4. Methode

4.1. Design

Als erster Schritt der angestrebten differenzialdiagnostischen und kriterienorientierten Validierung eines mit dem neuen Untersuchungsinstrument erhobenen Aspektes visuell-räumlicher Orientierung soll eine Stichprobe untersucht werden, die sich anhand eines bekannten Merkmals unterscheiden lässt. Die Unterscheidung erfolgt anhand der klinischen Diagnose in die folgenden drei Gruppen:

1. gesunde Personen
2. Personen mit leichten kognitiven Störung (Personen mit MCI) und
3. Personen mit Demenz

Da keine Randomisierung der Untersuchungsteilnehmer zu den Untersuchungsbedingungen erfolgt, sondern vielmehr bereits existierende Gruppen untersucht werden, handelt es sich bei der vorgestellten Untersuchung um ein quasiexperimentelles Design. Um die interne Validität der Untersuchung zu erhöhen, werden die zu vergleichenden Grupppen nach den relevanten Störvariablen Alter, Bildung und Geschlecht so weit wie möglich parallelisiert.

Da diese Untersuchung erst am Anfang des Einsatzes des neuen Instrumentes zur Erfassung räumlicher Orientierung in einer virtuellen Realität steht, ist bisher nicht bekannt, welche Verhaltensbeobachtungsvariablen als Prädiktorvariablen angesehen werden können. Es soll hier als Variable die Richtungsschätzung zu verschiedenen Zielen herausgegriffen

werden, da angenommen wird, dass über die Genauigkeit von Richtungsschätzungen ein Aspekt der Qualität der erworbenen mentalen Repräsentation erfasst werden kann. Für Personen mit kognitiven Störungen wird von einer Beeinträchtigung im Erwerb und der Qualität der erworbenen mentalen Repräsentation ausgegangen.

4.2. Stichprobe

4.2.1. Diagnosestellung im Rahmen der Gedächtnissprechstunde

Alle Patienten der Untersuchungsgruppe sind Patienten der Gedächtnissprechstunde der gerontopsychiatrischen Abteilung der Psychiatrischen Klinik und Poliklinik des Universitätsklinikums Benjamin Franklin (UKBF) der Freien Universität Berlin. Im Rahmen der Gedächtnissprechstunde erfolgt eine ausführliche allgemein-körperliche und neurologisch-psychiatrische Untersuchung der Patienten. Die Diagnosestellung findet nach fachärztlicher Beurteilung der erhobenen medizinisch-psychiatrischen, neuropsychologischen, elektrophysiologischen und mit bildgebenden Verfahren erhobenen Befunde im Anschluß an eine Fallvorstellung innerhalb eines multidisziplinären Teams durch den behandelnden Arzt statt. Anhand der gestellten ärztlichen Diagnosen erfolgt die Einteilung in die drei Untersuchungsgruppen.

4.2.2. Einschluss- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien sind die Diagnose einer leichten kognitiven Störung (F 06.7 oder F07.8b nach der ICD-10, 1994) oder einer Demenz (F 00-F03 nach der ICD-10, 1994), sowie Alter über 50 Jahre.

Ausschlusskriterien sind multiple Schlaganfälle, Schädelhirntraumen, schwere Sehstörungen oder schwerwiegende neurologische Erkrankungen.

4.2.3. Beschreibung der Stichprobe

Die Untersuchung der räumlichen Orientierung findet im Rahmen der erweiterten Diagnostik der Gedächtnissprechstunde statt, und zwar entweder im Anschluss an den Erstkontakt mit der Klinik oder im Anschluß an einen “Follow-up”-Termin etwa ein Jahr nach der ersten Diagnosestellung in der Klinik. Alle Versuchspersonen wurden ausführlich über den Ablauf der Untersuchung aufgeklärt und willigten schriftlich in die Durchführung der Untersuchung und in die Verwendung der Daten zu wissenschaftlichen Zwecken unter Einhaltung des Datenschutzes ein. Einschränkungen der Einwilligungsfähigkeit lagen bei keiner der Versuchspersonen vor. Die Feststellung der Einwilligungsfähigkeit oblag den untersuchenden Ärzten der Abteilung für Gerontopsychiatrie.

Die gesamte Untersuchungsgruppe umfasst 55 Personen in drei Gruppen (s. Tab. 4.1).

Tabelle 4.1.: Beschreibung der Untersuchungsgruppe

		Geschlecht	
Erstdiagnose	**n**	**weiblich**	**männlich**
gesund	25	15	10
MCI	17	7	10
Demenz	13	8	5
gesamt	55	30	25

gesunde Personen

Die gesunden, d.h. kognitiv ungestörten Kontrollpersonen wurden einerseits über persönliche Kontakte für die Teilnahme an der Untersuchung interessiert, andererseits konnten durch die Kooperation mit dem Max-Planck-Institut für Bildungsforschung Berlin aus der dort geführten Datenbank Versuchspersonen gezielt ausgewählt werden, um so ein Konstanthalten im Niveau der Faktoren Alter und Geschlecht entsprechend der Verteilung innerhalb der Patientengruppen zu ermöglichen.

Gruppe der Personen mit MCI

In der Gruppe der Personen mit MCI befinden sich 3 Personen mit der Diagnose einer ”leichten kognitiven Störung” (F 06.7 nach der ICD-10, 1994) und 14 Personen mit der Diagnose ”Zustandsbilder mit leichter kognitiver Störung, die noch nicht das Ausmaß einer Demenz bei kontinuierlich fortschreitenden Störungen wie Alzheimer-Krankheit, Parkinson-Krankheit etc. erreicht haben.” (F 07.8b nach der ICD-10). Aufgrund der geringen Fallzahl in dieser Untersuchung kann diese Unterscheidung der leichten kognitiven Störung nach ätiologischen und prognostischen Gesichtspunkten nicht berücksichtigt werden. Das heißt, alle Personen mit der Diagnose einer leichten kognitiven Störung entweder nach F 06.7 oder nach F07.8 der ICD-10 sind aus pragmatischen Gründen in der zweiten Untersuchungsgruppe zusammengefasst. Diese Gruppe soll im Folgenden durch die Bezeichnung “mild cognitive impairment (MCI)” beschrieben werden.

Gruppe der Personen mit Demenz

In der dritten Gruppe befinden sich 13 Personen mit der Diagnose eines demenziellen Syndroms. Eine Person erhielt die Diagnose einer “mittelgradigen frontalen Demenz mit präsenilem Beginn unklarer Genese” (F 03 nach der ICD-10); eine Person die Diagnose einer “Demenz bei Alzheimer Krankheit mit frühem Beginn (Typ 2)” (F 00 nach der ICD-10). Bei den übrigen 11 Personen der dritten Gruppe wurde die Diagnose einer “Demenz bei Alzheimer Krankheit mit spätem Beginn (Typ 1)” (F 00.1 nach der ICD-10) gestellt.

Eine detaillierte Aufstellung der Diagnosekriterien nach der ICD-10 findet sich im Anhang dieser Arbeit ab Seite G.

4.2.4. psychiatrische Komorbidität

Bei vier Personen stellte sich nach Durchführung sämtlicher Untersuchungen im Rahmen der Gedächtnissprechstunde heraus, dass primär keine kognitive Beeinträchtigung vorlag, sondern eine affektive Störung bestand. Diese Personen werden zur Gruppe der kognitiv un-

gestörten, gesunden Personen gerechnet. Um eine einheitliche Begriffsverwendung in allen drei Untersuchungsgruppen zu gewährleisten, werden diese psychiatrischen Diagnosen im Folgenden als psychiatrische ”Zweitdiagnosen” bezeichnet, auch wenn streng genommen für die kognitiv ungestörten, gesunden Personen keine psychiatrische Erstdiagnose besteht. Es handelt sich hierbei ausdrücklich nicht um eine hierarchische Ordnung der Diagnosen in Haupt- und Nebendiagnosen, sondern lediglich um eine Aufführung zur genauen Stichprobenbeschreibung. Tab 4.2 zeigt die Anzahl psychiatrischer Zweitdiagnosen in den drei Gruppen im Überblick.

Tabelle 4.2.: Anzahl psychiatrischer Zweitdiagnosen

Erstdiagnose [a]	**psychiatrische Zweitdiagnose** [b]		
	keine	**affektive Störung**	**Angststörung**
gesund	21	3	1
MCI	12	5	0
Demenz	13	0	0
gesamt	46	8	1

a Erstdiagnose: bezeichnet die in der Gedächtnissprechstunde von ärztlicher Seite festgelegte psychiatrische Diagnose, die zur Einteilung der Gruppen diente.
b psychiatrische Zweitdiagnose: bezeichnet eine zusätzliche psychiatrische Diagnose, die im Rahmen der Untersuchung der Gedächtnissprechstunde von ärztlicher Seite gestellt wurde.

In der Gruppe der gesunden Personen besteht bei 4 von 25 Personen eine psychiatrische Zweitdiagnose. Bei einer der 4 Personen liegt eine Angststörung vor, bei den anderen 3 Personen besteht eine depressive Störung.

In der Gruppe der Personen mit MCI besteht bei fünf Patienten eine weitere psychiatrische Diagnose einer depressiven Störung.

In der Gruppe der Personen mit Demenz liegen keine psychiatrischen Zweitdiagnosen vor.

Bei der Interpretation der Ergebnisse der Untersuchung in der VR werden die Werte der Personen mit einer psychiatrischen Zweitdiagnose zunächst zusammen mit den Ergebnissen aller Gruppenmitglieder betrachtet und sofern sie sich deutlich von der zentralen Tendenz

der Gesamtgruppe unterscheiden jeweils einzeln interpretiert. Für die Ergebnisse der neuropsychologischen Untersuchung, sowie die statistische Prüfung der Gruppenunterschiede erfolgt die Kontrolle dieses Faktors, in dem jeweils zwei Gruppenvergleiche angestellt werden: In einem ersten Gruppenvergleich gehen die Werte aller Personen ein; in einem zweiten Gruppenvergleich gehen nur Werte von Personen ohne Begleiterkrankung (d.h. ohne psychiatrische Zweitdiagnose und ohne erhöhten Wert in der Depressionsskala) ein.

4.2.5. Deskriptive Kennwerte der Untersuchungsgruppe

Einen Überblick über die deskriptiven Kennwerte im Gruppenvergleich gibt Tabelle 4.3.

Tabelle 4.3.: Kennwerte der Untersuchungsgruppe

	Kennwert [a]			
Diagnose	**Alter**	**Bildung** [b]	**MMSE**	**SISCO**
gesund	64,56 ± 8,21	13,92 ± 3,90	28,96 ± 0,88	
MCI	69,17 ± 10,28 [ns]	13,21 ± 4,63 [ns]	26,24 ± 2,01 ***	46,59 ± 4,89
Demenz	71,69 ± 6,21 [ns]	14,00 ± 3,69 [ns]	22,38 ± 3,10 ◇◇◇	38,33 ± 6,65◇◇

a jeweils gerundete Mittelwerte mit gerundeter Standardabweichung
b Schuljahre + Studien-/ Ausbildungsjahre
p_1: Vergleich gesund vs. MCI, p_2: Vergleich MCI vs. Demenz
*** $p_1 < 0,001$
◇◇ $p_2 < 0,01$
◇◇◇ $p_2 < 0,001$
ns Gruppenunterschiede nicht signifikant

Alter und Bildung

Für das Alter bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen gesunden Personen und Personen mit MCI einerseits und Personen mit MCI und Demenzpatienten andererseits (p_1(gesund vs. MCI) = 0,1652 , bzw. p_2(MCI vs. Demenz) = 0,4626). Die drei Gruppen unterscheiden sich ebenfalls nicht signifikant in der Anzahl der Bildungsjahre (p_1 = 0,4182, bzw. p_2 = 0,4368; s.a. Abb. 4.1 auf S. 45). Die in Abbildung 4.1 aufgeführte Legende gilt für alle weiteren Boxplots ebenso, wird dort aber nicht wiederholt aufgeführt.

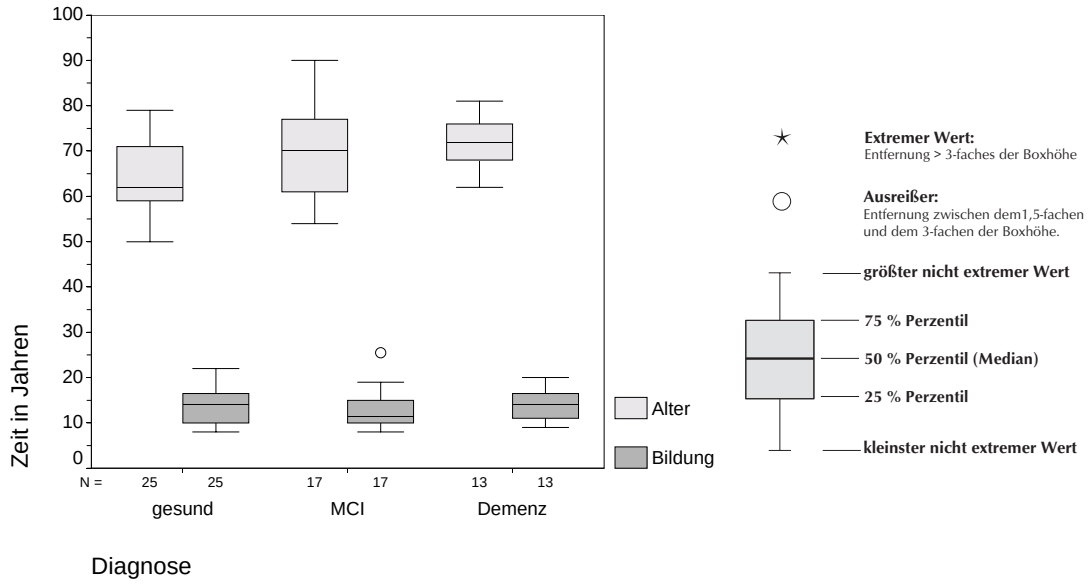

Abbildung 4.1.: Vergleich von Alter und Bildung in den drei Gruppen

Mini-Mental Status Exam (MMSE)

Die drei Gruppen unterscheiden sich signifikant in den Leistungen im MMSE (einseitige Signifikanz p_1= 0.0000, bzw. p_2= 0.0008, s. Abb. 4.2). Eine kognitiv gesunde Person erreicht eine Punktzahl von 26 Punkten und liegt damit deutlich unterhalb des Mittelwerts der Gruppe der gesunden Personen. Bei dieser Person besteht als psychiatrische Zweitdiagnose eine depressive Episode.

In der Gruppe der Personen mit MCI liegt die erreichte Punktzahl im Mittel bei 26 Punkten und liegt damit unterhalb des verbreiteten Cut-Off von 27 Punkten zur Trennung kognitiv Gesunder von kognitiv Beeinträchtigten.

Die Personen mit Demenz erreichen durchschnittlich 22 Punkte, wobei sich alle Werte innerhalb des Bereiches zwischen 17 und 26 Punkten befinden. Ein Wert von 22 Punkten im MMSE wird im allgemeinen dem Schweregrad einer leichten Demenz zugeordnet.

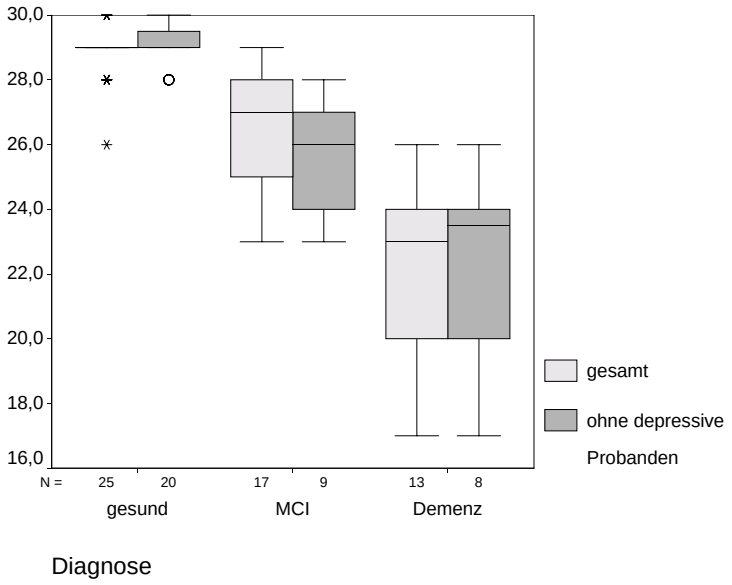

Abbildung 4.2.: Vergleich der MMSE-Werte in den drei Gruppen

SIDAM

Zur genaueren Beschreibung der Untersuchungsgruppe werden hier neben den Ergebnissen des MMSE zusätzlich die im Rahmen der Untersuchung der Gedächtnissprechstunde von ärztlicher Seite erhobenen Werte für das SIDAM[1] (Zaudig und Hiller, 1996) aufgeführt.

Das SIDAM erlaubt eine syndromale und kategoriale, kriterienbezogene Demenzdiagnostik und eine quantitative Erfassung der kognitiven Leistungsfähigkeit durch die standardisierte Vorgabe von 55 Aufgaben. Als zusammenfassender Score der kognitiven Leistungsfähigkeit lässt sich der SIDAM-Score (SISCO) ermitteln. Der maximale Punktwert liegt bei 55. Hohe Punktwerte gehen mit niedrigen und niedrige Punktwerte mit hohen Störungsgraden einher. Zur Trennung der Gruppe der Gesunden von kognitiv Beeinträchtigten hat sich ein SISCO Cut-off von 46, zur Trennung kognitiv Beeinträchtigter von den Demenzen ein Cut-off von 34 am sinnvollsten erwiesen.

Die Werte im Score des SIDAM-Interviews zeigt Abbildung 4.3. Personen mit MCI

[1] SIDAM. Strukturiertes Interview für die Diagnose einer Demenz vom Alzheimer-Typ, der Multiinfarkt- (oder vaskulären) Demenz und Demenzen anderer Ätiologie nach DSM-III-R und ICD-10

erreichen Werte zwischen 37 und 53 Punkten bei einem Mittelwert von 46,59 Punkten. Der Mittelwert liegt damit knapp oberhalb des bei Zaudig und Hiller (1996) angegeben Cut-Off von 46 Punkten zur Trennung Gesunder von kognitiv Beeinträchtigten. Personen mit Demenz erreichen durchschnittlich 38,33 Punkte; der Mittelwert der Demenzpatienten liegt oberhalb des Cut-Off von 34 Punkten zur Trennung kognitiv Beeinträchtigter von Dementen. Der Unterschied zwischen den Werten der Personen mit MCI und den Werten der Demenzpatienten ist statistisch signifikant (einseitige Signifikanz p_2= 0.001).

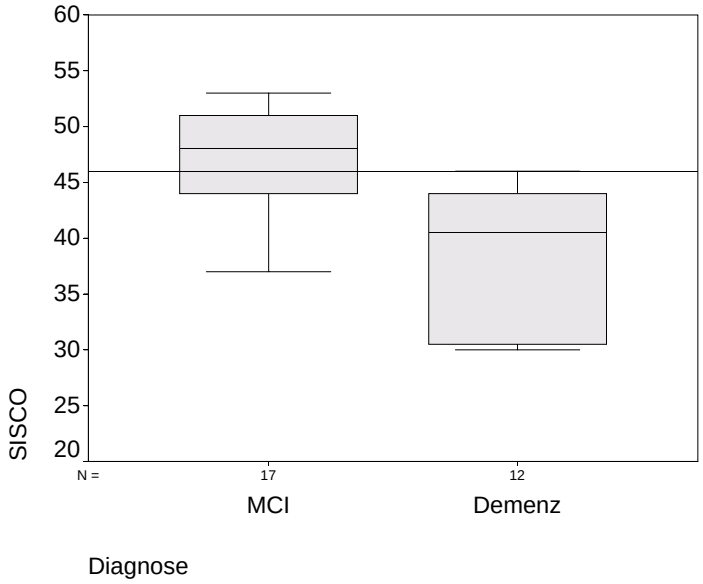

Abbildung 4.3.: Vergleich der SISCO-Werte in den beiden Patientengruppen
horizontale Linie markiert Cut-off zur Trennung Gesunder von kognitiv Beeinträchtigten

4.3. Durchführung der Untersuchung

Der Zeitraum der Datenerhebung erstreckte sich insgesamt von Mai 2000 bis November 2000. Die Untersuchung gliederte sich in zwei Abschnitte, die für jede Versuchsperson zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb eines Zeitraums von maximal zwei Monaten durchgeführt wurden. Im ersten Abschnitt erfolgt die Untersuchung ausgewählter Aspekte visuell-räumlicher Orientierung (u.a. Richtungsschätzungen) in einer virtuellen Realität. Im

zweiten Abschnitt der Untersuchung werden spezifische Aspekte visuell-räumlicher Fähigkeiten mit einer neuropsychologischen Testbatterie erhoben (zum Ablauf der Untersuchung siehe Abbildung 4.4 auf Seite 48).

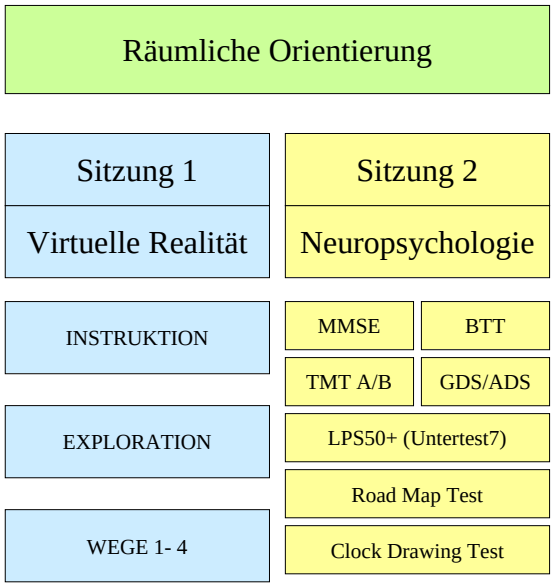

Abbildung 4.4.: Übersichtsplan des Untersuchungsablaufs

4.4. Messinstrumente

4.4.1. Virtuelle Realität

System

Das System besteht aus einem Personalcomputer mit Intel Pentium PIII Prozessor, 500MHz Taktfrequenz, einer Grafikkarte mit Riva TNT 2 Chipsatz und 512 MB Arbeitsspeicher. Das Bild wird mit einem Videobeamer auf eine Leinwand in vier Meter Entfernung mittig vor die sitzende Versuchsperson projiziert. Die Bewegungssteuerung erfolgt mittels der Pfeiltasten einer gewöhnlichen Computertastatur. Auf der Grundlage eines dreidimensionalen Computerspiels, das als Kern eine 3-d-Engine besitzt, welche die virtuelle Bewegung im

dreidimensionalen Raum interaktiv simuliert, wurde mit Hilfe des dazugehörigen Editors ein Ausschnitt eines Stadtteils von Berlin (Neukölln) modelliert (s. Abb. 4.5 als Beispiel für die Startansicht in der virtuellen Welt). Das Programm bietet die Möglichkeit der kontinuierlichen Aufzeichnung der Position von Fußpunkt und Blickpunkt der Versuchsperson in der virtuellen Realität (VR). Darüber hinaus wird jeder zurückgelegte Weg in der VR innerhalb des Programms aufgenommen und kann später wiedergegeben und dabei das beobachtete Verhalten kodiert werden. Das heißt, dass ein Beobachter ein sog. Demo abspielen kann, welches das exakte Verhalten der Versuchsperson aus dem identischen Blickfeld, wie die Versuchsperson es zuvor gesehen hat, wiedergibt. Dadurch ist eine spätere Evaluation des gezeigten Verhaltens möglich. Es wurden darüber hinaus Videoaufzeichnungen der gesamten Untersuchung für eine Teilgruppe der Personen erstellt. Durch diese Möglichkeit der späteren exakten Wiedergabe des Verhaltens der Probanden in der VR, wurde eine detaillierte Einzelfallbeschreibung wie sie in Kapitel 6 ab Seite 85 dargestellt ist, möglich.

Abbildung 4.5.: Startansicht in der VR zu Beginn der Untersuchung

Untersuchungsablauf in der virtuellen Realität

Der Versuchsaufbau unter Einsatz eines Computers sowie die Projektion eines interaktiven Bildes auf eine Leinwand vor den Probanden stellt zunächst besonders für ältere Personen eine ungewohnte Situation und nicht selten den ersten Kontakt mit einem Computer dar. Um dieser besonderen Situation Rechnung zu tragen, beginnt die Untersuchung in der VR zunächst mit einer ausführlichen Erklärungs- und Übungsphase, in der der Proband die Beherrschung des Instrumentes erlernen soll. Für einen Überblick des Ablaufs dieser Instruktionsphase siehe Abbildung 4.6 auf Seite 51.

Instruktionsphase

Zu Beginn erfolgt eine orientierende Visusprüfung, indem der Proband gebeten wird, eine zu Beginn des Programms auf der Leinwand erscheinende Schrift über Spezifikationen des Programms laut vorzulesen. Sollte dies nicht möglich sein, so wird die Untersuchung abgebrochen, da eine zu starke Beeinträchtigung des Visus vorliegt. Erlaubt die Visusprüfung ein Fortfahren der Untersuchung, so wird im Folgenden erläutert, dass die Steuerung der simulierten Eigenbewegung zwei voneinander zu unterscheidende Bewegungsmöglichkeiten zulässt. Dies ist einerseits eine strikt auf den Bildmittelpunkt zu- bzw. von diesem weglaufende Vorwärts- bzw. Rückwärtsbewegung durch Druck auf die Pfeiltasten “Pfeil nach oben” für die Vorwärtsbewegung und “Pfeil nach unten” für die Rückwärtsbewegung. Andererseits kann durch Druck auf eine der zur Seite deutenden Pfeiltasten ein Drehen um die eigene Achse im Sinne eines Umschauens erfolgen, ohne dass sich dabei die Position der Versuchsperson in der VR ändert. Durch Druck auf die Taste “Pfeil nach links” wird eine Drehung um die eigene Achse nach links ausgelöst (entspricht einer Blickwendung nach links), gleiches gilt entsprechend für den Druck auf die Taste “Pfeil nach rechts” für die Drehung nach rechts. Jede Bewegung bzw. Drehung erfolgt dabei nur so lange, wie die Taste gedrückt wird. Wird keine der Tasten berührt, so steht die Person in der VR. Es wird gesondert darauf hingewiesen, dass die durch Druck auf die Taste “Pfeil nach unten” ausgelöste

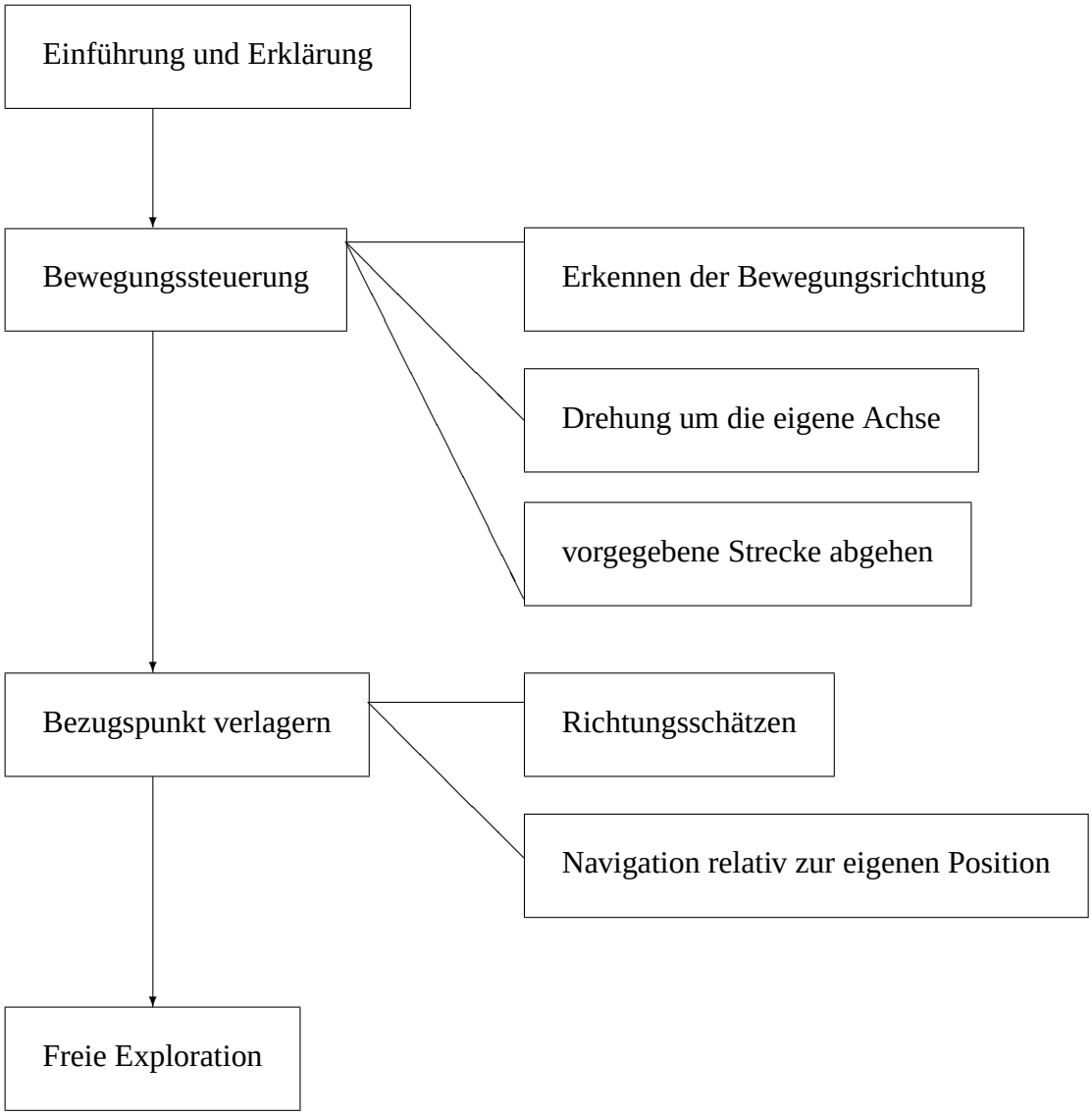

Abbildung 4.6.: Ablauf der Instruktionsphase

Rückwärtsbewegung eine besondere Bewegung darstellt, da dabei der Blick weiter nach vorn gerichtet bleibt. Es wird erläutert, dass ein solches “Rückwärtslaufen mit Blick nach vorn” eine sehr ungewöhnliche Fortbewegung darstellt und im folgenden nur sehr sparsam verwendet werden soll, etwa wenn man gegen ein Objekt oder in eine Sackgasse gelaufen ist und sich aus dieser Position wieder entfernen möchte.

In der Bildmitte befindet sich ein roter Kreis, welcher eine Anpassung des ursprünglich vorhandenen und in dreidimensionalen Computerspielen üblichen Fadenkreuzes zur Markierung des Zielpunktes darstelllt. Durch Blickwendung (Drücken der Taste “Pfeil nach rechts” bzw “... links”) ändert sich der zu sehende Bildausschnitt entsprechend und mit ihm das Objekt, auf welches der Zielpunkt deutet. Wird eine Vorwärtsbewegung eingeleitet, so erfolgt sie stets direkt auf den Bildmittelpunkt (markiert durch den roten Kreis) zu.

Es wird der Versuch einer Indexerstellung zur Prüfung der basalen motorischen und kognitiven Fähigkeiten der Probanden in Bezug auf den Umgang mit der Steuerung der simulierten Eigenbewegung in der VR (sogenannte “Navigationsfähigkeit”) unternommen. Der Index soll den Grad der Beherrschung des Untersuchungsinstrumentes veranschaulichen und bildet die Grundlage dafür, im weiteren Untersuchungsverlauf Auffälligkeiten oder Defizite im Verhalten der Versuchspersonen interpretieren zu können. Eine Aufstellung der Aufgaben zur Beurteilung der Navigationsfähigkeiten findet sich in Tabelle 4.4 auf Seite 53.

Es soll im einzelnen beurteilt werden, ob die Versuchspersonen:

1. ihre Bewegungsrichtung (vorwärts oder rückwärts) sicher erkennen und eine Bewegung in eine gewünschte Richtung ausführen können,
2. sich um einen vorgegebenen Bereich (ca. 180° und ca. 360°) sicher um die eigene Achse drehen können und dies als Drehung (um 180° bzw. 360° respektive) erkennen können,
3. eine vorgegebene Strecke auf der Straße entlanggehen können (“Gehen Sie bitte einmal um den Platz herum!”),
4. ihren eigenen Bezugspunkt in die VR verlagern können und somit

a) zu einem Punkt navigieren können, der relativ zur eigenen Position angegeben wird. ("Gehen Sie bitte in die Seitenstraße, die rechts hinter Ihnen liegt!": Aufgabe Inversion 1) und "Stellen Sie sich bitte mit dem Rücken an das Toilettenhäuschen!": Aufgabe Inversion 2), sowie

b) Richtungsschätzungen (durch Einstellen der vermuteten Richtung mittels des in der Bildmitte befindlichen roten Kreises) in der VR abgeben können.

Tabelle 4.4.: Beurteilung der Navigationsfähigkeit

Aufgabe	**Bewertungsmöglichkeit**	**Kodierung**
Drehung um 180°	erfolgreich	1
	nicht erfolgreich	2
Drehung um 360°	erfolgreich	1
	nicht erfolgreich	2
Inversion 1	erfolgreich im ersten Versuch	1
	erfolgreich, mehrere Versuche oder ungenau	2
	nicht erfolgreich	3
Inversion 2	erfolgreich im ersten Versuch	1
	erfolgreich, mehrere Versuche oder ungenau	2
	nicht erfolgreich	3
Zeigen der Richtung (Arm)	erfolgreich und richtig	1
	möglich, falsch bzw. Luftlinienkonzept unklar	2
	nicht möglich	3
Schätzen der Richtung (roter Kreis)	erfolgreich und richtig	1
	möglich, falsch bzw. Luftlinienkonzept unklar	2
	nicht möglich	3
	Summenscore	$\sum$ **(**$6 - 16$**)**

Erfassen der Richtungsschätzungen in der VR

Während der Instruktionsphase wird der Versuchsperson erläutert, dass sich ein wesentlicher Teil der Untersuchung darauf konzentriert, Richtungen zu gegebenen Zielen zu schätzen und es wird die Durchführung der Richtungsschätzungen erläutert. Nachdem die Person den Umgang mit der Tastatur und dem Programm und hierbei auch das Drehen um die eigene Achse in der virtuellen Realität geübt hat, wird die Person gebeten, eine vorgegebene Strecke ("Gehen Sie einmal rund um den Platz!") abzulaufen. Auf dieser Wegstrecke läuft jede Person frontal auf das rote Startschild zu, bevor sie gebeten wird, an der nächsten Kreuzung links abzubiegen. Nach dem Einbiegen in die Straße und einem kurzen weiteren Weg dem Straßenverlauf folgend, wird die Person gebeten, anzuhalten und die Richtung anzugeben, in der sie den Startpunkt, d.h. das rote Startschild, vermutet. Es wird erläutert, dass hierbei die Luftlinie geschätzt werden soll und die Person wird ermutigt, eine erste Schätzung durch Zeigen mit dem Arm in die Richtung zum Startpunkt abzugeben. Dies wird auf einer Dreipunkteskala bewertet (Zeigen der Richtung (Arm)) wie sie in Tabelle 4.4 auf Seite 53 dargestellt ist. Danach erfolgt die Erläuterung der Schätzung mithilfe des in der Bildmitte befindlichen Zielpunktes (roter Kreis). Der rote Kreis dient als Zielvorrichtung, um in die gefragte Richtung zu zeigen. Das heißt, die Person wird gebeten, in der virtuellen Realität die Blickrichtung in Richtung des gefragten Zieles (hier zum Startpunkt) zu wenden (durch Bedienen der seitlichen Pfeiltasten der Tastatur) und zum genauen Schätzen der Richtung den roten Kreis als Zielpunkt zu verwenden. Dabei ist das zu schätzende Objekt nicht direkt im Blickfeld zu erkennen und die Schätzung erfolgt somit durch direktes Zielen "durch Hauswände oder andere Objekte hindurch". Diese Fähigkeit wird vom Versuchsleiter ebenfalls auf einer Dreipunkteskala bewertet (Schätzen der Richtung (roter Kreis)) wie sie in Tabelle 4.4 gezeigt ist.

Ein Beispiel einer Bewegungsbahn mit einer Schätzung der Richtung zum Startpunkt in der Instruktionsphase und der sich nach der Auswertung ergebenden Winkelabweichung einer gesunden Versuchsperson zeigt Abbildung 4.7 auf Seite 55. In der Abbildung ist zur

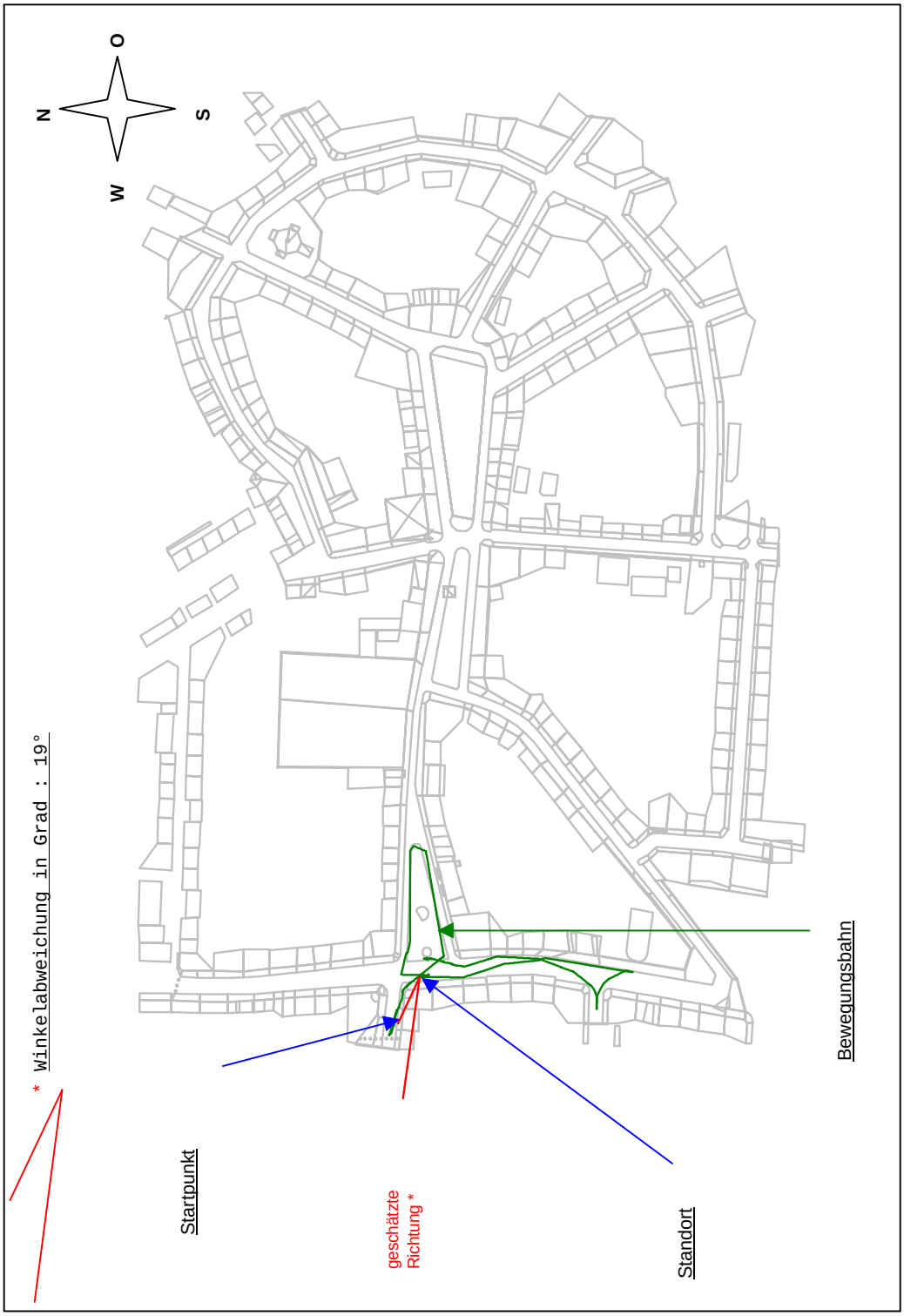

Abbildung 4.7.: Beispiel einer Bewegungsbahn (gesunde Person)

Veranschaulichung ebenfalls eine Windrose eingetragen, die die Ausrichtung der Stadt bezüglich der Himmelsrichtungen ausweist. In den Einzelfallbeschreibungen wird zur besseren Nachvollziehbarkeit der einzelnen Bewegungsbahnen in der Stadt auf die Navigation bezüglich dieser Himmelsrichtungen hingewiesen (s. Kap. 6 ab Seite 85).

Explorationsphase

Zu Beginn der Explorationsphase wird die Versuchsperson darauf hingewiesen, dass die folgenden Aufgaben an einem anderen Ort in der virtuellen Stadt als die vorausgegangene Instruktionsphase stattfinden. Die neue Ausgangsposition ist wiederum durch ein rotes Schild mit der Aufschrift Start markiert.

Der Versuchsperson wird erläutert, sie solle sich vorstellen, sie befände sich in einer ihr unbekannten Stadt (etwa an einem neuen Urlaubsort). Sie soll sich nun in dieser Stadt umschauen und sich mit der Umgebung vertraut machen, sodass sie später den Startpunkt wiederfinden kann und sich so gut wie möglich in der Stadt auskennt. Es werden ihr danach eine Reihe von Aufgaben gestellt, in denen sie zum Beispiel zu einem gegebenen Ort laufen soll und wiederum wie in der Übungsphase die Richtungen zu gegebenen Orten schätzen soll. Diese initiale Explorationsphase beträgt fünfzehn Minuten.

Grundsätzlich erfolgt die Untersuchung räumlicher Orientierung in der VR nach einem allgemeinen Grundschema wie es in Abbildung 4.8 auf S. 57 dargestellt ist. Im Anschluss an die Explorationsphase findet zunächst eine weitere Schätzung der Richtung zum Startpunkt statt (Startpunktschätzung I), sofern sich der Proband nicht bereits wieder am Startpunkt befindet. Da die Anweisung während der Exploration bewusst lediglich darin besteht, sich die Stadt genau anzusehen und einzuprägen, kann sich die Versuchsperson nach Ablauf der fünfzehn Minuten grundsätzlich in einem beliebigen Teil der Stadt befinden. Zufälligerweise kann dies auch in der Nähe des Startpunktes sein, im Extremfall so nah, dass das Startschild im Blickfeld zu sehen ist. Ist dies der Fall, so ist eine Richtungsschätzung zum Startpunkt nicht mehr sinnvoll. Aus diesem Grund liegen nur für einen Teil der Untersuchungsgruppe Werte der Startpunktschätzung am Ende der Exploration vor.

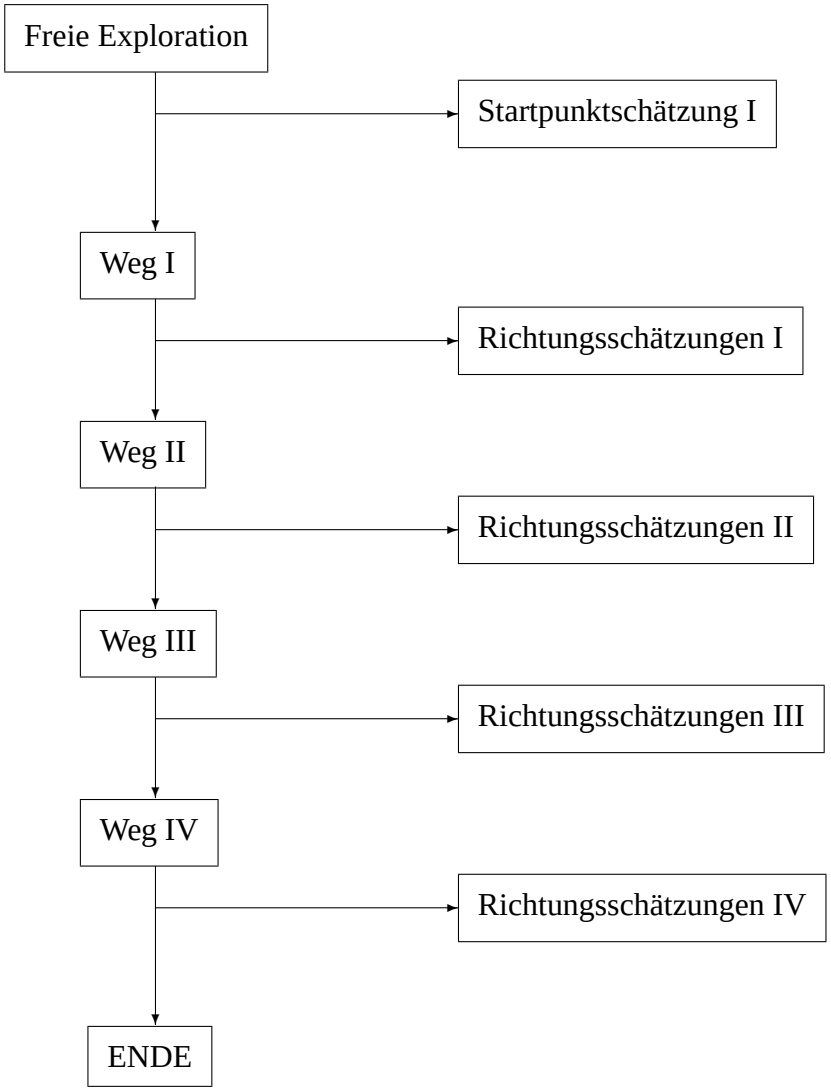

Abbildung 4.8.: Allgemeines Untersuchungsschema für die Explorationsphase und die vier Wegaufgaben

Wegaufgaben

Grundsätzlich werden vier Wegaufgaben durchgeführt, bei denen die Versuchsleiterin dem Proband jeweils einen Zielpunkt in der Stadt vorgibt, zu dem der Proband den Weg finden soll. Es wird angestrebt, in den Wegaufgaben jeweils unterschiedliche Teilbereiche der Stadt zu berücksichtigen, um einen möglichst genauen Eindruck der Qualität der erworbenen mentalen Repräsentation zu erhalten. Abbildung 4.9 auf Seite 59 zeigt die Karte der Stadt mit der Einteilung in fünf Teilbereiche sowie die bedeutendsten Landmarken.

Die Zielpunkte der Wegaufgaben orientieren sich zunächst an den von der Versuchsperson spontan genannten oder auf Nachfragen erinnerten Landmarken unter Beachtung der Lokalisation in der Stadt bezüglich der fünf Teilbereiche. Standardziel der ersten Wegaufgabe ist die Supermarktfiliale "Aldi" in Teilbereich 5 (s. Abb. 4.9 auf S. 59). Ausgehend von diesem allgemeinen Schema ist gegebenenfalls eine Anpassung an das individuelle Niveau notwendig, um die Durchführung der Untersuchung zu ermöglichen. So ist es denkbar, dass eine Person sich entweder nicht daran erinnert, an einem vorgegebenen Zielpunkt vorbeigegangen zu sein oder aber tatsächlich während der Exploration nicht an dem vorgegebenen Ziel vorbeigegangen ist. In solch einem Fall wird vom Versuchsleiter ein alternatives Ziel vorgegeben, an welches sich die Versuchsperson erinnert.

Jede Person erhält grundsätzlich so lange Zeit, zu einem gegebenen Zielpunkt zu finden, wie sie motiviert ist und sich nicht verlaufen hat oder Komplikationen in der Bewegungssteuerung auftreten, die eine weiteres Untersuchen nicht möglich machen. Verlaufen hat sich eine Person, wenn sie dies entweder spontan oder auf Nachfrage äußert oder wenn es ihr nicht möglich zu sagen, wo sie den Ausgangspunkt der Wegaufgabe vermutet.

Nach jeder Wegaufgabe erfolgt eine Richtungsschätzung und zwar grundsätzlich zum Startpunkt und darüber hinaus zu weiteren Zielen in der Stadt. Diese Ziele sind primär die Standardzielpunkte der weiteren Wegaufgaben verteilt über die fünf Teilbereiche der Stadt, sowie wenn diese Standardziele von der Versuchsperson nicht erinnert werden, andere von der Versuchsperson erinnerte Ziele.

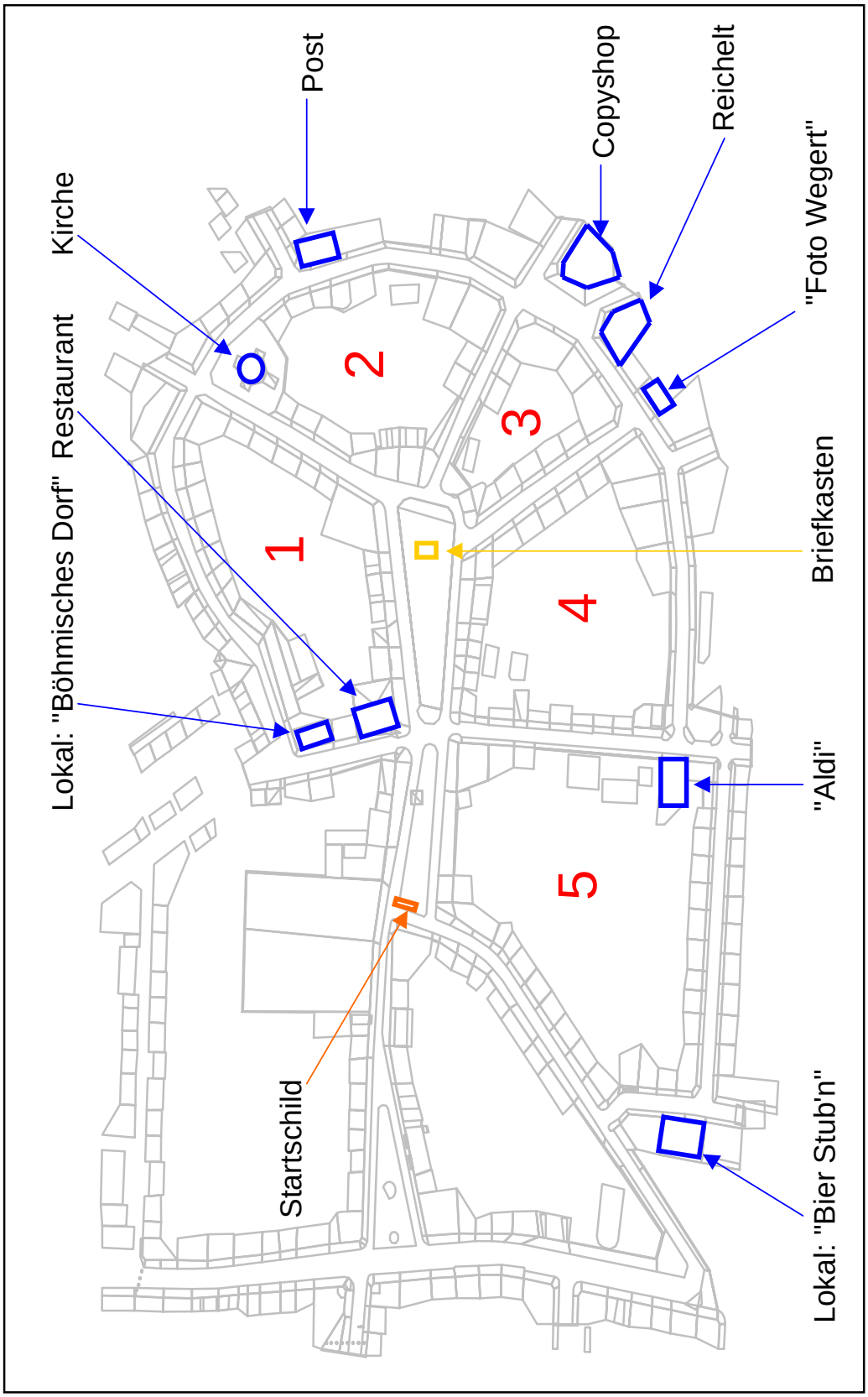

Abbildung 4.9.: Übersichtsplan der Stadt

4.4.2. Erfassung visuell-räumlicher Fähigkeiten

An einem zweiten Untersuchungstermin werden spezielle visuell-räumliche Fähigkeiten (visuell-räumliches Kurzzeitgedächtnis, mentale Rotation, Rechts-Links-Orientierung, Visuokonstruktion) sowie Maße des allgemeinen kognitiven Tempos, der visuomotorischen Koordination, der Aufmerksamkeitsteilung und der Depressivität erhoben. Eine tabellarische Aufstellung der verwendeten Verfahren zeigt Tabelle 4.5 auf Seite 61.

Tabelle 4.5.: Neuropsychologische Testverfahren

	Testverfahren	**psychologisches Konstrukt**	**Autor**
1	Mini-Mental Status Exam (MMSE)	Screening für Demenz	Folstein u. a. (1975)
2	Block-Tapping-Test (BTT)	visuell-räumliches Kurzzeitgedächtnis	Schellig und Hättig (1993)
3	Untertest 7 (LPS 50+)	mentale Rotation	Sturm u. a. (1993)
4	Trail Making Test Part A	allgemeines kognitives Tempo, visuomotorische Koordination	Reitan und Wolfson (1985)
5	Trail Making Test Part B	Fähigkeit zur Aufmerksamkeitsteilung	Reitan und Wolfson (1985)
6	Road Map Test of Direction Sense	Rechts-Links-Orientierung	Money (1976)
7	Clock Drawing Test	Visuokonstruktion	Shulman u. a. (1993)
8a	Geriatric depression scale (GDS)	Screening für Depression	Bach u. a. (1995)
8b	Allgemeine Depressionsskala (ADS)	Screening für Depression	Hautzinger und Bailer (1993)

Minimental Status Exam (MMSE)

Zur orientierenden Einschätzung des kognitiven Niveaus wird das bei der Demenzdiagnostik sehr häufig als Screeeninginstrument eingesetzte Mini-Mental State Exam (MMSE; Folstein, Folstein und McHugh, 1975) in einer deutschen Version verwendet. Es werden insgesamt 30 Items erfasst: zehn Items zur räumlichen und zeitlichen Orientierung, fünf Items zu Aufmerksamkeit und Rechenvermögen, sechs Items zur unmittelbaren und verzögerten Wiedergabe, sowie neun Items zur Sprache und der Fähigkeit, einfache verbale und geschriebene Anweisungen zu befolgen. Der Test ist einfach gehalten und geistig gesunde Personen erzielen dabei Werte am Limit der Maximalpunktzahl von 30 (”Ceiling-Effect”). Zur Erkennung früher Stadien der Demenz ist der Test eher ungeeignet, er hat aber in der klinischen Beschreibung von Untersuchungsgruppen mit Demenzpatienten weite Verbreitung gefunden und erlaubt eine grobe Abschätzung des Schweregrades der Demenz.

Block-Tapping-Test (BTT)

Zur Untersuchung des visuell-räumlichen Kurzzeitgedächtnisses wird der Block-Tapping-Test in der Testvariante unmittelbare Blockspanne ((UBS) nach Schellig und Hättig, 1993) verwendet. Das sog. Blockboard besteht aus einem viereckigen Brett, auf dem neun identische unregelmäßig verteilte schwarzen Würfeln befestigt sind. Es werden vom Versuchsleiter eine Reihe von Blöcken auf dem Blockboard anhand festgelegter Sequenzen angetippt. Unmittelbar danach soll der Proband die entsprechenden Würfel antippen, wobei ebenfalls die Reihenfolge eingehalten werden muss, in der auf sie gezeigt wurde. Es wird mit einer Sequenz von drei Blöcken begonnen und bei korrekter Reproduktion wird die Sequenzlänge um einen Block verlängert, bis der Proband nicht mehr in der Lage ist, die vorgegebene Folge korrekt wiederzugeben und drei aufeinanderfolgende Fehler gemacht hat. Die Sequenzlänge, bei der der Proband mindestens zwei (von drei) Items richtig wiedergegeben hat, ist die unmittelbare Blockspanne (UBS) des Probanden.

Untertest 7 des Leistungsprüfsystems für 50- bis 90-Jährige (LPS 50+)

Ein Aspekt visuell-räumlichen Vorstellungsvermögens, “mentale Rotation”, soll anhand eines ausgewählten Untertests (Untertest 7) aus dem Testverfahren “Leistungsprüfsystem für 50- bis 90-Jährige (LPS 50+)” erfasst werden. Das Leistungsprüfsystem (LPS) von Horn (Horn, 1983) basiert auf Thurstones Modell der Primärfähigkeiten (sog. Primary Mental Abilities, Thurstone, 1938, 1947). Das LPS soll die wesentlichen Intelligenzleistungen von Kindern ab neun Jahren, Jugendlichen und Erwachsenen bis 50 Jahren erfassen. Sturm, Willmes und Horn (Sturm, Willmes und Horn, 1993) adaptierten das LPS von Horn für die Altersgruppe der 50- bis 90-Jährigen (LPS 50+) und erarbeiteten entsprechende Normen. Hier soll der Untertest 7 (räumliches Vorstellungsvermögen, mentale Rotation) verwendet werden. Dabei erhält der Proband auf einem Blatt Papier Reihen mit je fünf nebeneinander angeordneten Zahlen oder Buchstaben gezeigt, von denen eines spiegelbildlich abgebildet ist und die restlichen vier rotiert abgebildet sind (im extremsten Fall auf dem Kopf stehend). Der Proband muss nun in jeder Reihe den Buchstaben oder die Zahl erkennen und markieren, die spiegelbildlich abgedruckt ist. Als Maß für die Leistung gilt die Anzahl der in der vorgegebenen Zeit von zwei Minuten richtig gelösten Items.

Trailmaking Test (TMT) Part A und B

Der Trailmaking Test (TMT) wurde ursprünglich 1938 als “Partington´s Pathways” oder “Divided Attention Test” (Partington und Leiter, 1949) konstruiert und war Teil der “Army Individual Test Battery”. Er wurde dann von Reitan in die “Halstead Battery” eingebunden (Reitan und Wolfson, 1985). Der Test liegt in zwei Formen vor: Part A und Part B.

In Part A muss der Proband möglichst schnell auf einem Blatt Papier zufällig angeordnete Zahlen von 1 bis 25 in der richtigen Reihenfolge (1-2-3-4-5 usw.) durch Bleistiftstriche miteinander verbinden. Dabei gilt die benötigte Zeit in Sekunden als Maß für die Leistung. Bei Fehlern weist der Versuchsleiter den Probanden sofort darauf hin und fordert ihn auf, diese zu verbessern und fortzufahren. Die bedeutet, dass Fehler über eine verlängerte Be-

arbeitungszeit Berücksichtigung finden. Part A gilt als Maß für die Aufmerksamkeit, das allgemeine kognitive Tempo und das Tempo der visuomotorischen Koordination und Informationsverarbeitung.

In Part B muss der Proband Zahlen von 1 bis 13 und Buchstaben von a bis l in aufsteigender Folge wiederum möglichst schnell miteinander verbinden, wobei ständig zwischen Zahlen und Buchstaben gewechselt wird (1-a-2-b usw.). Fehler werden wieder über die verlängerte Bearbeitungszeit berücksichtigt. Part B erfasst die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitsteilung (Sturm u. a., 2000) und gilt als ein Maß der zentralen Exekutive des Arbeitsgedächtnisses. In einer bevölkerungsbasierten Studie erreichte Cahn, Salmon, Butters, Wiederholt, Corey-Bloom, Edelstein und Barrett-Connor (1995) bei Verwendung spezifischer Cut-off-Werte von 66 bzw. 172 Sekunden für Part A resp. Part B eine Spezifität von 90% resp. 88% bei der Erkennung von Personen mit Demenz für Part A und B bei einer Sensitivität von 69% resp. 87%. Diese Cut-off-Werte nach Cahn u. a. (1995) werden in der Ergebnisdarstellung mitangegeben, um eine Interpretation der Werte diesbezüglich zu ermöglichen.

Road Map Test of Direction Sense

Zur Überprüfung der egozentrischen Orientierung anhand der Fähigkeit zur Rechts-Links-Orientierung wird der Road Map Test of Direction Sense (Money, 1976) eingesetzt. Dabei muss die Versuchsperson während der Versuchsleiter auf einer Karte einen zuvor markierten Weg entlangfährt, an jedem Abzweig entscheiden, ob rechts oder links abgebogen wurde. Als Maß für die Fähigkeit zur Rechts-Links-Orientierung gilt hierbei die Zahl der Fehler. Bei 32 Entscheidungen, sind minimal 0 und maximal 32 Fehler möglich. Money (1976) führt im Manual zum Road Map Test of Direction Sense an, dass eine Fehlerzahl von zehn als ein altersunabhängig sinnvoller Cut-off anzusehen ist. Eine Person, die mehr als zehn Fehler macht, rät wahrscheinlich die Richtung bei jeder Entscheidung und hat ein Defizit in der Rechts-Links-Orientierung.

Bei Money (1976) findet sich eine weitere Aufschlüsselung aller Richtungsentscheidungen in acht verschiedene Typen:

1. GATL: go away turn left
2. GATR: go away turn right
3. GLTL: go left turn left
4. GLTR: go left turn right
5. GRTR: go right turn right
6. GRTL: go right turn left
7. CBTR: come back turn right
8. CBTL: come back turn left

Jeder Typ bezeichnet die Richtungsentscheidung an einem bestimmten Punkt des Weges in Bezug zur vorausgegangenen Entscheidung. Mit Ausnahme der Typen GATL (sechs Entscheidungen) und GLTL (drei Entscheidungen) sind pro Typ vier Entscheidungen im Weg vorhanden. Als besonders schwierig werden die Typen CBTR und CBTL bezeichnet, da bei ihnen die Richtungsentscheidung nicht aus der egozentrischen Perspektive heraus zu treffen ist.

Uhrentest (Clock Drawing Test (CDT))

Als Screeninginstrument für visuell-räumliche und visuokonstruktive Defizite wird der Uhrentest in der Bewertungsversion nach Shulman u. a. (1993) verwendet. Dabei wird dem Probanden auf einem Blatt Papier ein gezeichneter Kreis gezeigt. Der Versuchsleiter erläutert, dass es sich bei dem Kreis um eine Uhr handeln soll und der Proband wird dann gebeten, die fehlenden Zahlen, sowie die Uhrzeit “zehn nach elf” einzuzeichnen. Bewertet wird auf einer 6-Punkte Skala (“1” für “perfekte Darstellung einer Uhr”, “2” für “leichte visuell-räumliche Fehler”, “3” für “Fehler beim Einzeichnen der Uhrzeit”, “4” für “mittelschwere Störung der visuell-räumlichen Anordnung”, “5” für “schwere Störung der visuell-räumliche Anordnung” und “6” für “keine sinnvolle Repräsentation einer Uhr”). Werte von 1-2 gelten als kognitiv gesund; Werte ab 3 gelten als kognitiv beeinträchtigt.

Allgemeine Depressionsskala (ADS) / Geriatric Depression Scale (GDS)

Da bekannt ist, dass die kognitive Leistungsfähigkeit und die Konzentrationsfähigkeit durch depressive Verstimmungen negativ beeinflusst werden, werden zwei alternative Selbsteinschätzungsskalen zur Depressivität eingesetzt und zwar entweder die deutsche Kurzform der Geriatric Depression Scale (GDS; Bach, Nicolaus, Oster und Schlierf, 1995) oder die Allgemeine Depressionsskala (ADS; Hautzinger und Bailer, 1993). Die GDS wurde als Fragebogen speziell für die Erfassung von Depression im Alter entwickelt. Die hier eingesetzte Kurzform der GDS besteht aus 15 Items, die relativ unverschlüsselt depressive Symptome erfragen, z.B. eine grundsätzliche Unzufriedenheit mit dem Leben, Ängste, Hoffnungslosigkeit. Alle Items sind mit ”Ja” oder ”Nein” zu beantworten, fünf Items sind negativ, 10 Fragen positiv gepolt. Es wird jeweils ein Punkt für eine Antwort in depressiver Richtung vergeben, die maximale Punktzahl beträgt somit 15 Punkte. Zur Auswertung wird durch Addition ein Gesamtpunktwert berechnet. Als Cut-off gilt eine Punktzahl von fünf Punkten.

Die ADS geht zurück auf die ”Center for Epidemiological Studies Depression Scale” (CES-D) von Radloff (1977), die für epidemiologische Untersuchungen depressiver Symptome in der Bevölkerung konzipiert worden war. Die ADS umfasst 20 Items zur Selbsteinschätzung depressiver Symptome. Gefragt wird nach Verunsicherung, Erschöpfung, Hoffnungslosigkeit, Selbstabwertung, Niedergeschlagenheit, Einsamkeit, Traurigkeit, Antriebslosigkeit, empfundener Ablehnung durch andere, Weinen, Genussfähigkeit, Rückzug, Angst, Fröhlichkeit, fehlender Reagibilität, Schlafstörungen, Appetitstörungen, Konzentrationsproblemen, Pessimismus. Bezugszeitraum ist die vorangegangene Woche. Vier Antwortmöglichkeiten stehen zur Verfügung: selten (= 0), manchmal (= 1), öfters (= 2), meistens (= 3). Für die Auswertung werden die den Items zugeordneten Antwortscores aufaddiert, wobei vier Items umzupolen sind. Neben der Langform wurde eine Kurzform ADS-K mit 15 Items erstellt, die hier eingesetzt wird und deren Cut-off bei 23 Punkten liegt.

4.5. Variablen

4.5.1. Unabhängige Variablen

Als unabhängige Variable wird die Diagnose :

- gesund,
- leichte kognitive Störung,
- Demenz

verwendet.

4.5.2. Kontrollvariablen

In Voruntersuchungen hat sich gezeigt, dass folgende Kontrollvariablen von Bedeutung sind:

- Alter
- Geschlecht
- Bildung
- Depressivität

4.5.3. Abhängige Variablen

Verhalten in der VR

1. Aufgaben während der Instruktionsphase:
    - Var 1: Drehung um die eigene Achse (um 180°)
    - Var 2: Drehung um die eigene Achse (um 360°)
    - Var 3: Navigation relativ zur eigenen Position (”Inversion 1”)
    - Var 4: Navigation relativ zur eigenen Position (”Inversion 2”)

- Var 5: Richtungsschätzungen durch Zeigen mit dem Arm möglich
- Var 6: Richtungsschätzungen in der VR möglich
- Var 7: Bewertung der Navigationsfähigkeit

Es fielen in den Voruntersuchungen bei den Patienten Verhaltensmuster auf, die gesunde Personen nicht zeigten:

2. Verhaltensauffälligkeiten während der Instruktionsphase:

   - Var 8: Kreiseln (konsekutives Drehen um die eigene Achse mehrmals über 360°)
   - Var 9: Rückwärtslaufen
   - Var 10: Gleiten
   - Var 11: Unsicherheit im Verständnis des Luftlinienkonzeptes

     Eine genaue Beschreibung der Charakteristika dieser Auffälligkeiten erfolgt in Kapitel 7.1.3 ab Seite 142.

3. Variablen während der Untersuchung:

   - Var 12: Zahl möglicher Richtungsschätzungen zum Startpunkt
   - Var 13: Abweichung der Richtungsschätzungen zum Startpunkt
   - Var 14: Zahl der Orte zusätzlich zum Startpunkt, zu denen Richtungsschätzungen abgegeben werden können
   - Var 15: Abweichung der Richtungschätzungen zu anderen Orten als dem Startpunkt

Visuell-räumliche Fähigkeiten

Es werden als Maße der individuellen visuell-räumlichen Fähigkeiten die einzelnen Testwerte herangezogen.

- Var 16: Unmittelbare Blockspanne (UBS) im Block-Tapping-Test (BTT)
- Var 17: Untertest 7 aus dem LPS 50+
- Var 18: Road Map Test of Direction Sense
- Var 19: Uhrentest

Kognitiv-mnestisches Screening

- Var 20: MMSE

Allgemeines kognitives Tempo

- Var 21: TMT Part A

Fähigkeit zur geteilten Aufmerksamkeit

- Var 22: TMT Part B

4.6. Auswertung

4.6.1. Aufbereitung der Daten

Datenniveau der Ergebnisse der Richtungsschätzungen

In der psychologischen Literatur werden Richtungsschätzungen zur Prüfung erworbener mentaler Repräsentationen häufig angewendet. Hierbei ist es üblich, als Maß der Genauigkeit die Abweichung der geschätzten Richtung von der wirklichen Richtung (Winkelabweichung) in Grad zu verwenden. Die Abweichungen in Winkelgrad werden dabei gewöhnlich in darauf folgenden Analysen als kontinuierliche Daten interpretiert (s.a. Riecke und van Veen, 2000).

In dieser Arbeit werden ebenfalls die Abweichungen der Richtungsschätzungen in Winkelgrad als Maß für die Genauigkeit der abgegebenen Schätzung verwendet und als kontinuierliche Daten angenommen. Es wird dabei als unerheblich betrachtet, ob die jeweilige Abweichung im mathematisch positiven oder negativen Sinn von der wahren Position des zu schätzenden Objektes besteht, d.h. die Richtungsinformation der Schätzung wird nicht berücksichtigt. Es ergibt sich somit ein Bereich zwischen minimal 0° und maximal 180° Abweichung der geschätzten Richtung von der wahren Richtung.

Daten zu Richtungsschätzungen werden üblicherweise präsentiert als aggregierte Häufigkeiten in bestimmten Winkelbereichen (Lienert, 1978; Upton und Fingleton, 1989). In der vorliegenden Arbeit werden die Abweichungen der Richtungsschätzungen ebenfalls über bestimmte Winkelbereiche aggregiert. Dabei werden die Winkelbereiche anhand der Abweichungen der Richtungsschätzungen der gesunden Personen festgelegt. Für die Startpunktschätzung in der Instruktionsphase wurden die folgenden vier Kategorien festgelegt: Kategorie 1 (1°-30° Abweichung), Kategorie 2 (31°-60° Abweichung), Kategorie 3 (61°-180° Abweichung) und Kategorie 4 (Schätzung nicht möglich). Für die Startpunktschätzung nach der Exploration und alle folgenden Richtungsschätzungen gelten aufgrund des gegenüber der Startpunktschätzung in der Instruktionsphase erhöhten Schwierigkeitsgrades etwas weiter gefasste Kategorien: Kategorie 1 (1°-45° Abweichung), Kategorie 2 (45°-90° Abweichung), Kategorie 3 (91°-180° Abweichung) und Kategorie 4 (Schätzung nicht möglich).

Drop-outs

Eine gesunde Kontrollperson wollte aus persönlichen Gründen an keinem zweiten Untersuchungstermin teilnehmen, so dass hier keine Ergebnisse der neuropsychologischen Prüfverfahren vorliegen. Die Untersuchung einer weiteren gesunden Person umfasste nur einen Teil der hier analysierten Testergebnisse. Es liegen somit 23 vollständige und ein unvollständiger Datensatz der neuropsychologischen Untersuchung für die Gruppe der gesunde Personen vor.

Für die Gruppe der Personen mit MCI liegen für alle 17 Personen vollständige Werte der neuropsychologischen Untersuchung vor.

In der Gruppe der Personen mit Demenz konnte von den 13 in der virtuellen Realität untersuchten Personen nur bei 11 Personen die neuropsychologische Untersuchung durchgeführt werden, da eine Person für längere Zeit (über den Erhebungszeitraum hinaus) erkrankte und eine weitere Person den Kontakt zur Abteilung für Gerontopsychiatrie von sich aus beendete. Eine Person mit Demenz konnte aufgrund zu starker kognitiver Beeinträch-

tigung nur einzelne Tests aus der Testbatterie bearbeiten. Es können somit insgesamt 10 vollständige und ein unvollständiger Datensatz für die neuropsychologische Untersuchung in der Gruppe der Demenzpatienten in die Analyse eingehen.

Ersetzen fehlender Werte

Grundsätzlich wurde entschieden, fehlende Werte nicht zu ersetzen, da insbesondere in der Gruppe der Demenzpatienten bei initial nur 13 Fällen eine mögliche Verzerrung der Ergebnisse bei Ersetzen fehlender Werte vermieden werden soll.

Es ergeben sich bei der Darstellung der Ergebnisse zu den neuropsychologischen Ergebnissen daraus je nach Testverfahren leicht unterschiedliche Gruppengrößen. Die jeweiligen zugrundeliegenden Fallzahlen werden in der Abbildung für jedes Verfahren aufgeführt.

Kontrolle der Depressivität

Zur Kontrolle der Depressivität werden sowohl die psychiatrischen Zweitdiagnosen (siehe hierzu Abschnitt 4.2.4 ab Seite 42), als auch erhöhte Werte in den Depressionsskalen Geriatric Depression Scale (GDS), bzw. Allgemeine Depressionsskala (ADS) berücksichtigt.

In der Gruppe der gesunden Personen besteht bei vier Personen eine psychiatrische Zweitdiagnose. Darüber hinaus weist eine gesunde Person einen erhöhten Wert in der ADS auf. Für die vergleichende Betrachtung ergeben sich somit grundsätzlich in der Gruppe der gesunden Personen vor Kontrolle der Depressivität 24 Fälle und nach Kontrolle der Depressivität 19 Fälle.

In der Gruppe der Personen mit MCI besteht bei fünf Personen eine psychiatrische Zweitdiagnose und darüber hinaus weisen drei Personen erhöhte Werte in der ADS, bzw. GDS auf. Daraus ergibt sich eine Gruppengröße von 17 Fällen vor Kontrolle der Depressivität, bzw. von 9 Fällen nach Kontrolle der Depressivität in der Gruppe der Personen mit MCI.

In der Gruppe der Demenzpatienten bestehen keine psychiatrischen Zweitdiagnosen; bei drei Personen zeigen sich erhöhte Werte in der GDS. Es liegen somit vor Kontrolle der

Depressivität 11 und nach Kontrolle der Depressivität 8 Fälle vor.

In der statistischen Prüfung der Gruppenunterschiede (für eine Beschreibung der eingesetzten Verfahren s. Abschnitt 4.6.3) wird jeweils ein Gruppenvergleich vor, sowie ein Gruppenvergleich nach Kontrolle der Depressivität angestellt.

4.6.2. Deskriptive Auswertung

Die Untersuchung räumlicher Orientierung in der virtuellen Realität erfolgt mit dem dargestellten Instrument und Untersuchungsablauf zum ersten Mal in einer Untersuchungsgruppe mit Patienten. Im Vordergrund steht bei der Auswertung zunächst eine ausführliche deskriptive Analyse der individuellen Ergebnisse und anschließend ein statistischer Gruppenvergleich.

Die deskriptive Analyse umfasst:

1. Histogramme der Häufigkeiten erfolgreicher Bewältigung grundlegender Fähigkeiten in der Instruktionsphase für die drei Gruppen (itemweise sowie für den Gesamtindex).
2. Die graphische Analyse der individuellen Trajektorien wie sie in den Einzelfallbeschreibungen dargestellt sind (vgl. Kap. 6 ab S. 85)
3. Histogramme der Abweichungen der Richtungsschätzungen der drei Gruppen im Vergleich.
4. Die graphische Darstellung der Werteverteilung der neuropsychologischen Untersuchung der drei Gruppen im Vergleich.

4.6.3. Statistische Auswertung

Es handelt sich bei der vorgestellten Untersuchung um eine Pilotstudie mit kleiner Teilnehmerzahl. Aufgrund der kleinen Stichprobe gelten die Voraussetzungen der normalverteilten Grundgesamtheit und der Varianzhomogenität nicht, dadurch scheiden multivariate Analysemethoden wie Faktorenanalyse oder Diskriminanzanalyse aus. Es erfolgt somit eine non-parametrische Auswertung der Daten unter Verwendung permutationsstatistischer Verfahren.

Signifikanzniveau

Es wurden theoriegeleitet Hypothesen aufgestellt, die im folgenden jeweils auf dem 5% Niveau getestet werden unter der Annahme, dass es sich grundsätzlich um voneinander unabhängige Ereignisse handelt. Eine Adjustierung des Niveaus für den Fehler erster Art (α-Fehler) wird somit global nicht vorgenommen.

Mehrgruppenvergleich

Grundsätzlich sollen in dieser Untersuchung die Leistungen der drei Gruppen miteinander verglichen werden. Dabei ist von besonderem theoretischem Interesse, ob sich insbesondere die Gruppe der Personen mit MCI einerseits von der Gruppe der gesunden Personen und andererseits von der Gruppe der Personen mit leichter Demenz unterscheiden lässt. Es werden folglich jeweils zwei Zweigruppenvergleiche angestellt: Erstens der Vergleich der Gruppe der gesunden Personen mit der Gruppe der Personen mit MCI und zweitens der Vergleich der Gruppe der Personen mit MCI mit der Gruppe der Personen mit Demenz.

Als Testverfahren wird auf Verfahren der Ranganalyse zurückgegriffen und es kommt für den Zweigruppenvergleich als linearer Rangtest für Lagealternativen der Wilcoxon-Mann-Whitney Rangsummentest (auch U-Test genannt) zum Einsatz (s. Bortz und Lienert, 1998, S. 126ff.). Die Messungen werden dabei, sofern nicht bereits eine originäre Rangreihe besteht, rangtransformiert, in dem allen Individuen der zusammengefassten Stichproben 1 und 2 Ränge von 1 (für den kleinsten Wert) bis $N_1 + N_2 = N$(für den größten Wert) entsprechend ihrer Messwertausprägung zugeteilt werden. Man berechnet die Summen der Ränge für jede Stichprobe (T_1 und T_2). Die Summe $T_1 + T_2$ muss der Summe aller Zahlen von 1 bis N entsprechen. Es gilt

$$1 + 2 + 3 + ... + N = \frac{N(N+1)}{2} \quad \text{und} \qquad .$$

$$T_1 + T_2 = \frac{N(N+1)}{2}$$

Aus den Rangsummen T_1 und T_2 werden dann U-Werte berechnet:

$$U_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1(N_1+1)}{2} - T_1$$

$$U_2 = N_1 N_2 + \frac{N_2(N_2+1)}{2} - T_2$$

Für den Signifikanztest benötigt man den kleineren der beiden U-Werte. Die H_0 ist zu verwerfen, wenn $P \leq \alpha$.

Berechnet wird mit Hilfe des Softwareprogramms StatXact-4 (1998) jeweils, soweit die Rechenkapazität des eingesetzten Personalcomputers dies erlaubt, die exakte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der gemessenen Ereignisse bei Gültigkeit der Nullhypothese (gegebenenfalls erfolgt eine Schätzung nach der Monte-Carlo-Methode).

Es werden im folgenden die p-Werte jeweils für beide Zweigruppenvergleiche angegeben und zwar p_1 für den Vergleich der Gruppe der gesunden Personen mit der Gruppe der Personen mit MCI und p_2 für den Vergleich der Gruppe der Personen mit MCI mit der Gruppe der Demenzpatienten.

Konfigurationsfrequenzanalyse (KFA)

Das Hauptanliegen der KFA ist die Erkennung statistisch bedeutsamer Merkmalsmuster und die Typisierung von Untersuchungseinheiten. Typen werden bei Ablehnung der Hypothese allseitiger Unabhängigkeit der interessierenden Merkmale, d.h. als lokale Zusammenhänge aller Art zwischen den Merkmalen statistisch nachgewiesen (Havranek und Lienert, 1984).

Die Nullhypothese der totalen Unabhängigkeit der Merkmale einer Gesamttafel kann mit einem globalen Test geprüft werden. Beim globalen χ^2-Test werden über alle Konfigurationen / Zellen ijk einer Tafel die Quadrate der Abweichungen der beobachteten Häufigkeiten (n_{ijk}) von den theoretisch erwarteten Häufigkeiten (e_{ijk}) dividiert durch die theoretisch erwarteten Häufigkeiten (e_{ijk}) zum Geamt-χ^2-Wert aufaddiert. Ist der beobachtete χ^2-Wert größer oder gleich einer vorgegebenen Schranke, dann wird die Nullhypothese der totalen Unabhängigkeit zwischen den Merkmalen abgelehnt und ein irgendwie gearteter

Zusammenhang vermutet (Lautsch und Weber, 1995).

Lokale Tests der KFA dienen der Exploration und Hypothesenprüfung für einzelne Zellen einer Kontingenztafel. Die Zellhypothese $H_{(0)ijk}$ stellt eine Annahme über die Zellwahrscheinlichkeit p_{ijk} dar. Bei der explorativen KFA, d.h. dem Aufsuchen von Typen bzw. Antitypen in einer Kontingenztafel und bei der konfirmatorischen KFA, d.h. der statistischen Prüfung der Hypothesen, wird für jede Zelle (Konfiguration) ein Test durchgeführt, der für die Zellhypothese

$$Q^0{}_{ijk} : p_{ijk} = p_i p_j p_k \ .$$

gegen die Alternativhypothese

$$Q^1{}_{ijk} : p_{ijk} \neq p_i p_j p_k \ .$$

prüft. Das Signifikanzniveau α^* für den Einzeltest einer Zelle ergibt sich in der Regel durch die verwendete multiple Testprozedur ($\alpha^* = \alpha / Testanzahl$).

Die Berechnung der erwarteten Häufigkeiten, sowie der globale Test und die Signifikanzprüfung auf Zellebene erfolgt mit einer von von Eye (2000) entwickelten Software. Es werden Maximum-Likelihood-Methoden zur Schätzung der erwarteten Häufigkeiten verwendet. Als Signifikanztest wird der von Krauth und Lienert eingeführte Binomialtest eingesetzt (Krauth und Lienert, 1973).

Es ist durchaus der Fall möglich, dass ein statistisch signifikanter Typ oder Antityp praktisch unbedeutend ist. Um eine Beurteilung der Bedeutung eines Typs abzugeben, lässt sich ein sog. Prägnanzkoeffizient Q bestimmen: Bei Lautsch und Weber (1995) wird der Prägnanzkoeffizient Q eingeführt, der vergleichbar mit dem Bestimmtheitsmaß von Lienert (1978) eine Aussage über die Bedeutsamkeit des gefundenen Typs erlaubt. Der Prägnanzkoeffizient bewegt sich in den Grenzen zwischen Null und Eins.Definiert ist der Prägnanzkoeffizient durch

$$Q_{ijkl} = \frac{2|f_o - f_e|}{N + |2f_e - N|} \quad .$$

Es wurden in der Untersuchung räumlicher Orientierung während der Instruktionsphase in den beiden Patientengruppen im Gegensatz zur Gruppe der gesunden Personen Schwierigkeiten bei der Lösung bestimmter Aufgaben beobachtet. Es sollen durch eine Konfigurationsfrequenzanalyse erster Ordnung die auf Itemebene beobachteten Gruppenunterschiede multivariat betrachtet werden unter der Annahme, dass bestimmte Merkmalsausprägungen mehrerer Variablen gleichzeitig (als Konfiguration) gehäuft auftreten (s. Kapitel 7.1.5 ab S. 148).

Korrelationsanalyse

Die Korrelationsanalyse untersucht den Grad des linearen Zusammenhangs zwischen zwei Variablen. Zur Charakterisierung des Zusammenhanges zwischen den in der virtuellen Realität erhobenen Maßen der Orientierung und den Ergebnissen der Untersuchung visuell-räumlicher Fähigkeiten soll ein punktbiserialer Korrelationskoeffizient berechnet werden, der einen Spezialfall des Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten r für den Zusammenhang zwischen einem kardinal skalierten Merkmal und einem dichotomen Merkmal darstellt (s. Lienert, 1978, S. 667ff.):

$$r_{pb} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_0}{s_x} \sqrt{\frac{N_1 N_o}{N(N-1)}}$$

mit $\bar{x}_1$: Durchschnitt der stetig verteilten x-Werte, die mit der Stufe y = 1 des diskret verteilten y-Wertes assoziiert sind

und $\bar{x}_0$: Durchschnitt der stetig verteilten x-Werte, die mit der Stufe y = 0 des diskret verteilten y-Wertes vv assoziiert sind

und s_x : Standardabweichung aller N x-Werte

und N_1 : Anzahl der x_1 Werte

und N_0 : Anzahl der x_0 Werte

Zur Prüfung, ob der berechnete punktbiseriale Korrelationskoeffizient signifikant von Null verschieden ist, lässt sich parametrisch über den t-Test prüfen, wenn das Merkmal x in der Population normal verteilt ist. Es soll hier jedoch keine Annahme über die zu Grunde liegende Verteilung getroffen werden und zur Prüfung wird wiederum der non-parametrische Rangsummentest nach Mann-Whitney (s. Abschnitt 4.6.3 ab Seite 73) verwendet.