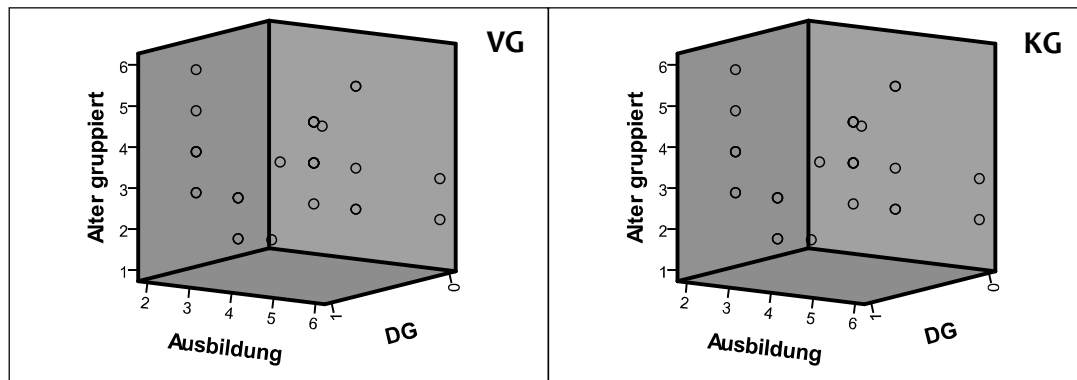


Abbildung 7-4: Dreidimensionale Darstellung der Variablen Alter, Ausbildung und DG in der VG bzw. KG

Die Herstellung der Matched Samples kann als gelungen betrachtet werden. Statistische Verfahren für gepaarte Stichproben dürfen demnach durchgeführt werden.

Allerdings bleibt zu bedenken, dass die Matched Samples lediglich vier Variablen konstant halten. Diese vier Variablen können zwar, aufgrund der bisherigen Forschung, als wichtige Einflussfaktoren für die Raumvorstellung eingestuft werden, es ist jedoch denkbar, dass es weitere Störfaktoren gibt, die die Leistungen im EST beeinflussen könnten (z.B. Computerspielen). Es kann schlussendlich nicht sicher gesagt werden, ob die Personenpaare sich in allen wichtigen Merkmalen gleichen.

Eine Testung für verbundene Stichproben (also für die Mittelwerte der Merkmalsdifferenzen der Vergleichspaare) könnte eher zu einem signifikanten Ergebnis führen, als eine Testung für unabhängige Stichproben (also für die Differenzen der Gruppenmittelwerte). Die Verteilung der Merkmalsausprägungen per se bleibt dabei natürlich gleich. Auch innerhalb der Versuchs- und Kontrollgruppe bleibt die Verteilung der Einflussfaktoren, die für die Matched Samples herangezogen wurden, gleich.

Der Vergleich der Ergebnisse aus beiden statistischen Verfahren wird daher ebenfalls Teil der statistischen Analyse sein. Ein einheitliches Ergebnis würde natürlich bestätigenden Charakter haben, während ein uneinheitliches Ergebnis weitere Forschungsfragen aufwerfen würde. Es wird deshalb nicht nur mit abhängigen Stichproben, sondern auch mit unabhängigen Stichproben überprüft, ob ein signifikanter Gruppenunterschied gefunden werden kann.

7.1.3 Variablen des Zusatzfragebogens

Eine erste Betrachtung der Daten des Zusatzfragebogens verdeutlicht, dass nicht alle erhobenen Variablen für eine statistische Auswertung geeignet sind.

Bedingt durch das offene Antwortformat ergeben sich für die Beantwortung der dritten Frage Probleme. Die Frage dient dazu, das Zertifizierungslevel der TaucherInnen inklusive Spezialkurse zu erfassen. Allerdings liegt aufgrund von Beobachtungen bei Testdurchführung und aufgrund der erhaltenen Antworten der Verdacht nahe, dass Personen diese Frage uneinheitlich und unvollständig beantwortet haben. Es gibt mindestens vier unterschiedliche Antworttypen:

1. Ausschließlich Spezialkurse, die die betreffende Person unterrichten darf
2. Ausschließlich Spezialkurse, die die betreffende Person absolviert hat
3. Antwortmöglichkeit eins und zwei
4. Keine Angabe von Spezialkursen, obwohl die betreffende Person aufgrund der Ausbildungsrichtlinien einige Spezialkurse absolviert haben müsste oder sogar unterrichten darf

Deshalb werden die Spezialkurse aus dem Datensatz ausgeschlossen und lediglich das höchste Zertifizierungslevel für weitere Berechnungen verwendet. Dies ist zulässig, da die Spezialkurse die Gruppierung der Zertifizierungslevel nicht beeinflussen. Gruppiert wird anhand der Ausbildungsstandards (z.B. Padi, 2006) und der SSI-Äquivalenzliste (SSI, 2000).

Nachfolgend wird eine Tabelle dargestellt, welche die Zertifizierungslevel und deren Gruppierung für die statistische Auswertung zeigt (vgl.: Tab.7-4). Nicht angeführte Zertifizierungslevel wurden bei der Datenerhebung nicht vorgefunden.

CMAS	PADI	SSI	Abkürzung	Gruppennummer
	Divemaster	Divecon	dm, dc,	1
Tauchlehrer Assistent	Assistant Instructor	Associate Instructor	Assi	2
Moniteur*	Open Water Scuba Instructor	Open Water Instructor	tl*, owsi, owi	3
Moniteur**	Master Scuba Diver Trainer, Master Instructor		tl**, msdt, mi	4
Moniteur***		Instructor Trainer	tl***, instr. trainer	5
Moniteur****		Instructor Certifier	tl****, instr. certifier,	6

Tabelle 7-4: Darstellung der erhobenen Zertifizierungslevel und deren Gruppierung

Außerdem ergeben sich für die Frage nach Hobbies, die eine Orientierung im dreidimensionalen Raum erfordern, Probleme für die Auswertung. Eine Häufigkeitsanalyse ergibt, dass 68.2% der Personen diese Frage mit Nein beantwortet oder keine Angaben dazu gemacht haben. Außerdem stehen zu wenig gleiche Antworten für eine sinnvolle Gruppenbildung zur Verfügung. Bei möglichen 14 Gruppen (aufgrund der unterschiedlichen Antwortkombinationen) für 21 verwertbare Antworten wären die Gruppen zu klein, um eine sinnvolle statistische Analyse zu erlauben (vgl.: Tab.7-5). Die Variable wird daher aus dem Datensatz ausgeschlossen.

	Häufigkeit	Prozent
N	66	100.0
Nein/Keine Angaben	45	68.2
verwertbare Antworten	21	31.8

Tabelle 7-5: Antworthäufigkeiten der Variable Hobbies

7.1.4 Grundlegende Überprüfung der Daten des EST

Um einen ersten Eindruck der erzielten Ergebnisse des EST zu erhalten, werden die Daten des EST genauer betrachtet.

Die nachfolgende Tabelle stellt die Rohwerte den WML-Fähigkeitsparametern gegenüber und gibt deren Häufigkeiten sowohl für die Gesamtstichprobe als auch für die VG und die KG wieder (vgl.: Tab.7-6).

Rohscore	WML-Fähigkeitsparameter	Häufigkeit VG	Häufigkeit KG	Häufigkeit gesamt	Prozent gesamt
0	-4.2472	0	0	0	0.0
1	-3.0412	0	0	0	0.0
2	-2.4230	0	2	2	3.0
3	-1.9786	0	1	1	1.5
4	-1.6181	1	4	5	7.6
5	-1.3063	0	1	1	1.5
6	-1.0256	4	2	6	9.1
7	-0.7656	1	2	3	4.5
8	-0.5196	4	4	8	12.1
9	-0.2830	5	2	7	10.6
10	-0.0519	5	2	7	10.6
11	0.1768	0	2	2	3.0
12	0.4060	2	3	5	7.6
13	0.6390	2	1	3	4.5
14	0.8793	1	3	4	6.1
15	1.1317	3	1	4	6.1
16	1.4028	2	1	3	4.5
17	1.7027	0	1	1	1.5
18	2.0488	0	0	0	0.0
19	2.4761	3	0	3	4.5
20	3.0741	0	1	1	1.5
21	4.2566	0	0	0	0.0
Gesamt		n=33	n=33	n=66	100.0

Tabelle 7-6: Häufigkeitstabelle des Rohscores und der WML-Fähigkeitsparameter des EST (Dank gilt dem Betreuer dieser Arbeit Ao. Univ.-Prof. Dr. Georg Gittler für die zur Verfügungstellung der WML-Parameter.)

Ersichtlich ist, dass am häufigsten die Rohscores 8, 9 und 10 erzielt wurden. Es liegt die Vermutung nahe, dass in diesem Bereich auch die Mittelwerte der Gesamtstichprobe bzw. der KG und VG liegen. Um dies zu überprüfen, wird eine deskriptive Statistik angefertigt. Tatsächlich liegt der Mittelwert der Gesamtstichprobe bei $M_w=10.08$. Das heißt, im Durchschnitt haben die ProbandInnen 10 Testitems richtig gelöst (vgl.: Tab.7-7).

	Gesamt Rohscore	Gesamt WML-Parameter	Rohscore VG	Rohscore KG
N	66	66	33	33
Minimum	2	-2.4230	4	2
Maximum	20	3.0741	19	20
Mittelwert	10.08	-0.036588	10.91	9.24
Standardabweichung	4.397	1.1645288	4.088	4.596

Tabelle 7-7: Deskriptive Statistik des Rohscores und der WML-Fähigkeitsparameter des EST

Außerdem zeigt die Tabelle, dass die TaucherInnen mit einem Mittelwert von $M_w=10.91$ etwas bessere Ergebnisse erzielt haben als die Nicht-TaucherInnen mit $M_w=9.24$. Bevor überprüft werden kann, ob dieser Mittelwertsunterschied signifikant ist, muss die Verteilung der Daten der Gesamtstichprobe sowie der KG und VG genauer untersucht werden (für einzelne Forschungsfragen wird dies später für die diversen Untergruppen statistisch geprüft).

Die Prüfung erfolgt sowohl rechnerisch als auch grafisch. Da die Stichprobengröße jeweils unter $n=100$ liegt, wird mittels Kolmogorov-Smirnov-Test die Normalverteilung (NV) der Daten geprüft. Dabei wird unter Annahme der Nullhypothese (Normalverteilung der Daten) die Wahrscheinlichkeit für die erzielten Daten berechnet.

Das Ergebnis für die Gesamtstichprobe ist mit $p=.387$ nicht signifikant, weshalb die Alternativhypothese (keine Normalverteilung der Daten) zugunsten der Nullhypothese (H_0) verworfen wird. Gleiches gilt für die Versuchs- und Kontrollgruppe (Ergebnisse nicht signifikant mit $p=.152$ bzw. $p=.992$) (vgl.: Tab.7-8). Auch für VG und KG wird die Alternativhypothese (H_1) verworfen.

	WML-Parameter gesamt	WML-Parameter VG	WML-Parameter KG
N	66	33	33
Kolmogorov-Smirnov-Z	.904	1.135	.431
Asymptotische Signifikanz	.387	.152	.992

Tabelle 7-8: Prüfung auf Normalverteilung der WML-Parameter

Die Annahme der Normalverteilung wird in allen drei Fällen durch die grafische Darstellung der Daten unterstützt (vgl.: Abb.7-5; Abb.7-6; Abb.7-7).

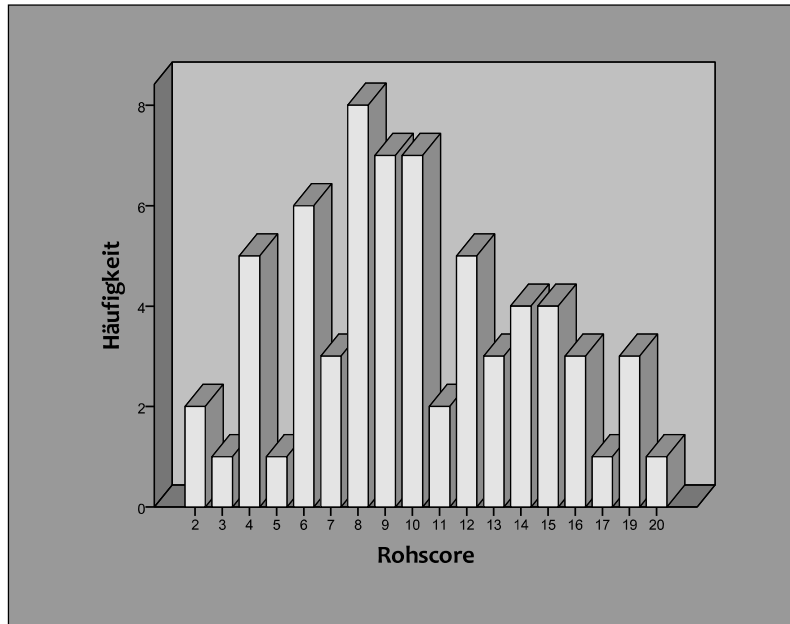


Abbildung 7-5: Verteilung des Rohscores für die Gesamtstichprobe

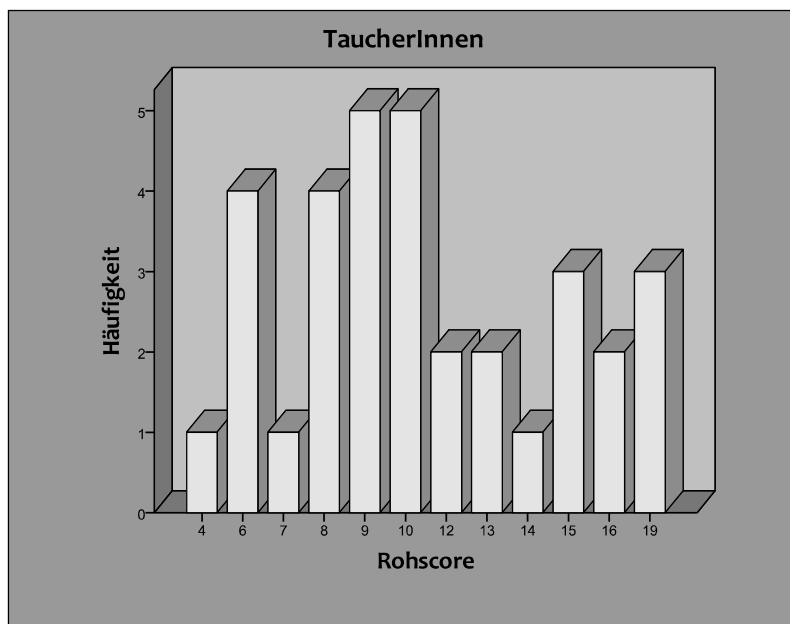


Abbildung 7-6: Verteilung des Rohscores für die VG

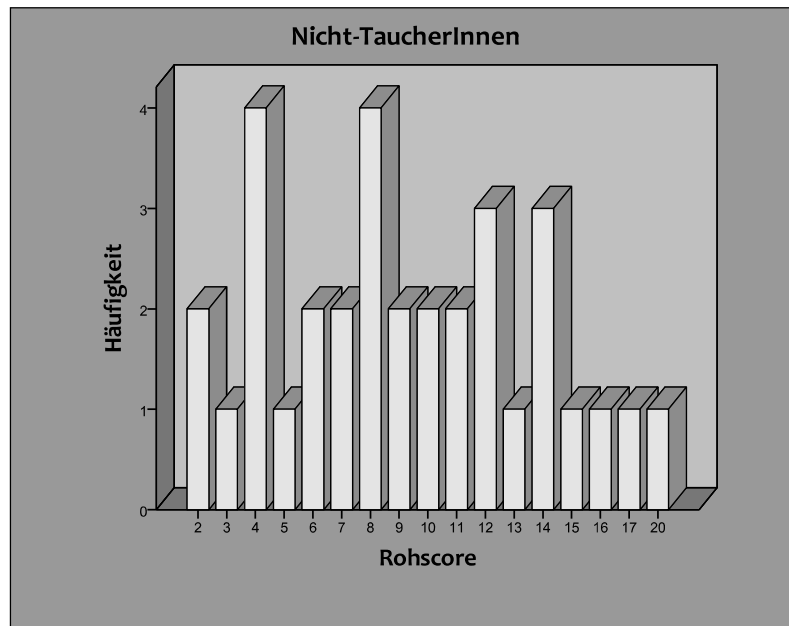


Abbildung 7-7: Verteilung des Rohscores für die KG

7.2 Auswertung der Forschungsfragen

7.2.1 Räumliche Fähigkeiten im Vergleich

Unterschiede im EST zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen

Obwohl diese Studie (aufgrund der geringen Stichprobengröße) so angelegt wurde, dass Matched Samples gebildet werden und dadurch eine abhängig Auswertung ermöglicht wird, kann schlussendlich nicht 100% gesichert gesagt werden, ob die gebildeten Paare sich in allen relevanten Merkmalen ähneln. Eine abhängige Auswertung gilt deshalb als riskant und muss vorsichtig interpretiert werden.

Da die fälschliche Annahme der H1 (es gibt einen Unterschied zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen) vermieden werden sollte, wird zuerst eine unabhängige Auswertung durchgeführt. Unabhängige Testungen führen weniger schnell zu einem signifikanten Ergebnis und damit weniger häufig zu einer fälschlichen Annahme der H1 (α -Fehler).

Da aber auch die fälschliche Annahme der H0 (β -Fehler) aus empirischer Sicht wenig wünschenswert ist, werden beide Verfahren durchgeführt, um zu überprüfen, ob der in Tabelle 7-7 (S. 77) erkennbare Mittelwertsunterschied der beiden Gruppen statistisch bedeutsam ist.

Unabhängige Auswertung

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten der TaucherInnen und der Nicht-TaucherInnen bezogen auf die erzielten Ergebnisse im EST ($\mu_1 = \mu_2 = \mu$).

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten der TaucherInnen und der Nicht-TaucherInnen bezogen auf die erzielten Ergebnisse im EST ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu$).

Da, wie schon weiter oben bewiesen, die Voraussetzung der Normalverteilung für parametrische Testverfahren erfüllt ist, wird zur Auswertung dieser Fragestellung ein t-Test für unabhängige Stichproben gerechnet. Der WML-Fähigkeitsparameter dient als abhängige Variable (AV).

	Levene-Test		t-Test		
	F	Signifikanz	t	df	Signifikanz
WML-Parameter	.502	.481	1.619	64	.110

Tabelle 7-9: Levene-Test und t-Test für unabhängige Stichproben für WML Parameter und VG/KG

Das Ergebnis des Levene-Test ergibt mit $p=.481$, dass die Homogenität der Varianzen gegeben ist und daher die Anwendung des t-Tests gerechtfertigt ist.

Die Prüfung der statistischen Hypothese $\mu_1 = \mu_2 = \mu$ zeigt, dass mit einem Ergebnis von $p=.110$ kein signifikanter Unterschied der Gruppenmittelwerte vorliegt. Die H1 wird bei unabhängiger Testung zugunsten der H0 verworfen (vgl.: Tab.7-9).

Abhängige Auswertung

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Merkmalsdifferenzen der Vergleichspaare bezogen auf die erzielten Ergebnisse im EST ($\mu_{1a} - \mu_{1b} = \mu_a - \mu_b$).

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Merkmalsdifferenzen der Vergleichspaare bezogen auf die erzielten Ergebnisse im EST ($\mu_{1a} - \mu_{1b} \neq \mu_a - \mu_b$).

Unter der Annahme, die Bildung der Matched Samples ist gelungen, darf von einer gepaarten Stichprobe ausgegangen werden. In diesem Fall wird mittels t-Test für verbundene Stichproben auf statistisch signifikante Unterschiede getestet. Für dieses Verfahren müssen die Messwertdifferenzen zwischen VG und KG gebildet werden. Diese Differenzen werden gebildet, indem die WML-Parameter der KG von denen der VG abgezogen werden. Ein großer Wert steht für eine große Differenz. Ist der Wert positiv, so ist die Leistung der Person der VG besser als die, der Person der KG und umgekehrt (vgl.: Tab.7-10). Für diese Auswertung dienen die WML-Parameterdifferenzen als abhängige Variable.

Paar	WML-Parameter		WML-Par. Differenz VG - KG	Rohscore		Rohscore Differenzen VG - KG
	VG	KG		VG	KG	
1	-0.5196	-1.6181	1.0985	8	4	4
2	-0.2830	0.1768	-0.4598	9	11	-2
3	1.1317	0.4060	0.7257	15	12	3
4	-1.6181	-1.0256	-0.5925	4	6	-2
5	-0.5196	-1.3063	0.7867	8	5	3
6	-1.0256	-0.2830	-0.7426	6	9	-3
7	0.4060	0.8793	-0.4733	12	14	-2
8	-0.0519	-0.0519	0.00	10	10	0
9	-1.0256	-0.7656	-0.2600	6	7	-1
10	2.4761	-0.5196	2.9957	19	8	11
11	-1.0256	-1.6181	0.5925	6	4	2
12	1.4028	-0.5196	1.9224	16	8	8
13	-0.0519	-1.6181	1.5662	10	4	6
14	1.1317	0.1768	0.9549	15	11	4
15	2.4761	1.4028	1.0733	19	16	3
16	-0.7656	0.4060	-1.1716	7	12	-5
17	0.6390	0.8793	-0.2403	13	14	-1
18	-0.2830	-2.4230	2.1400	9	2	7
19	1.4028	1.1317	0.2711	16	15	1
20	0.6390	3.0741	-2.4351	13	20	-7
21	-0.2830	-1.9786	1.6956	9	3	6
22	-0.0519	-2.4230	2.3711	10	2	8
23	0.4060	1.7027	-1.2967	12	17	-5
24	-0.0519	-0.5196	0.4677	10	8	2
25	1.1317	-1.0256	2.1573	15	6	9
26	-0.2830	0.6390	-0.9220	9	13	-4
27	2.4761	-0.0519	2.5280	19	10	9
28	0.8793	0.4060	0.4733	14	12	2
29	-0.5196	-0.2830	-0.2366	8	9	-1
30	-1.0256	-0.7656	-0.2600	6	7	-1
31	-0.0519	0.8793	-0.9312	10	14	-4
32	-0.5196	-0.5196	0.00	8	8	0
33	-0.2830	-1.6181	1.3351	9	4	5

Tabelle 7-10: WML-Parameterdifferenzen und Rohscoredifferenzen (VG - KG)

Bevor dieses hypothesenprüfende Verfahren jedoch angewendet werden kann, muss überprüft werden, ob die Voraussetzungen dafür erfüllt sind. Zuerst erfolgt die Prüfung auf Normalverteilung der Messwertdifferenzen der KG und VG mittels Kolmogorov-Smirnov-Test:

	WML-Parameter VG-KG
N	33
Kolmogorov-Smirnov-Z	.585
Asymptotische Signifikanz	.884

Tabelle 7-11: Prüfung auf Normalverteilung der Messwertdifferenzen

Das Ergebnis zeigt mit $p=.884$, dass auch für diese Daten eine Normalverteilung angenommen werden kann (vgl.: Tab.7-11). Die grafische Darstellung untermauert dieses statistische Ergebnis (vgl.: Abb.7-8).

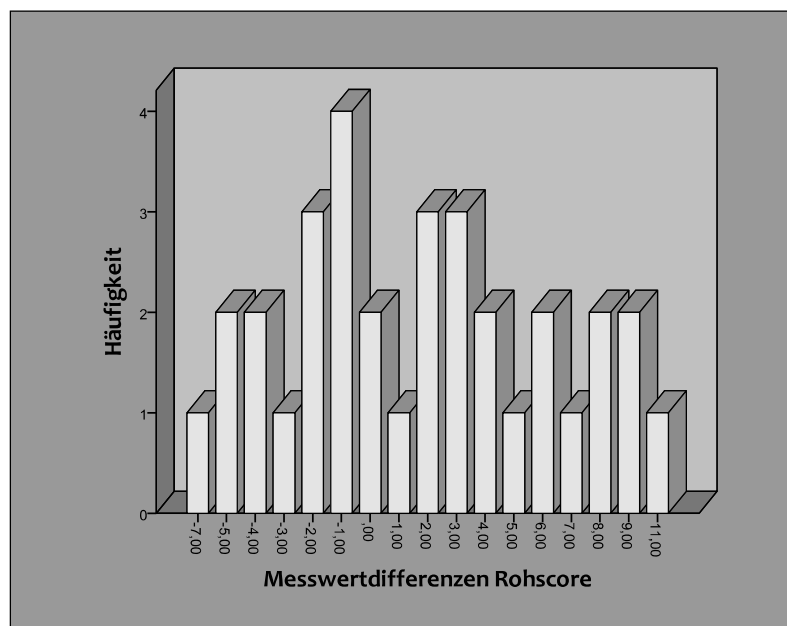


Abbildung 7-8: Verteilung der Messwertdifferenzen (VG - KG)

Da die Rohscores in WML-Fähigkeitsparameter transformiert werden, wird ebenfalls die Voraussetzung der intervallskalierten Variablen erfüllt. Somit ist die Anwendung eines t-Test für verbundene Stichproben zulässig.

Zuerst wird die Korrelation der Messwertreihen genauer betrachtet, da ein gewisser Zusammenhang bei verbundenen Stichproben erwartet wird.

	N	Korrelation	Signifikanz
Messwertpaare	33	.395	.023

Tabelle 7-12: Korrelation der WML-Parameter der VG und KG

Es zeigt sich, dass mit $r=.395$ die Korrelation zwar nicht groß, aber mit $p=.023$ signifikant ist (vgl.: Tab.7-12). Dies bedeutet, dass tendenziell hohe/niedrige EST-Rohwerte von TaucherInnen mit hohen/niedrigen EST-Rohwerten von Nicht-TaucherInnen einhergehen. Dieser Zusammenhang lässt sich gut in einem Verbundliniendiagramm veranschaulichen (vgl.: Abb.7-9). Außerdem ist zu erkennen, dass bei paarweiser Anordnung der Rohscores in der Gruppe der TaucherInnen häufiger höhere Werte vorkommen als in der Gruppe der Nicht-TaucherInnen. Zweimal liegen identische Rohscores für ein Personenpaar vor.

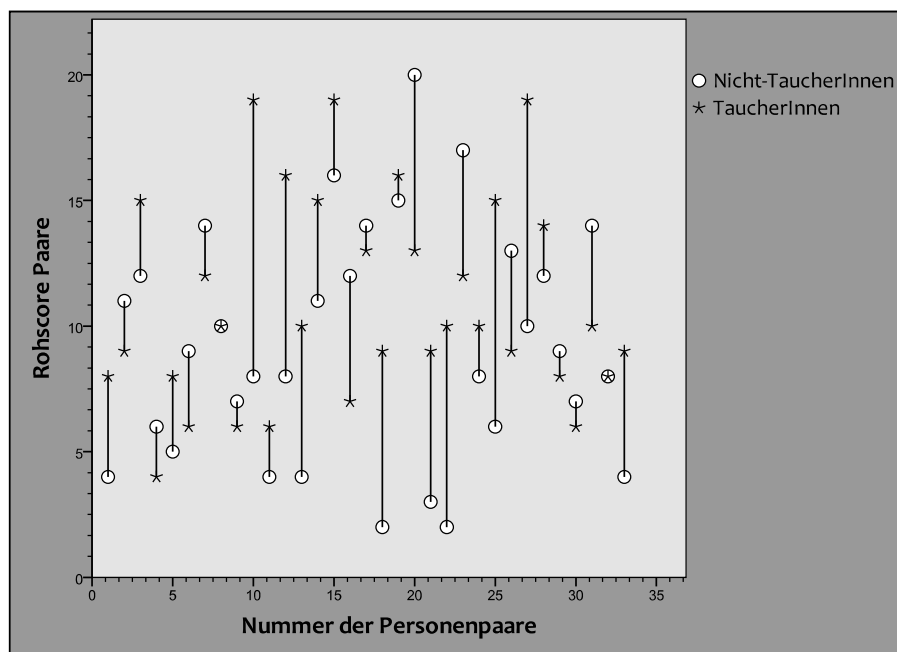


Abbildung 7-9: Verbundliniendiagramm der EST-Rohscores für die Personenpaare

Das Ergebnis des t-Tests für abhängige Stichproben ist mit $p=.046$ signifikant (vgl.: Tab.7-13).

	Gepaarte Differenzen		t	df	Signifikanz
	Mittelwert	Standardabweichung			
Messwertpaare Rohscore	1.667	4.655			
Messwertpaare WML-Parameter	0.4585879	1.2705566	2.073	32	.046

Tabelle 7-13: t-Test für verbundene Stichproben der WML-Parameter (inkl. Mw und Sb der Rohscore Differenzen)

Da die VG einen höheren Mittelwert aufweist als KG, kann gesagt werden, dass TaucherInnen (wenn gewisse Störfaktoren konstant gehalten werden) bessere Raumvorstellungsleistungen erbringen als Nicht-TaucherInnen. Im Falle einer abhängigen Auswertung würde die H1 demnach angenommen werden.

Das Ergebnis bei paarweiser Auswertung unterscheidet sich damit vom Ergebnis der unabhängigen Auswertung.

Unterschiede im EST zwischen und innerhalb der Geschlechtergruppen

Unabhängige Auswertungen

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Geschlechtergruppen bezogen auf die erzielten Ergebnisse im EST ($\mu_1 = \mu_2 = \mu$).

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Geschlechtergruppen bezogen auf die erzielten Ergebnisse im EST ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu$).

Um die Geschlechtergruppen auf signifikante Mittelwertsunterschiede zu untersuchen, wird ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Dabei ist die unabhängige Variable (UV) das Geschlecht, die AV der WML-Fähigkeitsparameter. Die Prüfung auf Normalverteilung und auf Homogenität der Varianzen sind die Voraussetzungen für die Anwendung dieses parametrischen Verfahrens.

Ein Blick auf die deskriptive Statistik für Rohscore und WML-Parameter der Geschlechtergruppen zeigt, dass der Mittelwert der Frauen (erwartungsgemäß) kleiner ist als der Mittelwert der Männer (vgl.: Tab. 7-14).

	N	Mittelwert Rohscore	Standardabweichung Rohscore	Mittelwert WML-Parameter	Standardabweichung WML-Parameter
Frauen	20	8.85	3.801	-0.358940	0.9486748
Männer	46	10.61	4.568	0.103565	1.2298762

Tabelle 7-14: Deskriptive Statistik für Rohscores und WML-Parameter in den Geschlechtergruppen

Die Überprüfung der Voraussetzungen ergibt, dass die Daten normalverteilt (mit $p=.943$ bzw. $p=.571$; vgl.: Tab.7-15) und die Varianzen homogen sind (mit $p=.313$; vgl.: Tab.7-16). Demnach ist die Anwendung des t-Tests gerechtfertigt.

	WML-Parameter Frauen	WML-Parameter Männer
N	20	46
Kolmogorov-Smirnov-Z	.528	.783
Asymptotische Signifikanz	.943	.571

Tabelle 7-15: Prüfung auf Normalverteilung der WML-Parameter für die Geschlechtergruppen

	Levene-Test		t-Test		
	F	Signifikanz	t	df	Signifikanz
WML-Parameter	1.032	.313	1.497	64	.139

Tabelle 7-16: Levene Test und t-Test für unabhängige Stichproben - AV=WML-Parameter und UV=Geschlecht

Obwohl sich die Mittelwerte der Geschlechtergruppen unterscheiden (Gruppe der Frauen $M_w=8.85$; Gruppe der Männer $M_w=10.61$), führt der t-Tests mit $p=.139$ zu keinem signifikanten Ergebnis (vgl.: Tab.7-16). Es kann demnach kein Geschlechtsunterschied in dieser Stichprobe, bezogen auf die Leistungen im EST, nachgewiesen werden. Die H_0 wird beibehalten.

Es bleibt die Frage offen, ob mittels unabhängiger Testung ein Unterschied, bezogen auf die Leistungen im EST, innerhalb der Geschlechtergruppen bestätigt werden kann.

H_0 : Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten der TaucherInnen und der Nicht-TaucherInnen innerhalb einer Geschlechtergruppe bezogen auf die erzielten Ergebnisse im EST ($\mu_1 = \mu_2 = \mu$).

H_1 : Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten der TaucherInnen und der Nicht-TaucherInnen innerhalb einer Geschlechtergruppe bezogen auf die erzielten Ergebnisse im EST ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu$).

Die deskriptive Statistik zeigt für beide Gruppen, dass TaucherInnen im Durchschnitt höhere Rohscores erzielt haben als Nicht-TaucherInnen (vgl.: Tab.7-17).

	N	Mittelwert TaucherInnen	Standardabweichung TaucherInnen	Mittelwert Nicht- TaucherInnen	Standardabweichung Nicht-TaucherInnen
Frauen	10	10.20	3.584	7.50	3.689
Männer	23	11.22	4.327	10.00	4.815

Tabelle 7-17: Deskriptive Statistik des Rohscores innerhalb der Geschlechtergruppen

Tabelle 7-18 und 7-19 zeigen, dass bei unabhängiger Testung kein signifikantes Ergebnis zustande kommt. Mit $p=.097$ gilt dies sowohl für die Frauengruppe als auch mit $p=.339$ für die Männergruppe (Varianzhomogenität ist auch hier gegeben mit $p=.750$ bzw. $p=.677$).

Allerdings muss erwähnt werden, dass die Subgruppen sehr kleine Gruppen sind und die Anwendung eines t-Test für unabhängige Gruppen zwar erlaubt, deren Aussagekraft allerdings nicht zu hoch zu bewerten ist.

Frauen	Levene-Test		t-Test		
	F	Signifikanz	t	df	Signifikanz
WML-Parameter	.105	.750	1.753	18	.097

Tabelle 7-18: t-Test für unabhängige Stichproben innerhalb der Gruppe der Frauen

Männer	Levene-Test		t-Test		
	F	Signifikanz	t	df	Signifikanz
WML-Parameter	.176	.677	.967	44	.339

Tabelle 7-19: t-Test für unabhängige Stichproben innerhalb der Gruppe der Männer

Abhängige Auswertung

Auch hier soll unter der Annahme, abhängige Daten sind aufgrund der Matched Samples gegeben, ein paarweiser Vergleich innerhalb der Geschlechtergruppen zum Vergleich erfolgen. Daher werden folgende Hypothesen mittels t-Test für verbundene Stichproben untersucht:

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Merkmalsdifferenzen der Vergleichspaare innerhalb einer Geschlechtergruppe bezogen auf die erzielten Ergebnisse im EST ($\mu_{1a} - \mu_{1b} = \mu_a - \mu_b$).

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Merkmalsdifferenzen der Vergleichspaare innerhalb einer Geschlechtergruppe bezogen auf die erzielten Ergebnisse im EST ($\mu_{1a} - \mu_{1b} \neq \mu_a - \mu_b$).

Der Berechnung des t-Tests geht die Betrachtung der Korrelationen der Messwertpaare getrennt nach Geschlecht voraus. Für beide Gruppen zeigen sich positive Zusammenhänge, die nicht signifikant oder statistisch bedeutsam sind (vgl.: Tab.7-20).

	N	Korrelation	Signifikanz
Messwertpaare Frauen	10	.442	.201
Messwertpaare Männer	23	.365	.087

Tabelle 7-20: Korrelation der WML-Messwertpaare getrennt nach Geschlecht

Der t-Test für abhängige Stichproben zeigt für die Gruppe der Frauen mit $p=.044$ ein signifikantes Ergebnis (vgl.: Tab.7-21), für die Gruppe der Männer mit $p=.239$ jedoch keinen signifikanten Unterschied (vgl.: Tab.7-22).

Frauen	Gepaarte Differenzen		t	df	Signifikanz
	Mittelwert	Standardabweichung			
Messwertpaare Rohscore	2.700	3.773			
Messwertpaare WML-Parameter	0.7063000	0.9529132	2.344	9	.044

Tabelle 7-21: t-Test für verbundene Stichproben der WML-Parameter (inkl. Mw und Sb der Rohscore Differenzen)

Männer	Gepaarte Differenzen		t	df	Signifikanz
	Mittelwert	Standardabweichung			
Messwertpaare Rohscore	1.217	5.000			
Messwertpaare WML-Parameter	0.3508870	1.3916186	1.209	22	.239

Tabelle 7-22: t-Test für verbundene Stichproben der WML-Parameter (inkl. Mw und Sb der Rohscore Differenzen)

Innerhalb der Frauengruppe besteht laut abhängiger Testung ein signifikanter Unterschied zu Gunsten der TaucherInnen (vgl.: Tab.7-17, S. 87). Demnach erbringen Frauen, die tauchen, bessere Raumvorstellungsleistungen, als Frauen, die keinerlei Erfahrungen darin haben.

Berechnungen für die Leistungen im EST, die Anzahl an Tauchgängen und das Alter

Die Überprüfung der folgenden drei Fragestellungen erfolgt unter Ausschluss der Nicht-TaucherInnen, da in dieser Gruppe alle Personen null Tauchgänge absolviert haben und dies die Auswertungen verzerren würde (z.B. würde eine Korrelation zwischen der Anzahl an Tauchgängen und der Leistung im EST in der Gruppe der Nicht-TaucherInnen zu einem $r \approx 0$ führen, was logisch schlussgefolgert werden kann und inhaltlich wenig informativ ist).

Zuerst wird geklärt, ob die Anzahl an Tauchgängen mit der Leistung im EST korreliert:

H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl an absolvierten Tauchgängen und den erzielten Ergebnissen im EST ($R_{oh} = 0$).

H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl an absolvierten Tauchgängen und den erzielten Ergebnissen im EST ($R_{oh} \neq 0$).

Die Variable *Tauchgänge*, welche über die Anzahl an absolvierten Tauchgängen Auskunft gibt, kann wie auch die WML-Fähigkeitsparameter zu den metrischen Daten gezählt werden. Da sie einen natürlichen Nullpunkt besitzt, hat sie Rationalskalen-Niveau. Die Anwendung der Produkt-Moment-Korrelation ist daher zulässig. Diese ergibt einen sehr kleinen und nicht signifikanten Zusammenhang von $r = -.212$ (vgl.: Tab.7-23). Das Bestimmtheitsmaß für eine Korrelation von $-.212$ beträgt nur 0.044944. Dies bedeutet, dass eine Variable nur 4.49% der anderen erklärt, was statistisch unbedeutend ist. Da die Korrelation nicht signifikant ist, wird die Nullhypothese beibehalten.

Es ist jedoch interessant, dass, entgegen den Erwartungen, dieser Zusammenhang negativ ist. Demnach erzielen tendenziell TaucherInnen mit weniger Tauchgängen (im Folgenden mit TG abgekürzt) bessere Leistungen als TaucherInnen mit einer größeren Anzahl an Tauchgängen und umgekehrt.

	Anzahl der TG		
	N	Korrelationskoeffizient	Signifikanz
WML-Parameter	33	-.212	.236

Tabelle 7-23: Produkt-Moment-Korrelation der WML-Parameter und Anzahl an TG in der VG

Die Veranschaulichung der Daten durch ein Streudiagramm (vgl.: Abb.7-10) untermauert diesen Sachverhalt. Das Diagramm zeigt deutlich, dass kein linearer Zusammenhang der Variablen vorliegt und, dass Personen mit weniger Tauchgängen höhere Werte aufweisen. Außerdem zeigt das Diagramm, dass nur wenige Personen mit mehr als 2000 Tauchgängen in der Stichprobe vorhanden sind. Die Mehrheit der Personen liegt darunter.

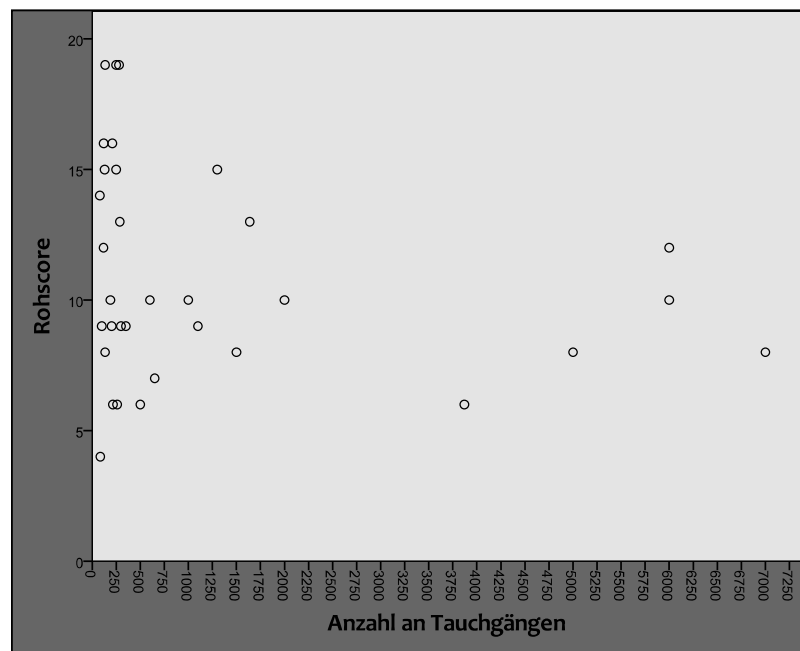


Abbildung 7-10: Streudiagramm der Variablen Tauchgänge und Rohscore innerhalb der VG

Es wird außerdem die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Alter und Tauchgängen untersucht:

H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl an absolvierten Tauchgängen und dem Alter der Testpersonen ($Roh = 0$).

H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl an absolvierten Tauchgängen und dem Alter der Testpersonen ($Roh \neq 0$).

Genau wie die Variable Tauchgänge besitzt auch die Variable Alter einen natürlichen Nullpunkt und weist damit Rationalskalen-Niveau auf. Es wird ebenfalls eine Produkt-Moment-Korrelation berechnet. Das Ergebnis zeigt eine (mittelmäßige) Korrelation von $r=.617$ und ist mit $p<0.001$ signifikant (vgl.: Tab.7-24). Das Bestimmtheitsmaß für diese Korrelation beträgt 0.380689 was bedeutet, dass eine Variable zu 38.07% die andere erklärt.

Diese Korrelation lässt die Aussage zu, dass mit zunehmendem Alter TaucherInnen häufig mehr Tauchgänge aufweisen als in jüngeren Jahren. Jedoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass noch andere Variablen diesen Zusammenhang mitverursachen (vgl.: Abb.7-11).

	Anzahl der TG		
	N	Korrelationskoeffizient	Signifikanz
Alter	33	.617	.000

Tabelle 7-24: Produkt-Moment-Korrelation der Variablen Alter und Tauchgänge innerhalb der VG

Da die Nullhypothese absolut keinen Zusammenhang, die Alternativhypothese im Gegensatz dazu jedoch einen Zusammenhang (egal wie hoch) postuliert, wird zwar die Nullhypothese zu Gunsten der Alternativhypothese verworfen, eine statistisch sehr aussagekräftige Korrelation kann jedoch nicht nachgewiesen werden. Viel eher weist diese Korrelation in die Richtung, die auch dem natürlichen Verständnis nach erwartet wird.

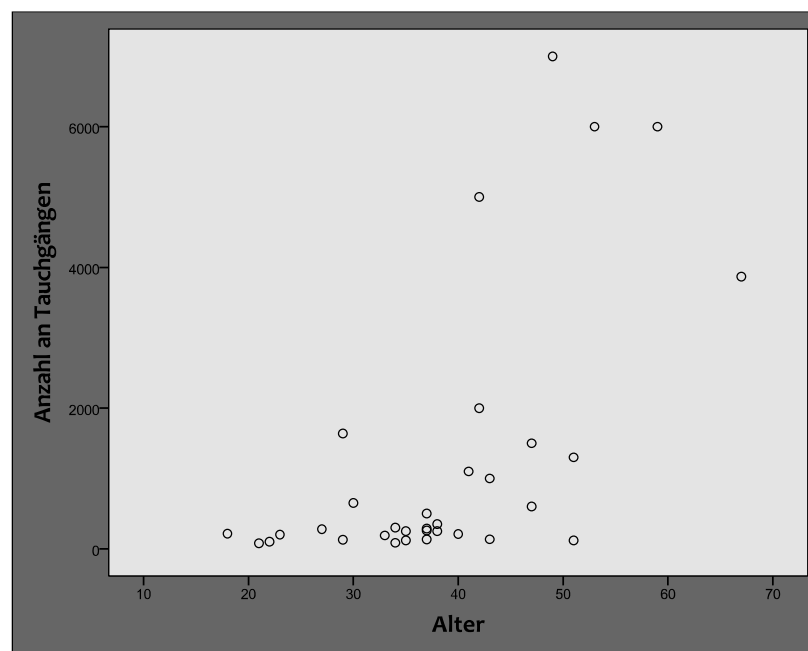


Abbildung 7-11: Streudiagramm der Variablen Alter und Tauchgänge in der VG

Die negative (wenn auch nicht signifikante) Korrelation aus Tabelle 7-23, (S. 89) gibt Hinweise darauf, dass möglicherweise TaucherInnen mit wenigen Tauchgängen bessere Ergebnisse im EST erzielen als Personen mit vielen Tauchgängen. Um dies zu überprüfen wird die VG in zwei Subgruppen aufgeteilt. Da die Stichprobe klein ist, bietet der Median eine gute Möglichkeit, um annähernd gleich große (wenn auch gleich kleine) Gruppen zu erzeugen.

Eine deskriptive Statistik der Variable Tauchgänge innerhalb der VG ergibt, dass der Median bei 287 Tauchgängen liegt (vgl.: Tab.7-25). Da es zwischen 287 und 299 keine Merkmalsausprägungen gibt, wird zur Vereinfachung aufgerundet, um den Trennungswert zu erhalten: Subgruppe I hat weniger und Subgruppe II hat mehr als 290 Tauchgänge.

	VG	Subgruppe I	Subgruppe II
N	33	17	16
Mittelwert	1268.27	179.12	2425.50
Standardabweichung	1957.350	70.558	2322.730
Median	287	190	1400
Minimum	80	80	300
Maximum	7000	287	7000

Tabelle 7-25: Deskriptive Statistik der Variable Tauchgänge für die VG und ihren Subgruppen

Tabelle 7-25 zeigt, dass die Merkmalsstreuung der Variable Tauchgänge in Subgruppe II deutlich höher ist als in Subgruppe I. Dies ist dadurch zu erklären, dass Testpersonen mit sehr vielen Tauchgängen weniger häufig in der Stichprobe vorkommen und die meisten TaucherInnen deutlich unter 1000 Tauchgänge absolviert haben (siehe Abb.7-10, S. 90). Dies liegt vermutlich auch daran, dass die Stichprobe in Österreich gezogen wurde. Aufgrund der erschwerten Bedingungen in österreichischen Gewässern (z.B. Kälte, verminderte Sicht), werden selbst professionelle TaucherInnen weniger Tauchgänge pro Jahr absolvieren als professionelle TaucherInnen in wärmeren Gewässern.

Die Mittelwerte der Subgruppen bestätigen die vorgefundene, negative Korrelation zwischen Tauchgängen und Leistung im EST. Subgruppe I weist einen höheren Rohscore-Mittelwert auf als Subgruppe II, aber auch höher als die gesamte Gruppe der TaucherInnen (vgl.: Tab.7-26).

	VG	Subgruppe I	Subgruppe II
Rohscore-Mittelwert	10.91	12.35	9.38
Rohscore Standardabweichung	4.088	4.834	2.419
WML-Parameter - Mittelwert	0.192706	0.565576	-0.203469
WML-Parameter - Standardabw.	1.0572785	1.2736177	0.5740126

Tabelle 7-26: Deskriptive Statistik der WML-Parameter und Rohscores getrennt für die VG und ihren Subgruppen

Um dies genauer zu untersuchen werden folgende Hypothesen formuliert und statistisch untersucht:

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten im EST von TaucherInnen, die weniger bzw. mehr als 290 Tauchgänge absolviert haben ($\mu_1 = \mu_2 = \mu$).

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten im EST von TaucherInnen, die weniger bzw. mehr als 290 Tauchgänge absolviert haben ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu$).

Wieder werden die Normalverteilung und Varianzhomogenität der WML-Fähigkeitsparameter (diesmal jedoch getrennt für die gebildeten Subgruppen I+II) untersucht. Der Kolmogorov-Smirnov-Test ergibt für beide Subgruppen ein nicht signifikantes Ergebnis (vgl.: Tab.7-27). Es kann demnach von einer Normalverteilung innerhalb der Subgruppen ausgegangen werden.

	WML-Parameter Subgruppe I	WML-Parameter Subgruppe II
N	17	16
Kolmogorov-Smirnov-Z	.452	.833
Asymptotische Signifikanz	.987	.491

Tabelle 7-27: Prüfung auf Normalverteilung der WML Parameter innerhalb der Subgruppen

Der Levene-Test hingegen ergibt ein signifikantes Ergebnis mit $p=.003$ (vgl.: Tab.7-28).

Levene Test	F	Signifikanz
WML-Parameter	10.794	.003

Tabelle 7-28: Levene-Test der WML-Parameter für die Subgruppen I+II

Es darf also, aufgrund der Varianzheterogenität, kein Students t-Test für unabhängige Stichproben (und homogene Varianzen) berechnet werden. Stellvertretend wird Welchs t-Test für heterogene Varianzen angewandt, um die Fragestellung zu beantworten (vgl.: Tab.7-29).

	Welch's t-Test		
	t	df	Signifikanz
WML-Parameter	2.258	22.532	.034

Tabelle 7-29: Welch-Test für AV=WML-Parameter und UV=Subgruppe I+II

Das Ergebnis ist mit $p=.034$ signifikant. Es wird daher die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen. Es gibt also einen signifikanten Unterschied zwischen Personen aus Subgruppe I und Subgruppe II und zwar dahingehend, dass Personen mit weniger als 290 Tauchgängen bessere Ergebnisse im EST erzielt haben als Personen mit mehr als 290 Tauchgängen.

Berechnungen für die Leistungen im EST, Darstellende Geometrie und VG/KG

Zuerst wird der Frage nachgegangen, ob der in der Literatur vielfach beschriebene Unterschied zwischen Personen mit und ohne Unterricht in DG, auch in der vorliegenden Stichprobe nachgewiesen werden kann. Folgende Hypothesen werden formuliert:

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten im EST von Personen, die Unterricht in Darstellender Geometrie hatten und denen, die keinen Unterricht darin hatten ($\mu_1 = \mu_2 = \mu$).

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten im EST von Personen, die Unterricht in Darstellender Geometrie hatten und denen, die keinen Unterricht darin hatten ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu$).

Die Prüfung auf Normalverteilung der Gruppe mit bzw. ohne Unterricht in DG ergibt in beiden Fällen nicht signifikante Ergebnisse mit $p=.900$ und $p=.564$ (vgl.: Tab.7-30).

	Gruppe mit DG	Gruppe ohne DG
N	28	38
Kolmogorov-Smirnov-Z	.571	.788
Asymptotische Signifikanz	.900	.564

Tabelle 7-30: Prüfung auf NV der WML-Parameter gruppiert nach der Variable DG

Da auch der Levene-Test mit $p=.860$ nicht signifikant ist und damit von einer Varianzhomogenität ausgegangen werden kann, darf ein t-Test für unabhängige Stichproben und homogene Varianzen berechnet werden (vgl.: Tab.7-31). Natürlich ist auch hier die Leistung im EST (WML-Fähigkeitsparameter) die abhängige Variable, die Variable DG die Unabhängige.

	Levene-Test		t-Test		
	F	Signifikanz	t	df	Signifikanz
WML-Parameter	.031	.860	-3.573	64	.001

Tabelle 7-31: Levene-Test und t-Test für unabhängige Stichproben - AV=WML-Parameter und UV=DG

Da der t-Test mit $p=.001$ signifikant ist, wird die H_0 zugunsten der H_1 verworfen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen kann also auch in der vorliegenden Stichprobe nachgewiesen werden.

Eine deskriptive Statistik gibt Aufschlüsse darüber, in welche Richtung dieser Unterschied geht (vgl.: Tab.7-32). Da die Werte der Personen mit Unterricht in DG im Durchschnitt höher liegen als die Werte der Personen ohne Unterricht in DG, kann folgende Aussage getroffen werden: Personen, die Unterricht in Darstellender Geometrie hatten, schneiden im EST signifikant besser ab, als Personen die keinen Unterricht in DG hatten.

DG	N	Mittelwert Rohscore	Standardabweichung Rohscore	Mittelwert WML-Parameter	Standardabweichung WML-Parameter
ja	28	12.21	3.823	0.512504	0.9933828
nein	38	8.50	4.157	-0.441182	1.1251659

Tabelle 7-32: Mittelwerte und Standardabweichungen der WML-Parameter und des Rohscores gruppiert nach DG

Außerdem interessiert, ob zwischen den Variablen DG und *Gruppe* (VG/KG) Wechselwirkungen bestehen, was im Folgenden anhand einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (VA) überprüft werden soll.

H_0 : Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten der Leistungen im EST gruppiert nach den Faktoren Gruppe und DG ($\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu$).

H_1 : Mindestens ein Gruppenmittelwert der Leistungen im EST, gruppiert nach den Faktoren Gruppe und DG, unterscheidet sich signifikant von den anderen ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu$).

Das für die VG und die KG, sowie für die Gruppe mit DG-Unterricht und ohne DG-Unterricht eine Normalverteilung besteht, wurde schon weiter oben dargestellt.

Der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen ergibt jedoch ein signifikantes Ergebnis mit $p=.033$ (vgl.: Tab.7-33). Damit werden die Voraussetzungen für die Berechnung einer univariaten multifaktoriellen VA nicht erfüllt.

Levene Test	F	df1	df2	Signifikanz
WML-Parameter	3.100	3	62	.033

Tabelle 7-33: Levene-Test auf Homogenität der Fehlervarianz

Aus Mangel an einer adäquaten nicht-parametrischen Alternative zur Berechnung der Wechselwirkungen, wird unter Vorbehalt dennoch die Anova berechnet. Für die Berechnungen werden die WML-Parameter als abhängige Variable, die beiden anderen Variablen als Faktoren verwendet.

Die Anova ergibt mit $p=.002$ ein signifikantes Ergebnis für das Gesamtmodell. 20.6% der Varianz in der abhängigen Variable werden durch das Modell erklärt (bzw. korrigiert 16,8%). Der Faktor DG ist mit $p=.001$ ebenfalls signifikant. Der Faktor Gruppe mit $p=.082$ nicht. Für die Wechselwirkung der beiden Faktoren ergibt die Varianzanalyse mit $p=.817$ ein nicht signifikantes Ergebnis (vgl.: Tab.7-34).

	df	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	3	5.375	.002
Faktor DG	1	12.995	.001
Faktor Gruppe	1	3.128	.082
DG * Gruppe	1	.054	.817

a. R-Quadrat = .206 (korrigiertes R-Quadrat = .168)

Tabelle 7-34: Univariate VA für WML-Parameter und Faktoren DG und Gruppe

Da eine einfache VA zum selben Ergebnis führen sollte wie ein t-Test, ist das Ergebnis für den Faktor DG ein erwartetes Resultat und dient der Bestätigung der zuvor untersuchten Forschungsfrage. Das Ergebnis für den Faktor Gruppe entspricht dem Ergebnis der unabhängigen Auswertung der Hauptforschungsfrage. Auch dort zeigt sich ein nicht signifikantes Ergebnis beim Gruppenvergleich (vgl.: Tab.7-9, S. 81).

Da die Alternativhypothese behauptet, dass sich mindestens eine Gruppe statistisch unterscheidet, muss die H_0 verworfen und die H_1 angenommen werden. Wie schon erwähnt ist dieses Ergebnis allerdings mit Vorsicht zu betrachten.

Berechnungen für die Leistungen im EST, Darstellende Geometrie und Subgruppe I+II

In den vorausgehenden Berechnungen wurde gezeigt, dass zwischen den Gruppen, die DG-Unterricht hatten bzw. nicht hatten und den Gruppen, die mehr bzw. weniger als 290 Tauchgänge haben, signifikante Unterschiede in der Leistung im EST bestehen.

Zur Bestätigung dieser Ergebnisse und zur Überprüfung, ob zwischen diesen unabhängigen Variablen Wechselwirkungen bestehen, wird eine univariate, zweifaktorielle Varianzanalyse berechnet (inklusive Test auf Homogenität der Varianzen). Da unterschiedliche Gruppengrößen die Varianzhomogenität beeinflussen können, werden auch hier die Nicht-TaucherInnen von der Berechnung ausgeschlossen.

Die Normalverteilung in den einzelnen Untergruppen wurde schon weiter oben demonstriert (vgl.: Tab.7-27, S. 93 und Tab.7-30, S. 94). Der Levene-Test zeigt mit $p=.262$, dass Varianzhomogenität angenommen werden darf (vgl.: Tab.7-35).

Levene Test	F	df1	df2	Signifikanz
WML-Parameter	1.403	3	29	.262

Tabelle 7-35: Levene-Test auf Homogenität der Fehlervarianz

Demnach darf hier die geplante Varianzanalyse durchgeführt werden. Wie schon zuvor dienen die WML-Fähigkeitsparameter als abhängige Variable. Als Faktoren dienen die Variablen DG und *Tauchgangsgruppe* - kurz TTG (Subgruppe I bzw. II).

	df	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	3	11.852	.000
Faktor DG	1	15.014	.001
Faktor Tauchgangsgruppe	1	12.493	.001
DG * TGG	1	11.153	.002

a. R-Quadrat = .551 (korrigiertes R-Quadrat = .504)

Tabelle 7-36: Univariate VA für WML-Parameter und Faktoren DG und TGG

Dieses Modell erklärt einen Varianzanteil von 55.1% (bzw. korrigiert 50,4%) und ist mit $p<.001$ signifikant. Sowohl der Faktor TGG (mit $p=.002$) als auch der Faktor DG (mit $p=.001$) sind signifikant. Gleiches gilt mit $p=.002$ für die Wechselwirkungen der beiden Faktoren (vgl.: Tab.7-36).

Bevor die Faktoren und ihre Wechselwirkung interpretiert werden können, müssen ihre Interaktionsdiagramme betrachtet werden (vgl.: Abb.7-12 und Abb.7-13).

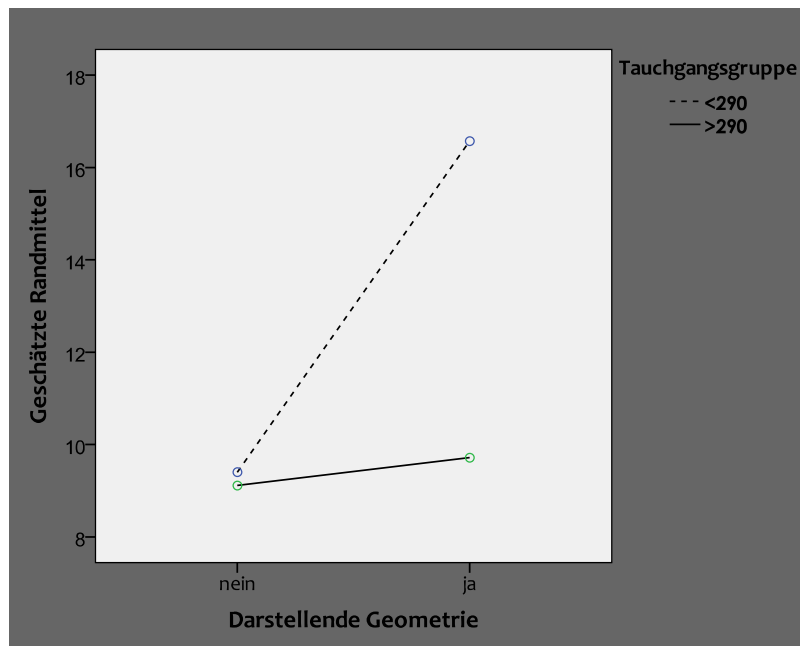


Abbildung 7-12: Interaktionsdiagramm für Faktor DG

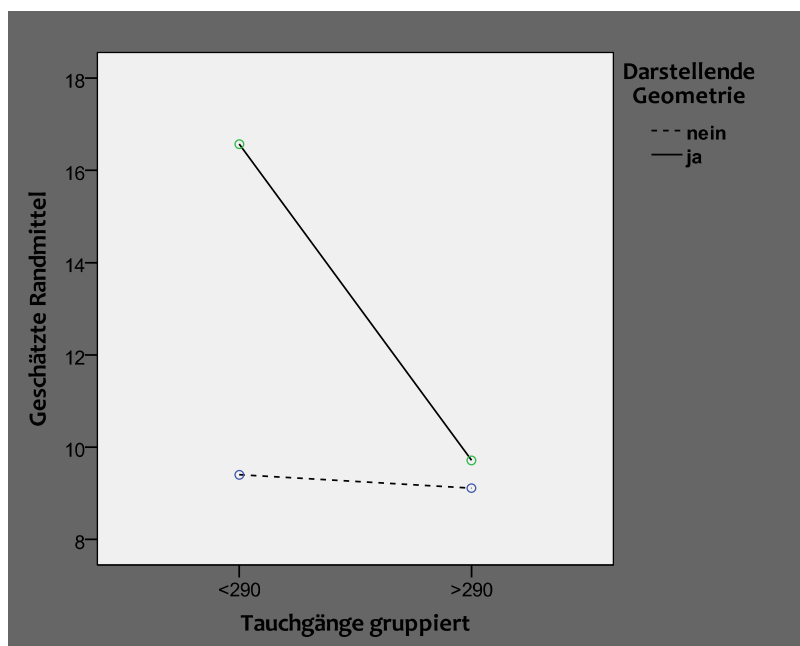


Abbildung 7-13: Interaktionsdiagramm für Faktor TGG

Es ist klar ersichtlich, dass die Graphen in ihren jeweiligen Interaktionsdiagrammen nicht parallel, aber gleichsinnig verlaufen und somit eine ordinale Interaktion erkennbar ist (Bortz & Döring, 2005, S. 534 & S. 535). Demnach dürfen beide Haupteffekte global interpretiert werden:

- Personen mit weniger als 290 Tauchgängen erzielen signifikant bessere Ergebnisse im EST als Personen mit mehr als 290 Tauchgängen.

- Personen die DG-Unterricht hatten, erzielten signifikant bessere Ergebnisse im EST als Personen, die keinen hatten.

Aufgrund der signifikanten Wechselwirkungen können für die Faktoren DG und TTG noch folgende Aussagen aus den Diagrammen abgelesen werden:

- TaucherInnen die Unterricht in DG erhalten haben und weniger als 290 Tauchgänge absolviert haben, erzielten im Durchschnitt höhere Leistungen im EST als die übrigen TaucherInnen.
- TaucherInnen die keinen Unterricht in DG erhalten haben und mehr als 290 Tauchgänge absolviert haben, erzielten im Durchschnitt niedrigere Leistungen im EST als die übrigen TaucherInnen.
- Personen mit Unterricht in DG und mehr als 290 Tauchgängen schneiden im EST im Durchschnitt besser ab als Personen ohne Unterricht in DG und weniger als 290 Tauchgängen.

Zusammenhang zwischen der Leistung im EST und der Testdauer

H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Testdauer und den erzielten Ergebnissen im EST ($R_{oh} = 0$).

H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Testdauer und den erzielten Ergebnissen im EST ($R_{oh} \neq 0$).

Auch die Variable *Testdauer* besitzt einen natürlichen Nullpunkt und damit Rationalskalen-Niveau. Es darf daher auch in diesem Fall eine Produkt-Moment-Korrelation berechnet werden. Aufgrund von Beobachtungen während des Testvorgangs wird ein Ausreißer vermutet, also eine Person, die deutlich mehr Zeit als die übrigen TeilnehmerInnen für die Bearbeitung des EST benötigte. Um dies zu überprüfen und erste Hinweise zur Beantwortung der hier gestellten Frage zu erhalten, werden eine deskriptive Statistik (vgl.: Tab.7-37) und ein Streudiagramm (vgl.: Abb.7-14) angefertigt.

	Testdauer (in Minuten)
N	66
Mittelwert	15.89
Standardabweichung	7.288
Minimum	6
Maximum	51

Tabelle 7-37: Deskriptive Statistik der Variable Testdauer

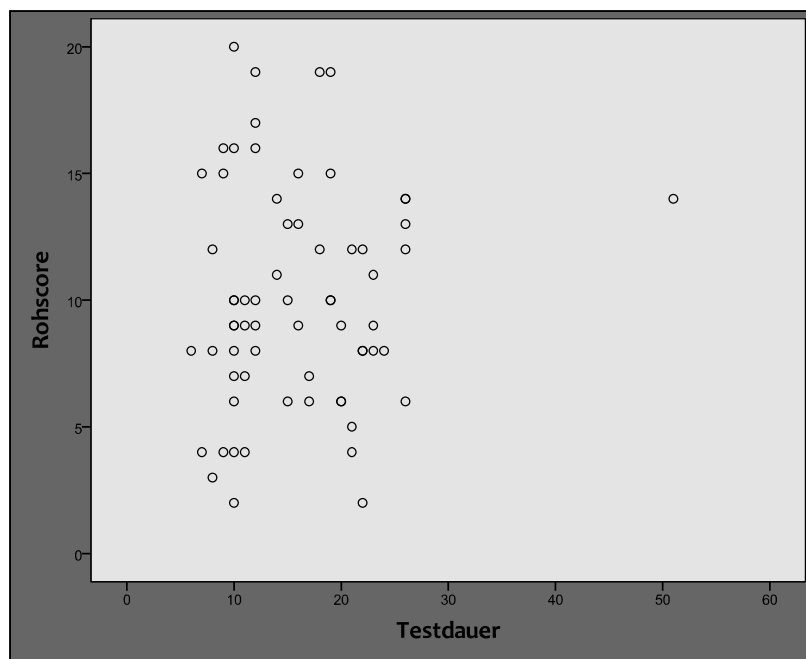


Abbildung 7-14: Streudiagramm der Variablen Testdauer und Rohscore

Tatsächlich zeigt sich ein Ausreißer, der bei 51 Minuten Bearbeitungsdauer liegt. Im Verhältnis dazu liegt der Mittelwert bei 15.89 Minuten, also deutlich darunter. Der Ausreißer liegt mehr als 4 Standardabweichungen vom Mittelwert entfernt. Deshalb wird dieser Extremwert von der Berechnung ausgeschlossen. Zusätzlich zeigt das Diagramm, dass vermutlich keine Korrelation zwischen Testdauer und Leistung im EST vorliegt. Dennoch wird dies statistisch überprüft (vgl.: Tab.7-38).

	Testdauer		
	N	Korrelationskoeffizient	Signifikanz
WML-Parameter	65	.022	.864

Tabelle 7-38: Produkt-Moment-Korrelation zwischen Testdauer und WML-Parameter

Wie erwartet zeigt sich eine Korrelation von $r=.022$, die gegen 0 geht und nicht signifikant ist. Daher wird die Nullhypothese beibehalten und die Alternativhypothese verworfen. Es kann also nicht von der Testdauer auf ein Ergebnis im EST geschlossen werden.

Unterschiede im EST innerhalb der VG bezogen auf unterschiedliche Zertifizierungslevel

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten der Zertifizierungsgruppen der TaucherInnen bezogen auf die erzielten Ergebnisse im EST ($\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_6 = \mu$).

H1: Mindestens ein Gruppenmittelwert der Zertifizierungsgruppen der TaucherInnen unterscheidet sich, bezogen auf die erzielten Ergebnisse im EST, signifikant von den anderen ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_6 \neq \mu$).

Diese Fragestellung wird ebenfalls aus theoretischen und inhaltlichen Überlegungen unter Ausschluss der Nicht-TaucherInnen durchgeführt. Durch die extrem unterschiedliche Größe der jeweiligen Zertifizierungsgruppen - die Nicht-TaucherInnen wären die mit Abstand größte Gruppe - sind statistische Verzerrungen wahrscheinlich. Außerdem interessiert vor allem der Unterschied innerhalb der TaucherInnen-Gruppe. Der Vergleich mit der Kontrollgruppe wurde schon in der Hauptforschungsfrage thematisiert.

Tabelle 7-39 gibt einen ersten Überblick über die Zertifizierungsgruppen und zeigt deren Stichprobengrößen, sowie Mittelwerte und Standardabweichungen (Zertifizierungsgruppen vgl.: Tab.7-4, S. 75).

Gruppennummer	Wertelabel	N	Rohscore		WML-Parameter	
			Mittelwert	SB	Mittelwert	SB
1	dm, dc	8	11.0	4.957	0.210425	1.2997732
2	assi	5	11.2	4.604	0.241700	1.1144656
3	owi, owsi, tl*	6	13.0	5.477	0.787233	1.4804801
4	msdt. tl**, mi	10	9.7	2.406	-0.129660	0.5663635
5	instr. trainer, tl****	2	11.5	4.950	0.306050	1.1676454
6	instr. certifier, tl****	2	9.0	1.414	-0.285750	0.3307138

Tabelle 7-39: Deskriptive Statistiken für Rohscores und WML-Parameter innerhalb der Zertifizierungsgruppen

Die Tabelle zeigt, dass die Zertifizierungsgruppen 5 und 6 jeweils nur 2 Personen beinhalten. Die Berechnung einer Varianzanalyse ist zwar mit derart kleinen Gruppengrößen möglich, jedoch wenig sinnvoll. Deshalb werden diese beiden Zertifizierungsgruppen für diese Berechnung aus dem Datensatz ausgeschlossen. Die verbleibenden 4 Gruppen werden für die

Berechnung herangezogen, jedoch wird darauf hingewiesen, dass auch die restlichen Zertifizierungsgruppen sehr kleine Gruppengrößen aufweisen.

Analog zu den vorhergehenden Forschungsfragen wird mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests die Normalverteilung der Daten überprüft. Da in allen Gruppen $p > .05$ beträgt und damit kein Ergebnis signifikant ist, wird eine Normalverteilung der Daten in allen Gruppen angenommen (vgl.: Tab.7-40).

	1	2	3	4
N	8	5	6	10
Kolmogorov-Smirnov-Z	.418	.562	.526	.460
Asymptotische Signifikanz	.995	.910	.945	.984

Tabelle 7-40: Prüfung auf Normalverteilung der WML-Parameter innerhalb der Zertifizierungsgruppen

Um den kleinen Gruppengrößen entgegen zu wirken, wird eine Kovarianzanalyse berechnet, der natürlich die Prüfung der Fehlervarianzhomogenität der AV vorausgeht. Als abhängige Variable dienen auch hier die WML-Fähigkeitsparameter, als Faktor die *Zertifizierungslevel* (im Folgenden mit ZL abgekürzt) und als Kovariaten werden die Variablen DG und TGG in das Modell aufgenommen (deren Einflüsse auf die Ergebnisse des EST wurden schon bewiesen).

Der Levene-Test weist mit $p = .443$ ein nicht signifikantes Ergebnis auf (vgl.: Tab.7-41). Demnach wird die H1 zugunsten der H0, die Varianzhomogenität annimmt, verworfen. Die Kovarianzanalyse darf berechnet werden.

Levene Test	F	df1	df2	Signifikanz
WML-Parameter	.925	3	25	.443

Tabelle 7-41: Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen

Diese ergibt für das Gesamtmodell ein signifikantes Ergebnis mit $p = .013$. Es werden 44,7% (bzw. korrigiert 32,7%) der Varianz in der abhängigen Variable erklärt. Der Faktor Zertifizierungslevel ist mit $p = .422$ nicht signifikant. Die beiden Kovariaten sind (wie erwartet) mit $p = .008$ (Faktor DG) bzw. $p = .022$ (Faktor TGG) signifikant (vgl.: Tab.7-42).

	df	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	5	3.720	.013
Kovariate DG	1	8.399	.008
Kovariate TGG	1	5.994	.022
Faktor ZL	3	.973	.422

a. R-Quadrat = .447 (korrigiertes R-Quadrat = .327)

Tabelle 7-42: Kovarianzanalyse der WML-Parameter, Faktor ZL und Kovariaten DG + TGG

Es kann demnach kein Unterschied, bezogen auf den Faktor Zertifizierungslevel, gefunden werden. Es wird daher die H0 beibehalten.

7.2.2 Persönlichkeiten im Vergleich

Unterschiede auf der Skala Gehemmtheit zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe

Im FPI-R umfasst die Skala *Gehemmtheit* die Bereiche Ängstlichkeit und Kontaktfreudigkeit (Fahrenberg et al., 2001). Demnach muss untersucht werden, ob sich die Werte der TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen auf dieser Skala unterscheiden. Hohe Werte stehen für eine hohe Gehemmtheit, Schüchternheit, Ängstlichkeit etc., während ein niedriger Wert für Kontaktfreudigkeit oder Ungezwungenheit spricht.

Eine deskriptive Statistik der Skala Gehemmtheit zeigt, dass der Mittelwert der TaucherInnen kleiner ist als der Mittelwert der Nicht-TaucherInnen (vgl.: Tab.7-43). Dies bestätigt die aufgrund der Literatur vermutete Richtung des Unterschiedes.

	N	Mittelwert	Standardabweichung
Gehemmtheit VG	33	4.18	2.038
Gehemmtheit KG	33	5.06	2.106

Tabelle 7-43: Deskriptive Statistik der Stanine-Werte der Gehemmtheitsskala getrennt für die VG und KG

Ob dieser Unterschied statistisch signifikant ist, wird mittels nicht-parametrischer Verfahren geprüft, da die Stanine-Werte kein Intervall-, sondern Ordinalskalenniveau aufweisen (womit eine Voraussetzung zur Berechnung von parametrischen Verfahren nicht erfüllt ist). Außerdem wird auch hier der Vergleich zwischen unabhängiger und abhängiger Auswertung durchgeführt.

Unabhängige Auswertung

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten der TaucherInnen und der Nicht-TaucherInnen bezogen auf die standardisierten Ergebnisse der Gehemmtheitsskala des FPI-R ($\mu_{VG} = \mu_{KG} = \mu$).

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten der TaucherInnen und der Nicht-TaucherInnen bezogen auf die standardisierten Ergebnisse der Gehemmtheitsskala des FPI-R ($\mu_{VG} \neq \mu_{KG} \neq \mu$).

Die Auswertung erfolgt mittels Mann-Whitney u-Test. Als abhängige Variable dienen die Stanine-Werte der Gehemmtheitsskala. Die Gruppenzugehörigkeit zu VG oder KG bildet die unabhängige Variable. Das Ergebnis des u-Tests ist mit $p=.092$ nicht signifikant. Die H1 muss verworfen werden (vgl.: Tab.7-44).

Mann-Whitney u-Test	
N	66
Mann-Whitney-U	414.50
Z	-1.687
Asymptotische Signifikanz	.092

Tabelle 7-44: Mann-Whitney u-Test für die Stanine-Werte der Gehemmtheitsskala und für VG und KG

Abhängige Auswertung

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Merkmalsdifferenzen der Vergleichspaare bezogen auf die standardisierten Ergebnisse der Skala Gehemmtheit des FPI-R ($\mu_{1a} - \mu_{1b} = \mu_a - \mu_b$).

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Merkmalsdifferenzen der Vergleichspaare bezogen auf die standardisierten Ergebnisse der Skala Gehemmtheit des FPI-R ($\mu_{1a} - \mu_{1b} \neq \mu_a - \mu_b$).

Zur Beantwortung dieser Frage wird der nicht-parametrische Wilcoxon-Vorzeichentest angewandt (wieder unter der Annahme die Bildung der Matched Samples sei gelungen). Die AV und UV werden analog zur unabhängigen Testung bestimmt (vgl.: Tab.7-45).

Wilcoxon Test	
N	33
Z	-1.695
Asymptotische Signifikanz	.090

Tabelle 7-45: Wilcoxon Test für AV=Skalenwertpaare der Gehemmtheitsskala (Stanine) und UV=VG/KG

Auch hier zeigt sich ein nicht signifikantes Ergebnis mit $p=.090$. Demnach wird die H_0 beibehalten und die H_1 verworfen.

Sowohl die unabhängige als auch die abhängige Auswertung führen zur Annahme der H_0 .

Unterschiede in verschiedenen Bereichen der Persönlichkeit zwischen VG und KG

Auch auf den übrigen 11 Skalen des FPI-R könnten sich Unterschiede zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen zeigen. Wie in der vorausgehenden Fragestellung haben auch hier die Skalenwerte Ordinalskalenniveau und dürfen daher nicht in parametrischen Verfahren verwendet werden. Deshalb wird für jede Skala mittels u-Test für unabhängige Stichproben bzw. Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben ein Signifikanztest durchgeführt.

Die Auswahl der AV und UV erfolgt analog zu den Berechnungen für die Skala Gehemmtheit.

Im Tabelle 7-46 sind alle 12 Skalen des FPI-R angegeben, sowie deren Mittelwerte und Standardabweichungen innerhalb der VG und KG (zur genaueren Interpretation der Skalenwerte siehe Fahrenberg et al., 2001).

		N	Mittelwert	Standardabweichung
Lebenszufriedenheit	VG	33	5.45	1.954
	KG	33	5.03	1.992
Soziale Orientierung	VG	33	5.18	1.610
	KG	33	5.39	1.968
Leistungsorientierung	VG	33	5.67	1.744
	KG	33	4.91	1.487
Gehemmtheit	VG	33	4.18	2.038
	KG	33	5.06	2.106
Erregbarkeit	VG	33	5.09	1.774
	KG	33	4.85	2.123
Aggressivität	VG	33	5.42	1.733
	KG	33	5.61	1.853
Beanspruchung	VG	33	5.09	1.990
	KG	33	5.30	1.828
Körperliche Beschwerden	VG	33	4.21	1.409
	KG	33	4.91	1.792
Gesundheitssorgen	VG	33	3.15	1.349
	KG	33	3.52	1.544
Offenheit	VG	33	5.73	1.606
	KG	33	6.09	1.860
Extraversion	VG	33	5.88	1.781
	KG	33	5.24	1.696
Emotionalität	VG	33	4.85	2.048
	KG	33	5.21	2.190

Tabelle 7-46: Deskriptive Statistiken für die 12 Skalen des FPI-R

Unabhängige Auswertung

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten der TaucherInnen und der Nicht-TaucherInnen bezogen auf die standardisierten Ergebnisse der jeweils betrachteten Skala des FPI-R ($\mu_1 = \mu_2 = \mu$).

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten der TaucherInnen und der Nicht-TaucherInnen bezogen auf die standardisierten Ergebnisse der jeweils betrachteten Skala des FPI-R ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu$).

Für jede getestete Skala lautet das Ergebnisse des u-Tests $p > .05$. Es zeigt sich somit kein signifikantes Ergebnis für eine der übrigen Skalen des FPI-R (vgl.: Tab.7-47). Es wird daher für alle Skalen die H_0 beibehalten und die H_1 verworfen.

Paare der Skala:	U	Z	asymptotische Signifikanz
Lebenszufriedenheit	483.00	-.810	.418
Soziale Orientierung	495.00	-.649	.516
Leistungsorientierung	408.50	-1.782	.075
Erregbarkeit	494.00	-.656	.512
Aggressivität	496.50	-.630	.529
Beanspruchung	512.00	-.423	.672
Körperliche Beschwerden	425.50	-1.571	.116
Gesundheitssorgen	465.50	-1.041	.298
Offenheit	465.50	-1.067	.286
Extraversion	440.50	-1.359	.174
Emotionalität	499.50	-.584	.559

Tabelle 7-47: Mann-Whitney u-Test für die Stanine-Werte der übrigen 11 Skalen des FPI-R für VG und KG (N=66)

Abhängige Auswertung

H_0 : Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Merkmalsdifferenzen der Vergleichspaare bezogen auf die standardisierten Ergebnisse der jeweils betrachteten Skala des FPI-R ($\mu_{1a} - \mu_{1b} = \mu_a - \mu_b$).

H_1 : Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der Merkmalsdifferenzen der Vergleichspaare bezogen auf die standardisierten Ergebnisse der jeweils betrachteten Skala des FPI-R ($\mu_{1a} - \mu_{1b} \neq \mu_a - \mu_b$).

Die abhängige Auswertung erfolgt wieder unter der Annahme, die paarweise Anordnung der Versuchspersonen sei gelungen (N=33).

Von den 11 getesteten Skalen zeigt sich auf der Skala Leistungsorientierung ein signifikantes Ergebnis mit $p = .024$ (vgl.: Tab.7-48). Die übrigen 10 Skalen weisen mit $p > .05$ ein nicht signifikantes Resultat auf.

Im Falle einer abhängigen Testung, darf die H_0 für die Skala Leistungsorientierung verworfen und die H_1 angenommen werden. Für die übrigen 10 Skalen wird die H_0 beibehalten.

Paare der Skala:	Z	asymptotische Signifikanz
Lebenszufriedenheit	-.881	.378
Soziale Orientierung	-.502	.616
Leistungsorientierung	-2.252	.024
Erregbarkeit	-.468	.639
Aggressivität	-.646	.518
Beanspruchung	-.607	.544
Körperliche Beschwerden	-1.841	.066
Gesundheitssorgen	-1.011	.312
Offenheit	-.990	.322
Extraversion	-1.518	.129
Emotionalität	-.718	.473

Tabelle 7-48: Wilcoxon Test für AV=Skalenwertpaare der FPI-R Skalen (Stanine) für VG und KG

Tabelle 7-46 (S. 106) erlaubt Rückschlüsse auf die Kausalität des signifikanten Ergebnisses: es lässt sich erkennen, dass der Unterschied auf der Skala Leistungsorientierung dahin geht, dass TaucherInnen höhere Mittelwerte aufweisen als Nicht-TaucherInnen. Laut Manual des FPI-R bedeutet dies, dass TaucherInnen leistungsorientierter, aktiver, ehrgeiziger etc. sind als Nicht-TaucherInnen (Fahrenberg et al., 2001).

Dieses Ergebnis unterscheidet sich vom Ergebnis der unabhängigen Testung (Beibehaltung der H_0 für alle Skalen). Dennoch kann aufgrund der deskriptiven Statistik gesagt werden, dass obwohl die Signifikanz zweifelhaft ist, der gefundene Unterschied tendenziell in die (aufgrund von Hinweisen aus der Literatur) erwartete Richtung geht.

Persönlichkeit und EST

H_0 : Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem erzielten Ergebnis im EST und den Skalenwerten der jeweils betrachteten Skala des FPI-R ($Roh = 0$).

H_1 : Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem erzielten Ergebnis des EST und den Skalenwerten der jeweils betrachteten Skala des FPI-R ($Roh \neq 0$).

Da auch hier die Stanine-Werte zur statistischen Analyse verwendet werden, muss eine Rangkorrelation gerechnet werden. Die Ergebnisse der Korrelation zwischen den

WML-Fähigkeitsparametern und jeweils einer der Skalen sind in Tabelle 7-49 zusammengefasst.

	WML-Fähigkeitsparameter		
	N	Korrelationskoeffizient	Signifikanz
Lebenszufriedenheit	66	-.069	.584
Soziale Orientierung	66	.013	.920
Leistungsorientierung	66	-.073	.559
Gehemmtheit	66	.029	.817
Erregbarkeit	66	-.097	.440
Aggressivität	66	-.188	.130
Beanspruchung	66	-.083	.507
Körperliche Beschwerden	66	-.174	.163
Gesundheitssorgen	66	-.178	.153
Offenheit	66	.013	.918
Extraversion	66	-.174	.163
Emotionalität	66	-.115	.359

Tabelle 7-49: Spearman Rangkorrelation für die Skalen des FPI-R und die WML-Fähigkeitsparameter

Für keine der Skalen findet sich eine Korrelation $r < -.188$ oder $r > .188$ und ebenfalls keine signifikante Korrelation (vgl.: Tab.7-49).

Demnach wird die H_0 für jede der 12 Skalen beibehalten. Es können keine Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Persönlichkeitsbereichen und den Ergebnissen des EST festgestellt werden.

Ein kurzer Blick sei auf die Richtungen der Korrelationen gelegt. Da negative Korrelationen für indirekte Zusammenhänge stehen (und umgekehrt positive Korrelationen für direkte Zusammenhänge), kann zum Beispiel gesagt werden, dass geringe Aggressionswerte, wenig körperliche Beschwerden oder wenige Gesundheitssorgen tendenziell mit höheren Werten im EST einhergehen. Diese Zusammenhänge sind zwar sehr klein, gehen aber in eine erwartete Richtung. Logisch nachvollziehbar erscheint, dass weniger aggressive Personen, Personen mit wenig körperlichen Beschwerden oder gesundheitlich unbekümmerte Personen vermutlich entspannter an der Testung teilnehmen können und so bessere Testergebnisse erzielen.

8 Diskussion der Ergebnisse

Das Prinzip aller Dinge ist das Wasser, denn Wasser ist alles und ins Wasser kehrt alles zurück.
Thales von Milet

Zu Beginn der Datenauswertung steht die Sichtung der Daten, die zum Ausschluss von zwei Variablen (Spezialkurse und Hobbies) aufgrund eines Erhebungsfehlers (offenes Antwortformat) führt. Die restlichen Daten zeigen sich größtenteils als normalverteilt und repräsentativ für die interessierende Population. Zum Beispiel die Geschlechterverteilung von ca. 30% Frauen und 70% Männern kann als durchaus charakteristisch für die (Teil-) Population der TaucherInnen angesehen werden (Haizmann, 2010).

Außerdem zeigt sich, dass die Merkmalskombinationen von vier wesentlichen Störfaktoren - Geschlecht, Alter, Ausbildung und Darstellende Geometrie - in der Versuchs- und Kontrollgruppe konstant gehalten wurden. Dies bedeutet, dass auch die Verteilung dieser vier Variablen in beiden Gruppen gleich ist. Zweifelhaft ist jedoch, dass es keine weiteren Störfaktoren gibt, die die Raumvorstellungsleistung beeinflussen. So kann letztendlich nur gezeigt werden, dass die Bildung der Matched Samples bezogen auf diese vier Variablen gelungen ist. Jedoch kann nicht gesichert gesagt werden, dass sich die Paare in allen, für diese Arbeit relevanten Merkmalen, gleichen. Deshalb wird bei der statistischen Auswertung die unabhängige Auswertung der abhängigen Auswertung gegenüber gestellt. Zwar erhöht eine paarweise Auswertung die Aussagekraft der Stichprobe ($n=66$), allerdings sollte eine fälschliche Annahme der H_1 vermieden werden. Die unabhängige Auswertung gilt daher als die sicherere Auswertungsmethode. Es zeigt sich, dass unabhängige und abhängige Auswertung teils zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Daraus leiten sich neue Fragen und mögliche Verbesserungen für weitere Untersuchungen ab.

Das Ergebnis der Hauptfragestellung, die einen möglichen Unterschied zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen in der Raumvorstellungsfähigkeit untersucht, ist bei unabhängiger Testung nicht signifikant. Ein paarweiser Vergleich der beiden Gruppen führt hingegen zu einem signifikanten Ergebnis. Obwohl zugunsten der unabhängigen Auswertung gesagt werden muss, dass ein Unterschied nicht gesichert nachzuweisen ist, kann das Ergebnis als tendenziell signifikant bezeichnet werden.

Dennoch darf nicht außer Acht gelassen werden, dass durch die Matched Samples mindestens drei Variablen, nämlich Geschlecht, DG und Bildung, konstant gehalten werden, die aufgrund anderer empirischer Untersuchungen als wichtig für die Raumvorstellung eingestuft werden können (z.B. Gittler, 1994; Quaiser-Pohl & Lehmann, 2002; Voyer et al., 1995). Die statistisch signifikante Korrelation der Messwertreihen ist außerdem ein wichtiger Hinweis für die Abhängigkeit der beiden Gruppen. Die Frage ist, ob der bei abhängiger Auswertung gefundene signifikante Gruppenunterschied darauf zurück zu führen ist, dass es sich um TaucherInnen bzw. Nicht-TaucherInnen handelt oder, ob es eine andere Ursache für dieses Ergebnis gibt. Die einzig bekannte Gemeinsamkeit aller Personen der Versuchsgruppe ist das Sporttauchen, bzw. das Nichttauchen für alle Personen der Kontrollgruppe. Dennoch könnten Wechselwirkungen verschiedener Faktoren das Ergebnis beeinflussen. Interessant ist, dass die Richtung des gefundenen, signifikanten Unterschieds in die erwartete Richtung, nämlich zu Gunsten der TaucherInnen, geht.

Es kann spekuliert werden, dass das Tauchen im Sinne eines Trainings Auswirkungen auf die Raumvorstellung hat. Vor allem die sportliche Komponente des Tauchens und die Bewegung im dreidimensionalen Raum geben Anlass zu der Annahme, dass das Tauchen potentiell als Sport betrachtet werden kann, der die Raumvorstellung schult. Unterstützt wird diese Annahme durch die Arbeit von Moreau et al. (2012), in der die Autoren schreiben, dass nicht jeder Sport die Raumvorstellung begünstigt, sondern Sportarten, die die Drehung im dreidimensionalen Raum erfordern.

Die vorliegenden Ergebnisse und vor allem das signifikante Ergebnis bei abhängiger Auswertung geben Anlass, um in weiteren Untersuchungen spezifischer nach Unterschieden und deren Ursachen zu suchen. Möglicherweise sind die Einflüsse beim Sporttauchen zu vielfältig, um sie generell für das Sporttauchen zu untersuchen. Vielleicht müssten spezifischere Untersuchungen durchgeführt werden, um genauere Antworten zum Einfluss des Sporttauchens auf die Raumwahrnehmung und Raumvorstellung zu erhalten.

Folgende Theorien könnten als Ansatz für spezifischere Untersuchungen dienen:

- Die Beeinflussungen unserer Wahrnehmung durch das Medium Wasser führen zu einer Schulung der Raumwahrnehmung und in weiterer Folge auch zu einer Verbesserung der Raumvorstellung. Demnach könnten zum Beispiel TaucherInnen des gleichen Zertifizierungslevels in einer Pre- und Postteststudie verglichen werden. Zwischen den Testzeitpunkten könnten die TaucherInnen an einfachen Tauchgängen teilnehmen.

Dadurch würde der Einfluss von Tauchgängen untersucht werden, die keine spezielle Schulung beinhalten. Wenn nicht nur ProfitaucherInnen untersucht werden, wäre es zusätzlich einfacher eine größere Stichprobe zu erhalten.

- In der Guideausbildung wird die Aufmerksamkeit direkt auf den dreidimensionalen Raum unter Wasser gelenkt und damit eine aktivere Raumvorstellung gefördert. Es wäre interessant die TaucherInnen zu Beginn und am Ende ihrer Guideausbildung zu testen.
- Der Navigationsunterricht wirkt wie Unterricht in Darstellender Geometrie als Training für die Raumvorstellung. TaucherInnen könnten vor und nach einem Navigationskurs getestet werden. Im Vergleich dazu könnte eine Kontrollgruppe getestet werden, die einen Navigationskurs an Land erhält. Beide Navigationskurse könnten gemeinsame Komponenten enthalten (z.B. Kompassnavigation). Dadurch wären Gruppenvergleiche zu zwei Testzeitpunkten, aber auch zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen möglich.
- Bereits vor Beginn der Tauchausbildung sind Persönlichkeitsunterschiede vorhanden, die jene Personen mit guten Raumvorstellungsfähigkeiten eher dazu verleiten, den Tauchsport auszuüben, als Personen mit schlechteren Fähigkeiten in der Raumvorstellung. Demnach wären es spezielle Personen, die den Tauchsport professionell ausüben. Es wäre zum Beispiel denkbar, an einer Sporthochschule die Persönlichkeit von Studenten zu vergleichen, die sich für unterschiedliche Sportarten - im Besonderen Wassersportarten - einschreiben.

Aufgrund der Literatur wird die Stichprobe natürlich auch auf Geschlechtsunterschiede untersucht. Interessant dabei ist, dass zwischen Männern und Frauen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden kann. Dieses Ergebnis bestätigt den kleineren Teil der wissenschaftlichen Studien zum Thema Geschlechtsunterschiede (vgl.: Voyer et al., 1995). Weitaus mehr Studien finden signifikante Unterschiede zwischen Männern und Frauen. Allerdings zeigt sich auch in diesem Datensatz ein höherer Mittelwert in der Gruppe der Männer. Es ist möglich, dass durch den geringen Stichprobenumfang, die unterschiedliche Größe der Geschlechtergruppen und/oder durch die sehr hohe Standardabweichung in beiden Gruppen dieses Ergebnis verursacht wird.

Der Vergleich innerhalb der Geschlechtergruppen (aber zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen) führt nur in der Gruppe der Frauen zu einem signifikanten Ergebnis und

dies nur bei paarweiser Untersuchung. Ein Unterschied innerhalb der Männergruppe wird nicht gefunden, weder bei unabhängiger noch bei abhängiger Auswertung. Bei den Männern unterscheiden sich die Taucher nicht von den Nicht-Tauchern. Die Ergebnisse der Männergruppe bestärken das Ergebnis eines nicht signifikanten Unterschiedes bei unabhängiger Auswertung der Hauptforschungsfrage. Deshalb wird die H0, die keinen Unterschied innerhalb der Geschlechtergruppen annimmt, beibehalten.

Das (tendenziell) signifikante Ergebnis innerhalb der Frauengruppe wird als Hinweis auf eventuell vorhandene Unterschiede gesehen (die sich vielleicht bei einer größeren Stichprobe zeigen würden). Ein weiterer Hinweis ist, dass auch innerhalb der Geschlechtergruppen die Mittelwerte der TaucherInnen höher sind als der Nicht-TaucherInnen.

Sollte ein derartiger Unterschied innerhalb der Frauengruppe tatsächlich bestehen und falls dieser in einer weiteren Untersuchung bestätigt werden kann, könnten folgende Überlegungen als Erklärungen dafür angesehen werden:

- Möglicherweise profitieren Frauen vom Tauchsport (im Sinne eines Trainings) mehr als die männlichen Taucher.
- Es könnte natürlich auch ein Geschlechtsunterschied in der Persönlichkeit von Männern und Frauen sein, der dazu führt, dass sich mehr Männer als Frauen mit dem Tauchsport beschäftigen. Allerdings schreiben Friedman und Schustack (2004), dass „...unter Frauen und Männern größere Abweichungen [bestehen] als zwischen ihnen; [...]. Das heißt, die Persönlichkeiten von Frauen und Männern weisen mehr Ähnlichkeiten als Unterschiede auf.“ (S. 524).
- Eine weitere Möglichkeit könnte sein, dass aufgrund der sozialen Rollendefinitionen von Männern und Frauen, Frauen ihre Leistungen in der räumlichen Vorstellungsfähigkeit und im Orientierungsvermögen als schlecht beurteilen und darum nicht eine Gruppe führen möchten (demnach nur jene mit relativ guten Leistungen überhaupt eine Guideausbildung absolvieren).

Es kann demnach zwar vermutet werden, dass der Faktor Geschlecht im Tauchsport eine wesentliche Rolle für mögliche Unterschiede in der Raumvorstellungsleistung spielt, dies kann in dieser Untersuchung jedoch nicht zweifelsfrei bestätigt werden.

Unter Ausschluss der Nicht-TaucherInnen werden einige Fragestellungen zur Raumvorstellungsleistung, zur Anzahl an Tauchgängen und zur Variable Alter analysiert. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl an Tauchgängen und den Leistungen im

EST kann jedoch auch innerhalb der TaucherInnengruppe nicht gefunden werden. Interessant ist jedoch, dass der (wenn auch sehr kleine) gefundene Zusammenhang negativ ist. Dies spricht dafür, dass Personen, die eine kleinere Anzahl an Tauchgängen absolviert haben, bessere Raumvorstellungsleistungen erbringen als Personen mit einer hohen Anzahl an Tauchgängen.

Untermauert wird diese Eventualität durch eine weitere Analyse, die zeigt, dass Personen mit weniger als 290 Tauchgängen signifikant bessere Ergebnisse erzielen als Personen mit mehr als 290 Tauchgängen. Dieses unerwartete Ergebnis führt zu folgenden Erklärungsansätzen:

- Es liegt die Vermutung nahe, dass am Anfang einer Tauchkarriere der Trainingseffekt durch eine teils sehr spezifische Ausbildung (z.B. Navigationsunterricht) hoch ist. Personen, deren Praxis- und Theorieausbildung weniger lange zurückliegt, profitieren möglicherweise von einem kurz- bis mittelfristigen Effekt auf die Raumvorstellung. Demzufolge würde die Raumvorstellungsleistung immer mehr abnehmen, je länger die Ausbildung zurück liegt. Dieser Erklärung folgend, wäre es weniger das Tauchen an sich, sondern vielmehr die Tauchausbildung oder das Trainieren einzelner Teilfertigkeiten, die die Raumvorstellung begünstigt. Diese differenziertere Betrachtung des Sporttauchens per se im Vergleich zu einzelnen Trainingsbestandteilen wird bestätigt durch den Bericht von Jansen et al. (2011), in dem darauf hingewiesen wird, dass nicht jedes motorische Training automatisch die Raumvorstellung schult.
- Durch die Bewegung auf allen drei Raumachsen wird vor allem am Beginn einer Tauchkarriere die Aufmerksamkeit auf den dreidimensionalen Raum gelenkt. Erscheint die Unterwasserwelt anfänglich sehr fremd und ungewohnt, so wird sie über die Zeit vertrauter und es werden mehr Details wahrgenommen. Demnach passt sich die Raumwahrnehmung und in weiterer Folge die Raumvorstellung an die veränderten Bedingungen an. Dies könnte ebenfalls einen kurz- oder mittelfristigen Effekt auf die Raumvorstellung haben.

Analog zu anderen Bereichen der kognitiven Fähigkeiten könnten Vertrautheit, Steuerung der Aufmerksamkeit, Bildung von Schemata etc. dazu beitragen, dass die Raumwahrnehmung und Raumvorstellung von sehr erfahrenen TaucherInnen auch unter Wasser automatisiert und ähnlich bewusst/unbewusst wie unter terrestrischen Bedingungen erfolgen (Amelang et al., 2006; Friedman & Schustack, 2004). Durch diese automatisierten kognitiven Vorgänge könnte es zu einem Abfall der Leistung auf ein früheres Niveau kommen.

Bei beiden Erklärungsansätzen wären weniger a-priori vorhandene Fähigkeiten, sondern tatsächlich die Tauchausbildung bzw. das Tauchen an sich für die verbesserte Raumvorstellungsleistung verantwortlich. Natürlich gibt es noch mehr Ursachen, die für den gefundenen Unterschied verantwortlich sein könnten, aufgrund des theoretischen Hintergrundes und des signifikanten Unterschiedes erscheinen diese Erklärungsvorschläge allerdings als plausibel.

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl an Tauchgängen und der Variable Alter kann ebenfalls nachgewiesen werden. Da die Anzahl an Tauchgängen pro Jahr zeitlich und körperlich limitiert ist, kann eine sehr junge Person kaum so viele Tauchgänge absolviert haben, wie eine Person, die seit vielen Jahren regelmäßig taucht. Die älteren TaucherInnen befinden sich demnach vermehrt in Subgruppe II. Dies könnte eine weitere Begründung für die schlechteren Leistungen dieser Gruppe im EST sein. Kognitive Leistungen fallen im Alter häufig ab. Allerdings sind die Ursachen für diesen Leistungsabfall noch nicht restlos geklärt. Es wäre zum Beispiel denkbar, dass frühere Generationen aufgrund einer anderen Ausbildung schlechter abschneiden, oder die Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit im Alter nachlässt (vgl.: Friedman & Schustack, 2004).

Außerdem könnten durch die vielen Tauchgänge körperliche Schäden zurückbleiben, die möglicherweise die Raumvorstellungsleistungen beeinflussen (z.B. Innenohrbarotraumen; vgl.: McQueen et al., 1994; Shupak et al., 2003).

Wie Abbildung 7-1 (S.71) zeigt, ist ein Vergleich der Altersgruppen bezogen auf die Leistungen der TaucherInnen im EST für diese Untersuchung wenig sinnvoll (zu kleine Gruppengrößen). Allerdings könnten weitere Untersuchungen Aufschluss über die Zusammenhänge und Wechselwirkungen von Alter, Raumvorstellungsleistungen und Raumvorstellungstrainings (wie z.B. Tauchen) geben.

In dieser Untersuchung kann der in der Literatur schon oft berichtete Einfluss des DG-Unterrichtes auf die Raumvorstellung bestätigt werden (z.B. Gittler, 1994). Der Gruppenvergleich (zwischen Personen mit und ohne Unterricht in Darstellender Geometrie) führt zu einem signifikanten Ergebnis und zeigt, dass der Unterschied ebenfalls in die erwartete Richtung geht: Personen mit DG-Unterricht schneiden im EST besser ab als Personen ohne Unterricht in DG.

Da die Variablen Gruppe (VG/KG), Tauchgangsgruppe (<290/>290TG) und Darstellende Geometrie bezogen auf die Ergebnisse des EST zu signifikanten Ergebnissen führen (erstes nur bei abhängiger Testung), werden deren Wechselwirkungen ebenfalls untersucht: Mittels Varianzanalyse lässt sich keine Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Gruppe (VG/KG) und Darstellende Geometrie feststellen (die Varianzanalyse führt für den Faktor Gruppe zu einem nicht signifikanten Ergebnis und unterstützt somit wie erwartet die unabhängige Auswertung).

Eine weitere Varianzanalyse führt jedoch für die Faktoren Darstellende Geometrie und Tauchgangsgruppe zu signifikanten Ergebnissen. Die Interaktionsdiagramme (vgl.: Abb.7-12 und Abb.7-13, S. 98) zeigen, dass innerhalb der Gruppe der Personen, die weniger als 290 Tauchgänge absolviert haben, der Unterschied bezogen auf die erzielten durchschnittlichen Leistungen im EST zwischen jenen mit und ohne Unterricht in DG größer ist, als in der Gruppe derjenigen mit mehr als 290 Tauchgängen.

Analog ist innerhalb der Gruppe, die Unterricht in DG hatte, der Unterschied (bezogen auf die durchschnittlichen Leistungen im EST) zwischen denjenigen mit mehr und denjenigen mit weniger als 290 Tauchgängen ebenfalls größer, als in der Gruppe die keinen DG-Unterricht erhalten haben.

Die besten Ergebnisse erzielen jene TaucherInnen, die mehr als 290 Tauchgänge absolviert haben und Unterricht in DG hatten. Die beiden Faktoren dürfen auch isoliert interpretiert werden. Dies bestätigt die zuvor erhaltenen Ergebnisse. Beide Faktoren haben einen wichtigen Einfluss auf die Leistungen im EST.

Die Frage nach einem möglichen Zusammenhang zwischen der Bearbeitungsdauer des EST und dem erzielten Testergebnis im EST führt zu einem nicht signifikanten Ergebnis. Die Testdauer lässt nicht auf das erzielte Ergebnis schließen.

Ebenso können keine signifikanten Ergebnisse bezogen auf den Faktor Zertifizierungslevel gefunden werden. Dies spricht dafür, dass nicht die einzelnen, unterschiedlichen Profikurse der Ausbildungsorganisationen einen Effekt auf die Raumvorstellung haben, sondern möglicherweise das Tauchen per se bzw. das Tauchtraining spezieller Fertigkeiten am Beginn der Tauchausbildung. Dies erinnert an die Studie von Quaiser-Pohl et al. (2006), die deutlich macht, dass auch nicht jede Art von Computerspiel die Raumvorstellung schult und die (Spiel-) Erfahrung ein wichtiger Aspekt ist. Auch dies ist ein Hinweis darauf, dass spezifischer geforscht werden sollte und einzelnen Komponenten mehr Aufmerksamkeit entgegen gebracht werden muss.

Unterschiede in der Persönlichkeit der ProbandInnen werden ebenfalls untersucht. Es zeigt sich, dass nur tendenziell signifikante ($p < .10$) Unterschiede auf der Skala Gehemmtheit festgestellt werden können (bei paarweiser und unabhängiger Auswertung). Wie schon im Theorieteil beschrieben, ist Ängstlichkeit (Teil der Gehemmtheitskala im FPI-R) eine Eigenschaft, die für professionelle TaucherInnen negative Auswirkung haben kann. Beispielsweise deshalb, weil Angst die Reaktionszeit beeinflusst (z.B. Asendorpf, 2007). Hingegen ist Kontaktfreudigkeit eine durchaus wichtige Eigenschaft zum Führen einer Gruppe. Guides weisen tendenziell geringere Werte im Bereich der Ängstlichkeit bzw. Unsicherheit auf und sind kontaktfreudiger als Nicht-TaucherInnen. Dieses Ergebnis wird unterstützt von der Arbeit von Biersner et al. (1984), die für technische TaucherInnen nachweisen konnten, weniger ängstlich zu sein als Nicht-TaucherInnen.

Die Prüfung der Unterschiede zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen auf den übrigen 11 Skalen des FPI-R, führt bei unabhängiger Auswertung zu keinem signifikanten Ergebnis. Bei paarweiser Auswertung zeigt sich jedoch ein signifikantes Ergebnis auf der Skala Leistungsorientierung. Diese gibt Auskunft über die Leistungsmotivation, den Ehrgeiz, das berufliche Engagement, etc. ($p < .10$ bei unabhängiger Auswertung dieser Skala). TaucherInnen sind demnach tendenziell energischer, ehrgeiziger, erledigen Aufgaben schneller und effizienter und sind beruflich sehr engagiert (genaue Interpretation der Skalen siehe Fahrenberg et al., 2001).

Diese Eigenschaften sind durchaus denkbar für einen Tauchguide. Ein gewisser Ehrgeiz ist für die Profiausbildung sicherlich notwendig und hilfreich. Dennoch muss beachtet werden, dass dieser Unterschied auch dadurch entstanden sein könnte, dass viele TaucherInnen der Stichprobe nebenberuflich als Guide arbeiten (in Vereinen etc.). Es wäre denkbar, dass nicht das Tauchen irgendeinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit ausübt, sondern generell Personen, die nebenberuflich eine derartige Tätigkeit ausführen, leistungsfähiger sein müssen.

Es wird vermutet, dass wichtige Einflussfaktoren hier nicht erfasst wurden. Deshalb wird die H_0 zu Gunsten der unabhängigen Auswertung auch hier beibehalten. Das Ergebnis der abhängigen Auswertung wird jedoch als wesentlich für eine weitere Untersuchung erachtet, bei der Haupt- und Nebenberuf erfasst werden müssten.

In anderen Bereichen der Persönlichkeit, lassen sich weder bei paarweiser noch bei unabhängiger Testung Unterschiede feststellen. Ebenfalls findet sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Ergebnissen im EST und den Skalenwerten des FPI-R. Dies kann

als Hinweis dafür gewertet werden, dass tatsächlich das Tauchen und nicht andere Faktoren die verbesserte Raumvorstellungsleistung bedingen.

Diese Ergebnisse geben einen ersten Eindruck über die möglichen Verbindungen zwischen Raumvorstellung, Persönlichkeit und Tauchen. Ein signifikanter Unterschied kann für die Hauptforschungsfrage nicht empirisch belegt werden. Dennoch geben die statistischen Auswertungen Anlass für weitere Untersuchungen. Durch eine Pre- und Postteststudie und spezifischere Persönlichkeitsfragebögen könnten detailliertere Erkenntnisse gewonnen werden. Es könnte geklärt werden, ob TaucherInnen ihre Raumvorstellungsfähigkeiten verbessern oder Personen mit einem gewissen Maß an Fähigkeiten sich zum Tauchen entschließen. Es könnte verglichen werden, ob Tauchen per se die Raumvorstellungsfähigkeiten verbessert oder ein spezielles Tauchtraining. Es könnte untersucht werden, ob Personen gewisse Persönlichkeitseigenschaften während ihrer Tauchausbildung verstärken und/oder diese schon vor Beginn ihrer Ausbildung in höherem Ausmaß als Personen, die den Tauchsport nicht ausüben, besitzen.

9 Zusammenfassung

Es ist wie in einer Traumwelt - und ist doch wirklich, greifbar und fühlbar.

Hans Haas

Es kann abschließend gesagt werden, dass es in der Literatur schon jetzt zahlreiche Hinweise darauf gibt, dass das Tauchen den menschlichen Organismus in vielfältiger Weise beeinflusst. Viele wissenschaftliche Disziplinen betreiben mit unterschiedlichem Schwerpunkt (z.B. medizinisch-körperlichem, sozialem, physikalischem, psychologischem Schwerpunkt) Forschung, um neue und detaillierte Erkenntnisse zu gewinnen. Dass die marinen Bedingungen Auswirkungen auf den menschlichen Organismus haben, steht allerdings schon jetzt zweifelsfrei fest.

Diese Untersuchung hatte zum Ziel, grundlegend festzustellen, ob sich TaucherInnen von Nicht-TaucherInnen in der Raumvorstellungsleistung und in verschiedenen Persönlichkeitsbereichen unterscheiden. Grundlegend dafür war der Gedanke, dass die veränderte Wahrnehmung und die Bewegung unter Wasser einen positiven Einfluss auf die Raumvorstellungsleistung haben. Außerdem finden sich in der Literatur (und der aktuellen Forschung) zahlreiche Hinweise darauf, dass durch die Ausbildung verschiedene Persönlichkeitsbereiche geschult werden.

Es kann nun abschließend gesagt werden, dass in dieser Untersuchung ein Unterschied in der Raumvorstellung zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden kann. Unabhängige und abhängige Auswertungen führen zu widersprüchlichen Ergebnissen. Dafür sind eine Reihe von Faktoren ausschlaggebend, wie zum Beispiel die Stichprobengröße, genauso wie mögliche Erhebungsfehler oder fehlende, also nicht konstant gehaltene Störfaktoren. Obwohl das Untersuchungsdesign für eine paarweise Analyse ausgelegt wurde, kann die gelungene Bildung der Messpaare nicht zweifelsfrei bewiesen werden. Da die abhängige Verrechnung der Daten die H1 begünstigt, muss der unabhängigen Auswertung der Vorzug gegeben werden. Es kann jedoch gesagt werden, dass TaucherInnen tendenziell höhere Ergebnisse im EST erzielen als Nicht-TaucherInnen.

Ein signifikanter Unterschied für die Raumvorstellungsleistung kann innerhalb der Gruppe der TaucherInnen, zwischen Personen mit mehr bzw. weniger als 290 Tauchgängen, nachgewiesen

werden. Der Effekt von DG-Unterricht auf die Raumvorstellung kann ebenfalls nachgewiesen werden.

Der gefundene Unterschied innerhalb der Gruppe der TaucherInnen weist darauf hin, dass möglicherweise eine Pre- und Postteststudie genauere Einblicke in dieses Thema bietet. Eine nachfolgende Untersuchung könnte sich mit dem zeitlichen Verlauf dieses Unterschieds befassen. Eine Veränderungsmessung, sprich eine Längsschnittstudie vom Beginn der Tauchausbildung bis zum Erreichen des Instructorlevels, wäre eine interessante Untersuchung, die tiefere Einblicke in diese Thematik geben würde. Eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit anderen Bereichen wie Sportwissenschaften oder Pädagogik könnte ebenfalls viele Facetten dieses Sportes erfassbar machen.

Persönlichkeitsbezogene signifikante Unterschiede zwischen TaucherInnen und Nicht-TaucherInnen können bei unabhängiger Auswertung nicht gefunden werden. Tendenzen lassen sich im Bereich der Gehemmtheit ($p < .10$) und Leistungsorientierung (sign. Ergebnis bei abhängiger Auswertung) finden. Demnach wären TaucherInnen tendenziell kontaktfreudiger, weniger ängstlich und leistungsorientierter als Nicht-TaucherInnen. Leider kann auch hier eine eindeutige Ursache für diese Unterschiede nicht angegeben werden. Es kann jedoch in Verbindung mit der präsentierten Literatur gesagt werden, dass der Tauchsport ein Potential für die Entwicklung der eigenen Persönlichkeit zu haben scheint. Vor allem durch die Anforderungen, die die Tauchausbildung an die TaucherInnen stellt. Spezifischere Persönlichkeitsfragebögen, vielleicht auch zum Führungsverhalten, könnten weitere, spannende Einblicke in die Thematik geben.

Die Auswirkungen des Tauchsports auf die Raumvorstellung und die Persönlichkeit müssen demnach noch weiter untersucht werden. Denn obwohl es zahlreiche Hinweise auf einen möglichen Einfluss von Tauchen auf die Raumvorstellung gibt, kann dies in dieser Untersuchung nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden.

Literaturverzeichnis

- Albert, B. & Helmchen, M. (2006). *Sporttauchen als erlebnispädagogisches Konzept für die Soziale Arbeit mit verhaltensauffälligen Kindern und Jugendlichen. Vom Projekt ‚Tauchen statt Raufen‘ zur Methode*. Unveröff. Dipl. Arbeit, Fachhochschule, Heidelberg.
- Amelang, M., Bartussek, D., Stemmler, G. & Hagemann, D. (2006). *Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Anderson, J. R. (2001). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum akademischer Verlag.
- Anegg, U., Dietmaier, G., Maier, A., Tomaselli, F., Gabor, S., Kallus, K. W. & Smolle-Jüttner, F. M. (2002). Stress-induced hormonal and mood responses in scuba divers. A field study. *Life Sciences*, 70 (23), 2721-2734.
- Asendorpf, J.B. (2007). *Psychologie der Persönlichkeit*. Berlin: Springer.
- Astarita, C., Gargano, D. & Di Martino, P. (2000). Pollen trapped in a scuba tank: A potential hazard for allergic divers. *Annals of Internal Medicine*, 132 (2), 166-167.
- Baenninger M. & Newcombe, N. (1995). Environmental input to the development of sex-related differences in spatial and mathematical ability. *Learning and Individual Differences*, 7 (4), 363-379.
- Bäumer, A. (2010). Schwerelos. Pädagogisches Tauchen [online]. URL: <http://www.abtaucher-bonn.de/konzept.htm> [04.08.2010].
- Biersner, R. J., McHugh, W. B. & Rahe, R. H. (1984). Biochemical and mood responses predictive of stressful diving performance. *Journal of Human Stress*, 10 (1), 43-49.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (2003). *Biologische Psychologie*. Berlin: Springer.

- Bodenburg, S. (2006). Klinische Psychologie III: Klinische Neuropsychologie. In K. Pawlik (Hrsg.), *Handbuch Psychologie. Wissenschaft Anwendung Berufsfelder* (S. 659-671). Heidelberg: Springer.
- Boring, E. G. (1923). Intelligence as the test tests it. *New Republic*, 6, 35-37.
- Bortz, J. & Döring, N. (2005). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer.
- Bredebusch, P. (2004). *Gruppenführung*. Bielefeld: Delius Klasing.
- CEEB (1939). *Special Aptitude Test in Spatial Relations*. USA: College Entrance Examination Board.
- Cheung, B., Hofer, K., Brooks, C. J. & Gibbs, P. (2000). Underwater disorientation as induced by two helicopter ditching devices. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 71 (9), 879-888.
- Cumming, B. (2009). Diving incidents report [online]. URL: <http://www.bsac.com/page.asp?section=1038§ionTitle=Annual+Diving+Incident+Report> [04.08.2010].
- De Lisi, R. & Cammarano, D. M. (1996). Computer experience and gender differences in undergraduate mental rotation performance. *Computers in Human Behavior*, 12 (3), 351-361.
- Edge, C. J. (2008). Recreational diving medicine. *Current Anaesthesia & Critical Care*, 19 (4), 235-246.
- Ehm, O.F., Hahn, M., Hoffmann, U. & Wenzel, J. (Hrsg.). (2007). *Der neue Ehm. Tauchen noch sicherer. Tauchmedizin für Freizeittaucher, Berufstaucher und Ärzte*. Stuttgart: Müller Rüschnik.
- Fahrenberg, J., Hampel, R. & Selg, H. (2001). *FPI-R. Das Freiburger Persönlichkeitsinventar*. Göttingen: Hogrefe.

- Friedman, H. S. & Schustack, M. W. (2004). *Persönlichkeitspsychologie und Differentielle Psychologie*. München: Pearson Studium.
- Gardner, H. (1994). *Abschied vom IQ. Die Rahmen-Theorie der vielfachen Intelligenzen*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Gardner, H. (2002). *Intelligenzen. Die Vielfalt des menschlichen Geistes*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Gegenfurtner, K. & Spering, M. (2006). Visuelle Wahrnehmung. In K. Pawlik (Hrsg.), *Handbuch Psychologie. Wissenschaft Anwendung Berufsfelder* (S. 89-107). Heidelberg: Springer.
- Gerrig, R. J. & Zimbardo, P. G. (2008). *Psychologie*. München: Pearson Studium.
- Gittler, G. (1990). *Dreidimensionaler Würfeltest (3DW). Ein Rasch-skaliertes Test zur Messung des räumlichen Vorstellungsvermögens, Theoretische Grundlagen und Manual*. Weinheim: Beltz Test.
- Gittler, G. (1994). Intelligenzförderung durch Schulunterricht: Darstellende Geometrie und räumliches Vorstellungsvermögen. In: G. Gittler, M. Jirasko, U. Kastner-Koller, C. Korunka & A. Al-Roubaie (Hrsg.), *Die Seele ist ein weites Land. Aktuelle Forschung am Wiener Institut für Psychologie* (S. 105-122). Wien: WUV.
- Gittler, G. (1999). Sind Raumvorstellung und Reasoning separierbare Fähigkeitsdimensionen? Dimensionalitätsanalyse zweier Rasch-skalierten Tests: 3DW und WMT. *Diagnostica*, 45 (2), 69-81.
- Gittler, G. & Arendasy, M. (2003). Endlosschleifen: Psychometrische Grundlagen des Aufgabentyps E^P. *Diagnostica*, 49 (4), 164-175.
- Gittler, G. & Glück, J. (1998). Differential transfer of learning: Effects of instruction in descriptive geometry on spatial test performance. *Journal for Geometry and Graphics*, 2 (1), 71-84.

- Häcker, H. O. & Stapf, K. H. (Hrsg.). (2009). *Dorsch Psychologisches Wörterbuch*. Bern: Huber.
- Haizmann, C. (2010). Frauen tauchen. *Caisson*, 25 (1), 16-17.
- Hoffmann, J. (1994). Die visuelle Identifikation von Objekten. In W. Prinz & B. Bridgeman (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie. Wahrnehmung. Kognition*. (Band 1) (S. 391-456). Göttingen: Hogrefe.
- Hyde, J. S. (1981). How large are cognitive gender differences? *American Psychologist*, 36 (8), 892-901.
- Jäger, H. (2008). Kinetose und Panik. *Caisson*, 23 (2), 5-8.
- Jansen, P. & Heil, M. (2010). Gender differences in mental rotation across adulthood, *Experimental Aging Research*, 36 (1), 94-104.
- Jansen, P., Lange, L. F. & Heil, M. (2011). The influence of juggling on mental rotation performance in children. *Biomedical Human Kinetics*, 3, 18-22.
- Janzen, G. & Hawlik, M. (2005). Orientierung im Raum. Befunde zu Entscheidungspunkten. *Zeitschrift für Psychologie*, 213 (4), 179-186.
- Kebeck, G. & May, M. (1991). Invarianz gegenüber Transformationen: Ein Vergleich von Raumwahrnehmung und Raumvorstellung. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 38 (2), 226-247.
- Kromp, T., Roggenbach, H. J. & Bredebusch, P. (2005). *Praxis des Tauchens*. Bielefeld: Delius Klasing.
- Kubinger, K. D. (2006). *Psychologische Diagnostik. Theorie und Praxis psychologischen Diagnostizierens*. Göttingen: Hogrefe.
- Liedtke, A. K. (2006). Die Psyche als Falle? – Psychologie des Tauchens. *Caisson*, 21 (1), 6-9.

- Linn, M. C. & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development* 56 (6), 1479-1498.
- Lohman, D. F. & Kyllonen, P. C. (1983). Individual differences in solution strategy on spatial tasks. In R. F. Dillon & R. R. Schmeck (Eds.), *Individual differences in cognition* (Vol. 1) (pp. 105-135). New York: Academic Press.
- Maccoby, E. E. & Jacklin, C. N. (1974). *The psychology of sex differences*. Stanford: Stanford University Press.
- Mast, F. W. (2005). Raumwahrnehmung: Störungen, Diagnostik und Rehabilitation. In B. Kersten (Hrsg.), *Praxisfelder der Wahrnehmungspsychologie* (S. 90-107). Bern: Hans Huber.
- May, M. (2006). Raumwahrnehmung. Spatial Perception. In J. Funke & P. A. Frensch (Hrsg.), *Handbuch der allgemeinen Psychologie-Kognition* (Band 5) (S. 173-181). Göttingen: Hogrefe.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86 (5), 889-918.
- McQueen, D., Kent, G. & Murrison, A. (1994). Self-reported long-term effects of diving and decompression illness in recreational scuba divers. *British Journal of Sports Medicine*, 28 (2), 101-104.
- Moreau, D., Clerc, J., Mansy-Dannay, A. & Guerrien, A. (2012). Enhancing spatial ability through sport practice. Evidence for an effect of motor training on mental rotation performance. *Journal of Individual Differences*, 33 (2), 83-88.
- Németh, B. (2007). Measurement of the development of spatial ability by Mental Cutting Test. *Annales Mathematicae et Informaticae*, 34, 123-128.
- Noordzij, M. L., Zuidhoek, S. & Postma, A. (2007). The influence of visual experience on visual and spatial imagery. *Perception*, 36 (1), 101-112.

- Padi Europe (2002). *The encyclopedia of recreational diving*. Hettlingen: Padi Europe AG.
- Padi Europe (2005). *Divemaster Manual*. Hettlingen: Padi Europe AG.
- Padi Europe (2006). *Instructor Manual 2008. The way the world learns to dive* [CD]. Hettlingen: Padi Europe AG.
- Parsons, T. D., Larson, P., Kratz, K., Thiebaut, M., Bluestein, B., Buckwalter, J. G. & Rizzo, A. A. (2004). Sex differences in mental rotation and spatial rotation in a virtual environment. *Neuropsychologia*, 42 (4), 555-562.
- Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R. & Richardson, C. (1995). A redrawn Vandenberg and Kuse Mental Rotation Test: Different versions and factors that affect performance. *Brain and Cognition*, 28 (1), 39-58.
- Piepho, T., Muth, C. M., Heitkamp, H. C. & Tetzlaff, K. (2008). Krankheitsprävalenz und Tauchverhalten von Sporttauchern. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59 (1), 17-20.
- Pietsch, S. & Jansen, P. (2012). Different mental rotation performance in students of music, sport and education. *Learning and Individual Differences*, 22 (1), 159-163.
- Putz-Osterloh, W. & Lüer, G. (1979). Wann produzieren Probanden räumliche Vorstellungen beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben? *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 26 (1), 138-156.
- Quaiser-Pohl, C., Geiser, C., & Lehmann, W. (2006). The relationship between computer-game preference, gender, and mental rotation ability. *Personality and Individual Differences*, 40 (3), 609-619.
- Quaiser-Pohl, C. & Lehmann, W. (2002). Girls' spatial abilities: Charting the contributions of experiences and attitudes in different academic groups. *British Journal of Educational Psychology*, 72 (2), 245-260.

- Raglin, J. S., O'Connor, P. J., Carlson, N. & Morgan, W. P. (1996). Responses to underwater exercise in scuba divers differing in trait anxiety. *Undersea and Hyperbaric Medical Society*, 23 (2), 77-82.
- Rahimi, M. (2001). *Tauchen ohne Angst. Mental-Tipps. Atemtechnik. Übungen*. München: BLV-Verlag.
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion*. Bern: Hans Huber.
- Scheyer, W. (2006). *Orientierungstauchen Nachtauchen Strömungstauchen Wracktauchen*. Bielefeld: Delius Klasing.
- Schiöberg-Schiegnitz, S. (1993). *Physiological psychology in scuba diving*. Proceedings of the XIXth Annual Meeting of the EUBS (S. 75-78). Trondheim Norway.
- Schiöberg, S. (2007). Tauchpsychologie. In O.F. Ehm, M. Hahn, U. Hoffmann & J. Wenzel (Hrsg.), *Der neue Ehm. Tauchen noch sicherer. Tauchmedizin für Freizeittaucher, Berufstaucher und Ärzte* (S. 52-69). Stuttgart: Müller Rüschlikon.
- Sedgwick, H. A. (2001). Visual space perception. In E. B. Goldstein (Ed.), *Blackwell handbook of perception* (pp. 128-167). Oxford: Blackwell.
- Shupak, A., Gil, A., Nachum, Z., Miller, S., Gordon, C. R., & Tal, D. (2003). Inner ear decompression sickness and inner ear barotrauma in recreational divers: A long-term follow-up. *The Laryngoscope*, 113 (12), 2141-2147.
- SSI, (2000). Äquivalenz Liste - SSI, PADI, CMAS & EU NORM [online]. URL: http://www.tauchturm.com/fileadmin/pdf/ssi_aequivalenzliste.pdf [11.11.2010].
- Steinberg, F., Steegmanns, A., Dräger, T., Dalecki, M., Röschmann, M. & Hoffmann, U. (2009). Erste Ergebnisse des tauchspezifischen Leistungstests 'fit2dive'. *Caisson*, 24 (2), 15-19.
- Straughan, E. R. (2012). Touched by water: The body in scuba diving. *Emotion, Space and Society*, 5 (1), 19-26.

- Stumpf, H. & Fay, E (1983). *Schlauchfiguren - Ein Test zur Beurteilung des räumlichen Vorstellungsvermögens*. Göttingen: Hogrefe.
- Thommen, U. (2009). Der Druckausgleich im Mittelohr: Betrachtungen zum Valsalva-Manöver. *Caisson*, 24 (3), 38.
- Trevett, A., Peck, D. & Forbes, R. (2010). The psychological impact of accidents on recreational divers: A prospective study. *Journal of Psychosomatic Research* 68 (3), 263-268.
- Vandenberg, S. G. & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47 (2), 599-604.
- Voyer, D., Voyer, S. & Bryden, M.P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117 (2), 250-270.
- Warm, T. A. (1989). Weighted likelihood estimation of ability in item response theory. *Psychometrika*, 54 (3), 427-450.
- Zickbauer, N. (2000). *Gehörlosigkeit und räumliches Vorstellungsvermögen*. Unveröff. Dipl. Arbeit, Universität, Wien.
- Zöfel, P. (2003). *Statistik für Psychologen*. München: Pearson Studium.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: <i>Rundes und ovales Fenster als bewegliche Trennung zwischen der gasgefüllten Paukenhöhle und dem mit Flüssigkeit gefüllten Innenohr.</i> Aus: Ehm, Hahn, Hoffmann & Wenzel (2007), Ort: Müller Rüschnikon.	21
Abbildung 4-1: <i>Lichtreflexion, -streuung und Farbabsorption.</i> Aus: Ehm et al. (2007), Ort: Müller Rüschnikon.	38
Abbildung 6-1: Datenblatt des EST	58
Abbildung 6-2: Aufgabenstellung des EST	58
Abbildung 6-3: Beispiel 5 der verwendeten Testversion.....	59
Abbildung 6-4: Instruktion des FPI - R (Fahrenberg et al., 2001)	61
Abbildung 6-5: Fragen 1-10 des FPI-R (Fahrenberg et al., 2001)	62
Abbildung 6-6: Zusatzfragebogen	64
Abbildung 7-1: Balkendiagramm der Variablen Alter (gruppiert) und Gruppe	71
Abbildung 7-2: Balkendiagramm der Variablen Ausbildung und Gruppe	72
Abbildung 7-3: Balkendiagramm der Variablen DG und Gruppe	72
Abbildung 7-4: Dreidimensionale Darstellung der Variablen Alter, Ausbildung und DG in der VG bzw. KG	73
Abbildung 7-5: Verteilung des Rohscores für die Gesamtstichprobe.....	78
Abbildung 7-6: Verteilung des Rohscores für die VG.....	78
Abbildung 7-7: Verteilung des Rohscores für die KG.....	79
Abbildung 7-8: Verteilung der Messwertdifferenzen (VG - KG).....	83
Abbildung 7-9: Verbundliniendiagramm der EST-Rohscores für die Personenpaare	84
Abbildung 7-10: Streudiagramm der Variablen Tauchgänge und Rohscore innerhalb der VG	90
Abbildung 7-11: Streudiagramm der Variablen Alter und Tauchgänge in der VG	91
Abbildung 7-12: Interaktionsdiagramm für Faktor DG	98
Abbildung 7-13: Interaktionsdiagramm für Faktor TGG.....	98
Abbildung 7-14: Streudiagramm der Variablen Testdauer und Rohscore	100

Tabellenverzeichnis

Tabelle 7-1: Häufigkeitstabelle der EST-Items	69
Tabelle 7-2: Häufigkeitstabelle der iwn-Antwortalternative	70
Tabelle 7-3: Kreuztabelle der Variablen Gruppe und Geschlecht	71
Tabelle 7-4: Darstellung der erhobenen Zertifizierungslevel und deren Gruppierung	75
Tabelle 7-5: Antworthäufigkeiten der Variable Hobbies	75
Tabelle 7-6: Häufigkeitstabelle des Rohscores und der WML-Fähigkeitsparameter des EST (Dank gilt dem Betreuer dieser Arbeit Ao. Univ.-Prof. Dr. Georg Gittler für die zur Verfügungstellung der WML-Parameter.)	76
Tabelle 7-7: Deskriptive Statistik des Rohscores und der WML-Fähigkeitsparameter des EST	77
Tabelle 7-8: Prüfung auf Normalverteilung der WML-Parameter	77
Tabelle 7-9: Levene-Test und t-Test für unabhängige Stichproben für WML Parameter und VG/KG	81
Tabelle 7-10: WML-Parameterdifferenzen und Rohscore Differenzen (VG - KG)	82
Tabelle 7-11: Prüfung auf Normalverteilung der Messwertdifferenzen	83
Tabelle 7-12: Korrelation der WML-Parameter der VG und KG	84
Tabelle 7-13: t-Test für verbundene Stichproben der WML-Parameter (inkl. Mw und Sb der Rohscore Differenzen)	84
Tabelle 7-14: Deskriptive Statistik für Rohscores und WML-Parameter in den Geschlechtergruppen	85
Tabelle 7-15: Prüfung auf Normalverteilung der WML-Parameter für die Geschlechtergruppen	86
Tabelle 7-16: Levene Test und t-Test für unabhängige Stichproben - AV=WML-Parameter und UV=Geschlecht	86
Tabelle 7-17: Deskriptive Statistik des Rohscores innerhalb der Geschlechtergruppen	87
Tabelle 7-18: t-Test für unabhängige Stichproben innerhalb der Gruppe der Frauen	87
Tabelle 7-19: t-Test für unabhängige Stichproben innerhalb der Gruppe der Männer	87
Tabelle 7-20: Korrelation der WML-Messwertpaare getrennt nach Geschlecht	88
Tabelle 7-21: t-Test für verbundene Stichproben der WML-Parameter (inkl. Mw und Sb der Rohscore Differenzen)	88
Tabelle 7-22: t-Test für verbundene Stichproben der WML-Parameter (inkl. Mw und Sb der Rohscore Differenzen)	88
Tabelle 7-23: Produkt-Moment-Korrelation der WML-Parameter und Anzahl an Tauchgängen in der VG	89
Tabelle 7-24: Produkt-Moment-Korrelation der Variablen Tauchgänge und Alter innerhalb der VG	91
Tabelle 7-25: Deskriptive Statistik der Variable Tauchgänge für die VG und ihren Subgruppen	92

Tabelle 7-26: Deskriptive Statistik der WML-Parameter und Rohscores getrennt für die VG und ihren Subgruppen.....	92
Tabelle 7-27: Prüfung auf Normalverteilung der WML Parameter innerhalb der Subgruppen.....	93
Tabelle 7-28: Levene-Test der WML-Parameter für die Subgruppen I+II	93
Tabelle 7-29: Welch-Test für AV=WML-Parameter und UV=Subgruppe I+II.....	93
Tabelle 7-30: Prüfung auf NV der WML-Parameter gruppiert nach der Variable DG.....	94
Tabelle 7-31: Levene-Test und t-Test für unabhängige Stichproben - AV=WML-Parameter und UV=DG	95
Tabelle 7-32: Mittelwerte und Standardabweichungen der WML-Parameter und des Rohscores gruppiert nach DG	95
Tabelle 7-33: Levene-Test auf Homogenität der Fehlervarianz.....	96
Tabelle 7-34: Univariate VA für WML-Parameter und Faktoren DG und Gruppe	96
Tabelle 7-35: Levene-Test auf Homogenität der Fehlervarianz.....	97
Tabelle 7-36: Univariate VA für WML-Parameter und Faktoren DG und TGG	97
Tabelle 7-37: Deskriptive Statistik der Variable Testdauer	99
Tabelle 7-38: Produkt-Moment-Korrelation zwischen Testdauer und Rohscore.....	100
Tabelle 7-39: Deskriptive Statistiken für Rohscores und WML-Parameter innerhalb der Zertifizierungsgruppen.....	101
Tabelle 7-40: Prüfung auf Normalverteilung der WML-Parameter innerhalb der Zertifizierungsgruppen.....	102
Tabelle 7-41: Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen	102
Tabelle 7-42: Kovarianzanalyse der WML-Parameter, Faktor ZL und Kovariaten DG + TGG.....	103
Tabelle 7-43: Deskriptive Statistik der Stanine-Werte der Gehemmtheitsskala getrennt für die KG und VG.....	103
Tabelle 7-44: Mann-Whitney u-Test für die Stanine-Werte der Gehemmtheitsskala und für VG und KG.....	104
Tabelle 7-45: Wilcoxon Test für AV=Skalenwertpaare der Gehemmtheitsskala (Stanine) und UV=VG/KG.....	105
Tabelle 7-46: Deskriptive Statistiken für die 12 Skalen des FPI-R.....	106
Tabelle 7-47: Mann-Whitney u-Test für die Stanine-Werte der übrigen 11 Skalen des FPI-R für VG und KG (N=66)	107
Tabelle 7-48: Wilcoxon Test für AV=Skalenwertpaare der FPI-R Skalen (Stanine) für VG und KG.....	108
Tabelle 7-49: Spearman Rangkorrelation für die Skalen des FPI-R und die WML-Fähigkeitsparameter.....	109

Abkürzungsverzeichnis

3DW.....	Dreidimensionaler Würfeltest
ASSI.....	Assistant Instructor (CMAS, PADI) = Associate Instructor (SSI)
AV.....	Abhängige Variable
CEEB.....	College Entrance Examination Board
CMAS.....	Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques
DC.....	Divecon (SSI)
DG.....	Darstellende Geometrie
DM.....	Divemaster (PADI)
DTG.....	Drucklufttauchgerät
EST.....	Endlosschleifentest
FPI-R.....	Freiburger Persönlichkeitsinventar - revidierte Fassung
H0.....	Nullhypothese
H1.....	Alternativhypothese
INSTR.....	Instructor (englisch für Tauchlehrer)
IRT.....	Item Response Theorie
IWN.....	Ich weiß nicht
KG.....	Kontrollgruppe
MCT.....	Mental Cutting Test
MI.....	Master Instructor (SSI)
MRT.....	Mental Rotation Test
MSDT.....	Master Scuba Diver Trainer (PADI)

MW.....Mittelwert

NV.....Normalverteilung

OWI.....Open Water Instructor (SSI)

OWSI.....Open Water Scuba Instructor (PADI)

PADI.....Professional Association of Diving Instructors

r.S.....räumliches Sehen

SB.....Standardabweichung

SFT.....Schlauchfiguren Test

SSI.....Scuba Schools International

TG.....Tauchgang

TGG.....Tauchgangsgruppe (Subgruppe I bzw. II)

TL*/**/***.....Tauchlehrer (Moniteur) */**/***

TMI.....Theorie multipler Intelligenzen

UV.....Unabhängige Variable

VA.....Varianzanalyse

VG.....Versuchsgruppe

VRSR.....Virtual Reality Spatial Rotation

WML.....Weighted Likelihood Estimates

ZL.....Zertifizierungslevel

Teil 3: Anhang

A. Itempool

Itemauswahl aus Pool 959.

Die Auswahl besteht aus $k = 22$ ($k = 21$ Wertungsitems) Testitems. Das Warming-Up Item (Nr. p212) wird an erster Position im Test vorgegeben und nicht in die Auswertung mit einbezogen.

Test-Reihenfolge der Items

Pool Nr.	It. Nr. im Test
p212	1 - Warming Up
p204	2
p234	3
p239	4
p237	5
p251	6
p224	7
p208	8
p210	9
p215	10
p231	11
p218	12
p232	13
p221	14
p243	15
p207	16
p245	17
p250	18
p246	19
p222	20
p241	21
p216	22

Items geordnet nach Pool Nr. (exkl. Warming-Up)

Pool Nr.	It. Nr. im Test
p204	2
p207	16
p208	8
p210	9
p215	10
p216	22
p218	12
p221	14
p222	20
p224	7
p231	11
p232	13
p234	3
p237	5
p239	4
p241	21
p243	15
p245	17
p246	19
p250	18
p251	6

Curriculum vitae

Name: Michaela Jedinger
Geburtsdatum: 31. Dezember 1983
Geburtsort: Gmunden
Nationalität: Österreich
Familienstand: verheiratet

Schulbildung	
1990 - 1994	Volksschule der Kreuzschwestern Gmunden Ort
1994 - 2002	Gymnasium der Kreuzschwestern Gmunden Ort
Hochschulbildung	
2002 - 2015	Studium der Psychologie an der Hauptuniversität Wien
2008	Pflichtpraktikum im SOS-Kinderdorf – Krisenpflegeplatz Simba
Praktika	
Sommer 2000	Ferialpraktikum im Kindergarten Traundorf (Gmunden, OÖ)
Sommer 2001	Ferialpraktikum im Kindergarten Traundorf (Gmunden, OÖ)
Sommer 2004	Ferialpraktikum im Kulturbüro Gmunden (OÖ)
2005/2006	Nebenjob: Kinderanimateurin in der Therme Oberlaa (Wien)
Sommer 2005	Ferialpraktikum im Stadtmuseum Gmunden (OÖ)
Februar 2006	Mitarbeit bei P&P Diving Center Lanzarote
Sommer 2006	Mitarbeit bei Coral Diving auf Kreta
2007	Nebenjob: Leiten von Kindergeburtsstagen im Auftrag der Firma KIKO
Sommer 2007	Mitarbeit als Diveguide bei Big Blue Sea Diving Centers Lanzarote
Sommer 2008	Mitarbeit als Diveguide bei Big Blue Sea Diving Centers Lanzarote
seit Mitte 2009	Basisleitung und Miteigentümerin bei Daivoon Diving Center Lanzarote
Zusatzausbildungen	
Juni 2002	ECDL Computerführerschein
14. September 2007	CMAS***, Divemaster inkl. DSD Leader
8. November 2008	CMAS Tauchlehrerin*
März 2014	Crossover SSI Instructor
August 2014	Divemaster Instructor
2009-2015	Social Media, Marketing, Design
Sprachen	
	Deutsch (Muttersprache), Englisch (fließend), Französisch (Grundkenntnisse), Spanisch (Grundkenntnisse), Latein (Grundkenntnisse)