

Aus der Klinik und Poliklinik für Neurologie
der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. Jens Volkmann

**Zusammenhang zwischen Raumwahrnehmung, Körper selbstgefühl und
Puppenhandillusion bei gesunden Älteren und
Patienten mit kortikobasalem Syndrom**

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Dipl. mus. Marcus Hullin

aus Nürnberg

Würzburg, Juli 2015

Referent: Prof. Dr. Jens Volkmann

Korreferent: Prof. Dr. Dr. Katharina Domschke

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 30.05.2016

Der Promovend ist Arzt

Meinem geliebten Vater

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Material und Methoden	8
2.1	Probanden und Patienten.....	8
2.2	Methodik.....	10
2.2.1	PANDA-Test und Uhrentest	10
2.2.2	Händigkeit (modifiziertes Edinburgh Handedness Inventory).....	12
2.2.3	Extrapersonaler Neglect.....	12
2.2.4	Fragebogen zum Körperselbstgefühl (KSG)	14
2.2.5	Puppenhandillusion (PHI).....	14
2.2.6	MDS-UPDRS III	18
3	Ergebnisse	19
3.1	Ergebnisse der gesunden Probanden	19
3.1.1	PANDA-Test und Uhrentest	19
3.1.2	Händigkeit (modifiziertes Edinburgh Handedness Inventory).....	20
3.1.3	Extrapersonaler Neglect.....	21
3.1.4	Körperselbstgefühl (KSG)	23
3.1.5	Puppenhandillusion (PHI).....	23
3.1.6	Zusammenhang von Raumwahrnehmung und PHI	27
3.2	Ergebnisse der Patienten mit CBS	28
3.2.1	MDS-UPDRS III	28
3.2.2	PANDA-Test und Uhrentest	28
3.2.3	Händigkeit (modifiziertes Edinburgh Handedness Inventory).....	30
3.2.4	Extrapersonaler Neglect.....	30
3.2.5	Körperselbstgefühl (KSG)	32
3.2.6	Puppenhandillusion (PHI).....	32
3.2.7	Zusammenhang von Neglect und PHI bei Patienten mit CBS, möglicher Zusammenhang mit der Erkrankung.....	36
4	Diskussion	37
4.1	Daten älterer Probanden ohne neurologische Vorerkrankung	37

4.1.1	Kognition und Affekt	37
4.1.2	Händigkeit	39
4.1.3	Extrapersonaler Neglect.....	39
4.1.4	Körperselbstgefühl (KSG)	41
4.1.5	Puppenhandillusion (PHI).....	42
4.1.6	Zusammenhang von Raumwahrnehmung und PHI	44
4.2	Daten von Patienten mit kortikobasalem Syndrom (CBS)	45
4.2.1	Kognition und Affekt	45
4.2.2	Händigkeit	46
4.2.3	Extrapersonaler Neglect.....	46
4.2.4	Körperselbstgefühl (KSG)	47
4.2.5	Puppenhandillusion (PHI).....	47
4.3	Mögliche Bedeutung bei M. Parkinson	48
5	Zusammenfassung.....	49
6	Literaturverzeichnis	51
7	Abbildungsverzeichnis	58
8	Anhang.....	59
8.1	Versuchsprotokoll.....	59
8.2	PANDA-Test.....	61
8.3	Uhren-Test	64
8.4	Händigkeitsfragebogen	65
8.5	Letter cancellation task.....	66
8.6	Fragebogen zum Körperselbstgefühl	67
8.7	Fragebogen zur Puppenhandillusion.....	68
9	Danksagung	

1 Einleitung

Auf den ersten Blick erscheint der Aufbau des menschlichen Gehirns symmetrisch. Bereits 1861 zeigte Paul Broca jedoch, dass das motorische Sprachzentrum, welches nach ihm auch Broca-Sprachzentrum genannt wird, nur einseitig vorhanden ist. Dieses motorische Sprachzentrum befindet sich in der dominanten Hemisphäre, es kann bei einem Ausfall kontralateral kaum kompensiert werden (Trepel, 2008). Der französische Arzt und Anatom Pierre Paul Broca beschrieb einen Patienten, der zwar offensichtlich jede Frage verstehen, nicht jedoch adäquat darauf antworten konnte. Er war lediglich in der Lage, die Silbe "tan" auszusprechen. Nach dem Tod des Patienten fand Broca autoptisch eine Läsion an einer Stelle am hinteren Anteil der untersten Windung des Frontallappens, die er in der folgenden Zeit bei Patienten mit ähnlichen Sprachdefiziten wiederholt feststellen konnte. Man folgerte daraus, dass diese Stelle vermutlich für die Sprachproduktion verantwortlich sein und das Gehirn eine Lateralisation aufweisen müsse, da die Gegenseite den Ausfall nicht kompensieren konnte (Herrmann, Fiebach, 2004). Auch im Bereich des Hörsystems ist eine Lateralisierung bekannt. Es konnte gezeigt werden, dass die gesprochene Sprache eher in der linken Hemisphäre und Musik vor allem in der rechten verarbeitet wird (Tervaniemi, Hugdahl, 2003). Anders ausgedrückt: die sekundäre Hörrinde gibt es prinzipiell in beiden Hemisphären, jedoch wird in der dominanten Hemisphäre Gehörtes eher rational verarbeitet, wie zum Beispiel das Verständnis der Sprache, wohingegen auf der kontralateralen Seite mehr die "nicht-rationalen" Eindrücke verarbeitet werden, wie z.B. das Verständnis und die Empfindung für Musik (Trepel, 2008). Neben Sprache und Hörwahrnehmung zeigt auch die räumliche Wahrnehmung der Umgebung bzw. von Objekten eine klare Lateralisierung. So hat sich als Folge von Schlaganfällen oder anderen Schädigungen der rechten Hemisphäre gezeigt, dass es häufig zu einer Störung der Raumwahrnehmung kommt. Eine Vernachlässigung oder Nichtwahrnehmung eines Teiles des Raumes bezeichnet man als Hemineglect, der auf eine durch fokale zerebrale Läsionen hervorgerufene Störung räumlicher Wahrnehmung bei intakter primärer Sensorik und Motorik zurückzu-

führen ist (Fink, Heide, 2004). Bei einem räumlichen Neglect kann der Patient nicht mehr adäquat auf kontralateral zur Läsion gelegene Reize reagieren, auch kann er sich meist in diesem Teil des Raumes nicht mehr orientieren. Das Bewusstsein für diesen Teil des Raumes ist quasi verlorengegangen, auch kann das Bewusstsein für die kontraläsionale Körperhälfte gestört sein. Im Gegensatz dazu legen die meisten Patienten eine besondere Aufmerksamkeit auf die ipsilaterale Körperhälfte, nehmen diesen Teil des Raumes also bewusst und sehr stark wahr und lassen sich davon auch nicht abbringen, selbst wenn ein starker Reiz aus der anderen Raumhälfte angeboten wird (Fink, Heide, 2004). Zur klinischen Untersuchung eines Neglects kommen meist einfache Bedside-Tests zum Einsatz. Wird der Patient z. B. aufgefordert, eine Uhr mit einer bestimmten Uhrzeit zu zeichnen, können wesentliche Anteile der Ziffern in einer Hälfte des Ziffernblatts fehlen (Fink, Heide, 2004) oder alle Zahlen in einer Hälfte des Zifferblattes stehen. Weitere Tests zur Erfassung eines Neglects sind beispielsweise der Line-bisection-Task, der Landmark-Task und der Letter-cancellation-Test. Beim Line-bisection-Task soll der Proband eine Linie möglichst in der Mitte teilen, gemessen wird die Abweichung zu einer Seite. Beim Landmark-Task soll der Proband bei einem Set von teils mittig, teils leicht asymmetrisch geteilten Linien entscheiden, welche Seite ihm kürzer vorkommt. Er weiß hierbei nicht, dass auch exakt mittig geteilte Linien vorkommen. Ausgewertet werden lediglich die Antworten bei mittig geteilten Linien und ihre evtl. Lateralisierungstendenz (Milner et al., 1993). Der Letter-cancellation-Test besteht darin, auf einem DIN A4-Blatt unter verschiedenen Buchstaben beispielsweise alle Buchstaben "A" zu finden und auszustreichen. Hiernach werden ggf. ausgelassene „A“ und ihre Lateralisierung erfasst.

Anhand von Läsionsstudien bei Schlaganfallpatienten lässt sich zeigen, dass sehr unterschiedliche Verletzungen zu einem Neglect führen können. Berichtet wurden zum einen Läsionen des lateralen prämotorischen Kortex, des inferioren Frontalkortex, des lateralen Temporalkortex und des Parietalkortex, aber auch Läsionen subkortikaler Strukturen (Thalamus, Basalganglien, weiße Substanz) (Fink, Heide, 2004).

Es gibt zwei Hypothesen, warum ein Neglect häufiger nach rechts- als nach linkshemisphärischen Läsionen beobachtet wird. Eine Hypothese besagt, dass es "Aufmerksamkeitsvektoren" gibt, die linkshirrig wesentlich stärker ausgeprägt sind als rechtshirrig. Wenn nun die rechtsseitigen Vektoren ausfallen, überwiegen die linksseitigen, sodass die Aufmerksamkeit nur noch auf die rechte Raumhälfte, aber nicht mehr nach links gerichtet ist. Bei einem Ausfall der linken Hemisphäre wird die rechte Raumhälfte von der rechten Hemisphäre mitversorgt, da die Vektoren der rechten Hemisphäre ohnehin schon schwächer angelegt waren und bei einem Ausfall der "starken" linkshemisphärischen Vektoren die Ungleichbehandlung der beiden Raumhälften weniger stark ist (Kinsbourne, 2003). Eine andere Hypothese besagt, dass die rechte Hemisphäre beide Raumhälften versorgt und sowohl von links als auch von rechts Informationen erhält, die linke Hemisphäre ist dagegen nur für die rechte Raumhälfte zuständig. So führt eine linksseitige Schädigung folglich nicht zu einem Neglect, weil deren Informationen von der rechten Hemisphäre mitverarbeitet werden, umgekehrt ist dies jedoch nicht möglich (Fink, Heide, 2004; Mesulam, 1981).

Aber auch bei Gesunden findet man regelhaft eine Asymmetrie der Raumwahrnehmung, den sog. Pseudoneglect. Dieses Phänomen wurde bereits 1980 von Bowers und Heilman beschrieben. Während Patienten mit einem klinischen Neglect – zumeist nach einer rechtshemisphärischen Schädigung – einen Hemineglect nach links zeigen, findet man in der gesunden Normalbevölkerung den Pseudoneglect genau entgegengesetzt (Bowers, Heilman, 1980). Dieser geht mit einer, wenngleich relativ geringfügigen, Vernachlässigung der rechten Raumhälfte einher.

Wie oben schon angedeutet, kann ein Neglect sowohl den Raum um den eigenen Körper (= peri- und extrapersonaler Neglect) (Fink, Heide, 2004) als auch den eigenen Körper und somit indirekt auch das Körpergefühl betreffen (personaler Neglect). Die Körperrepräsentation, also die Wahrnehmung des eigenen Körpers, das Gespür dafür und seine Grenzen sind eng mit der Raumwahrnehmung verbunden und keinesfalls als selbstverständlich anzusehen. Um den eigenen Körper zu spüren, sind etliche Sinneseindrücke erforderlich, die mitei-

einander in Beziehung gebracht werden müssen. Zunächst gibt es die Propriozeption, also die Wahrnehmung der Stellung der Gelenke und der Muskeln, die wiederum Auskunft über die derzeitige Lage oder Bewegung eines Körperteils gibt. Dies kann in erstaunlicher Präzision und Geschwindigkeit vonstattengehen und kann durch Übung noch weiter verbessert werden, zum Beispiel beim Erlernen eines Musikinstruments. Anhand der Propriozeption wissen wir auch dann, wo sich unsere Arme und Beine befinden, wenn wir sie gerade nicht sehen. Darüber hinaus spielt der visuelle Aspekt bei der Körperrepräsentation eine erhebliche Rolle. Beim Verrichten von Alltagstätigkeiten mit den Armen bzw. Händen arbeiten wir meistens so, dass wir sehen können, was wir gerade tun. Auch visuell erfahren wir etwas über den Ort der Extremitäten und die Stellung der Gelenke, in der Regel stehen diese Informationen im Einklang mit der Propriozeption. Zusätzlich fühlen wir auf der Haut, was die Hand gerade berührt. Auch dieser Sinneseindruck besteht nicht isoliert, sondern wird im Allgemeinen mit den vorher genannten verknüpft. Diese Fähigkeit des Gehirns, verschiedene Sinneseindrücke miteinander zu verknüpfen und in Einklang zu bringen und daraus eine stimmige Wahrnehmung zu schaffen, wird als multisensorische Integration bezeichnet. Diese umfasst auch, dass Sinnesmodalitäten verstärkt oder unterdrückt werden können, um passende Reaktionen des Organismus hervorzurufen. Wenn ein Reiz beispielsweise eine wichtige motorische Reaktion hervorrufen würde, ist eine Verstärkung dieses Reizes die Antwort der multisensorischen Integration (Stein, Stanford, 2008). Vergleicht man visuelle und auditive Informationen, so rückt das Sehen bei räumlichen Vorgängen in den Vordergrund, während das Hören eher bei zeitlichen Aufgaben verstärkt wird (Guttman, Gilroy, Blake, 2005). Bereits 1986 konnte gezeigt werden, dass, wenn visuelle und auditive Reize in Bezug auf ihre zeitliche Abfolge nicht übereinstimmen, eine stark ausgeprägte Neigung dazu besteht, den auditiven Reiz stärker zu bewerten, was zu einer Veränderung der gesamten Wahrnehmung führt (Welch, DuttonHurt, Warren, 1986).

Die multisensorische Integration spielt aber nicht nur bei Reizen aus der Umwelt eine Rolle, sondern auch bei der Wahrnehmung unseres Körpers. So erfolgt beispielsweise die Wahrnehmung des eigenen Armes, wie oben erläutert,

multimodal, nämlich propriozeptiv, visuell und taktil. Über diese reine multisensorische Körperwahrnehmung hinaus geht das Gefühl, dass ein bestimmtes Körperteil, wie z. B. ein Arm oder Bein, zu einem selbst gehört, was wir im Folgenden als Körperselbstgefühl (KSG) bezeichnen. Während mit dem Begriff des Neglects die Nicht- oder Minderwahrnehmung einer Raum- oder Körperhälfte beschrieben wird, zielt der Begriff des Körperselbstgefühls auf das höher geordnete Gefühl ab, dass eine Extremität oder eine Körperhälfte nicht als dem eigenen Körper zugehörig empfunden wird (Asomatognosie), im Extremfall wird eine Extremität sogar als komplett fremd angesehen (Somatoparaphrenie). Störungen des Körperselbstgefühls können nicht nur infolge eines Traumas oder Schlaganfalls, sondern auch im Rahmen von neurodegenerativen Erkrankungen auftreten. Ein besonders eindrückliches Beispiel ist das sog. Alien-limb-Phänomen beim sog. kortikobasalen Syndrom (CBS), einem sporadisch auftretenden atypischen Parkinsonsyndrom. Angenommen wird eine sehr geringe Prävalenz von unter 1/100000 (Schrag et al., 2000) sowie ein Anteil von 3% unter den Patienten mit degenerativem Parkinson-Syndrom (Hughes et al., 2002). Das CBS ist wie das idiopathische Parkinsonsyndrom eine progressive neurodegenerative Erkrankung, tritt markant asymmetrisch auf und ist im Gegensatz zum idiopathischen Parkinsonsyndrom zumeist L-Dopa-resistent. Neben einer akinetisch-rigiden Bewegungsstörung sind Dystonie und Myoklonus sowie Zeichen einer fokal akzentuierten kortikalen Dysfunktion typisch. Dazu gehören eine Apraxie, ein kortikaler Sensibilitätsverlust und eine Pyramidenbahnschädigung sowie das Alien-Limb-Phänomen, welches auch Phänomen der fremden Extremität genannt wird (Boeve et al., 2003), bei dem die Patienten eine Extremität als nicht ihrem Körper zugehörig empfinden. Eine interessante Möglichkeit, bestimmte Aspekte des Körperselbstgefühls experimentell zu untersuchen, stellen Versuche zum Embodiment dar, also dem gezielt induzierten Gefühl, ein anderer Gegenstand könnte zu meinem Körper gehören. Ein hierfür häufig eingesetztes Paradigma ist die Puppenhandillusion (PHI; engl.: rubber hand illusion), sie wurde 1998 von Botvinick und Cohen erstmals beschrieben (Botvinick, Cohen, 1998). Die Wissenschaftler berichten über eine Illusion, in der taktile Empfindungen auf eine fremde Gliedmaße be-

zogen werden. Dieser Effekt zeige eine Drei-Wege-Interaktion zwischen visueller Wahrnehmung, Berührung und Propriozeption auf und könne Hinweise zu Grundlagen des Körperselbstgefühl bringen (Botvinick, Cohen, 1998). Bei der PHI geht es darum, ein Gefühl hervorzurufen, eine Puppenhand könnte die eigene sein. Dafür muss zunächst die oben beschriebene Korrelation zwischen Propriozeption, visueller Überprüfung und taktilen Reizen ausgeschaltet werden. Dies gelingt, indem lediglich die neben der eigenen Hand liegende Puppenhand sichtbar ist, die eigene Hand sowie die Verbindung zum Körper sowohl der eigenen Hand als auch der Puppenhand sind mit einem Tuch verdeckt. Erhalten nun sowohl die (unsichtbare) eigene Hand wie auch die (sichtbare) Puppenhand taktile Reize an der gleichen Stelle der Hand, so scheint es bei Menschen, die auf diese Illusion ansprechen, so, als fühlten sie die Berührung dort, wo sichtbar die Puppenhand berührt wird und als wäre die Puppenhand die eigene Hand. Dazu müssen die visuellen, taktilen und propriozeptiven Signale in Einklang gebracht werden. Bereits Botvinick und Cohen fanden in einem zweiten Experiment Hinweise darauf, dass die Propriozeption der Reiz ist, der unterdrückt bzw. rekaliert wird, so dass man fühlt, was die Augen sehen und letztlich die Puppenhand als eigene Hand wahrnimmt (Botvinick, Cohen, 1998). Zu Beginn des Experimentes stehen sich nämlich zwei Hypothesen gegenüber: Die Hand, die man sehen kann, ist künstlich und erhält die gleichen Berührungen wie die eigene Hand. Diese Erklärung ist denkbar, aber eher unwahrscheinlich. Eine einfachere Erklärung ist, dass die Hand, die man sehen kann und von der man Sinneseindrücke erhält, dieselbe Hand ist. Dies stimmt aber wiederum nicht mit den propriozeptiven Informationen überein. Um diesen Widerspruch aufzulösen, wird die Präzision der propriozeptiven und mechanorezeptiven Information erniedrigt (Hohwy, Paton, 2010; Zeller et al., 2014).

Die große Mehrzahl der vorliegenden Studien zum Körperselbstgefühl und zur PHI untersuchte junge Probanden. Da das kortikobasale Syndrom vorwiegend in der zweiten Lebenshälfte auftritt, haben wir als Kontrollgruppe gesunde Ältere gewählt.

Ziel dieser Studie ist es zunächst, Raumwahrnehmung, Körperselbstgefühl und Embodiment und ihren Zusammenhang bei gesunden Älteren zu untersuchen. Darüber hinaus soll der Einfluss einer extrapyramidalen neurologischen Erkrankung auf Raumwahrnehmung, Körperselbstgefühl und Embodiment untersucht werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine interessante Untergruppe von Patienten mit einem kortikobasalen Syndrom (CBS) untersucht, die sich durch eine zumeist stark seitenbetonte Symptomatik und nicht selten durch spontane Störungen des KSG auszeichnen.

2 Material und Methoden

2.1 Probanden und Patienten

Die Untersuchungen erfolgten zunächst in einer Gruppe von 66 Kontrollprobanden im Alter zwischen 60 und 90 Jahren ohne relevante neurologische Vorerkrankungen ($73,9 \pm 7,7$ Jahre), die Altersverteilung zeigt Abbildung 1.

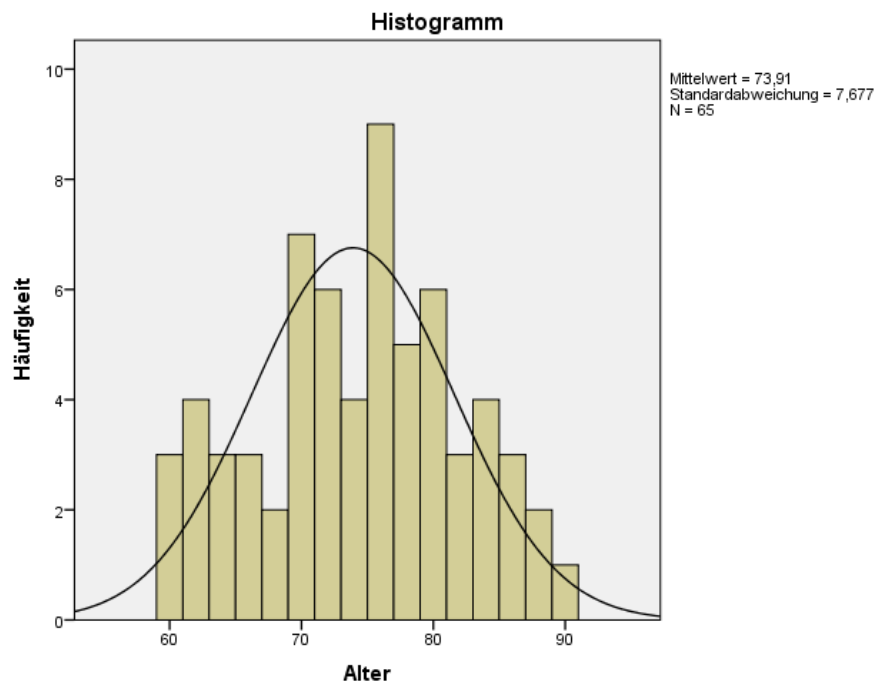


Abbildung 1: Alter des Probandenkollektivs

Alle Probanden waren mobil und rüstig, wohnten zu Hause oder in selbstversorgenden Teilen von Seniorenheimen und hatten keine neurologischen Vorerkrankungen. Ein Proband gab während des Versuches an, unter Gefühlsstörungen an den Händen zu leiden. Er wurde deshalb nicht in die Studie eingeschlossen, sodass sich insgesamt eine Probandenzahl von $N=65$ ergibt.

Desweiteren wurden 10 Patienten im Alter zwischen 59 und 77 Jahren (MW 70,6 Jahre, SD 5,5 Jahre) aus der Neurologischen Klinik mit der klinischen Diagnose eines wahrscheinlichen oder möglichen kortikobasalen Syndroms ge-

mäß den gültigen Diagnosekriterien untersucht (siehe Tabelle 1; Armstrong et al., 2013).

Tabelle 1: Vorgeschlagene klinische Phänotypen des kortikobasalen Syndroms in Zusammenhang mit der Pathologie der kortikobasalen Degeneration.

Syndrom	Merkmale
Wahrscheinliches kortikobasales Syndrom	Asymmetrische Präsentation von 2 der folgenden Kriterien: a) Rigor oder Akinesie einer Extremität, b) Dystonie einer Extremität, c) Myoklonus einer Extremität <i>sowie</i> zwei der folgenden Kriterien: d) buccofaziale oder Extremitäten-Apraxie, e) kortikales sensorisches Defizit, f) "Alien-limb"-Phänomen (mehr als einfache Levitation)
Mögliches kortikobasales Syndrom	Asymmetrische oder symmetrische Präsentation von einem der folgenden Kriterien: a) Rigor oder Akinesie einer Extremität, b) Dystonie einer Extremität, c) Myoklonus einer Extremität <i>sowie</i> einem der folgenden Kriterien: d) buccofaziale oder Extremitäten-Apraxie, e) kortikales sensorisches Defizit, f) "Alien-limb"-Phänomen (mehr als einfache Levitation)

Die Untersuchungen wurden bei den Patienten zu Hause durchgeführt. Tabelle 2 zeigt eine Zusammenschau der relevanten demographischen und klinischen Daten der eingeschlossenen Patienten.

Tabelle 2: Demographische und klinische Daten der Patienten. Alter und Krankheitsdauer in Jahren. KH: Körperhälfte. L-Dopa: Ansprechen auf L-Dopa-Therapie.

Nr.	Alter	EM	Kh.- Dauer	betonte KH	L-Dopa	Diagnose
P01	71	2010	4	L	neg	Wahrscheinliches CBS
P02	77	2011	3	L	pos	Wahrscheinliches CBS
P03	59	2011	3	R	neg	Mögliches CBS
P04	71	2010	4	L	neg	Wahrscheinliches CBS
P05	64	2013	1	L	pos	Wahrscheinliches CBS
P06	77	2008	6	R	neg	Wahrscheinliches CBS
P07	72	2008	6	R	neg	Mögliches CBS
P08	71	2012	2	R	pos	Mögliches CBS
P09	73	2009	5	R	pos	Mögliches CBS
P10	71	2012	2	R	pos	Mögliches CBS

Alle Probanden und Patienten wurden vorab mündlich und schriftlich über das Studienvorhaben, die Untersuchungen sowie den Datenschutz aufgeklärt und erst nach schriftlicher Einwilligung in die Studie eingeschlossen, das während der Untersuchung verwendete Versuchsprotokoll findet sich im Anhang 1.

2.2 Methodik

2.2.1 PANDA-Test und Uhrentest

Bei allen Probanden und Patienten wurde eine orientierende kognitive Testung mit Hilfe des PANDA- und Uhrentestes durchgeführt.

Der PANDA-Test (Kalbe et al., 2008; Testformular siehe Anhang 2) ist ein schnelles, einfaches und sensitives Mittel, um erste Anzeichen einer Demenz bei Patienten mit Parkinson anzuzeigen. Zusätzlich wird die Stimmung abgefragt. Die Spezifität liegt bei 91%, die Sensitivität bei 90% für eine Parkinson-Demenz und bei 77% für eine milde kognitive Dysfunktion und Parkinson-Demenz. Der Stimmungsfragebogen wird ebenso mit einer hohen Sensitivität und Spezifität angegeben (Kalbe et al., 2007). In Aufgabe 1 sollen sich die Probanden 5 Wortpaare merken, von denen in der Abfrage jeweils das erste Wort dieses Paares genannt wird. Vor jedem weiteren der drei Durchgänge werden die Wortpaare erneut vorgelesen. Am Ende des gesamten Tests (nach 6-8 Minuten) wird eine vierte Abfrage ohne vorhergehendes Vorlesen durchgeführt (Kalbe et al., 2007). Gezählt wird jedes richtig ergänzte Wortpaar.

In Aufgabe 2 geht es um die Wortflüssigkeit. Wortfindungsaufgaben haben eine hohe Sensitivität, kognitive Einschränkungen oder Demenz in frühen Stadien festzustellen. Innerhalb einer Minute sollen die Probanden so viele Substantive sagen, wie ihnen einfallen, jeweils ein Tier und ein Möbelstück im Wechsel. Gewertet wird die Anzahl an richtigen Wörtern und Wechselfehlern (Kalbe et al., 2007).

Die dritte Aufgabe besteht darin, zwei Punkte auf einem gezeichneten viereckigen Blatt Papier mental zu spiegeln. Nach einer ausführlichen Erklärung anhand eines vorgegebenen Beispiels und mit einem Blatt Papier sollen die Pro-

banden die richtige Lösung aus jeweils vier Antwortmöglichkeiten auswählen (Kalbe et al., 2007).

Die vierte Aufgabe testet das Arbeitsgedächtnis sowie die Aufmerksamkeit. Dem Probanden werden Ziffern vorgelesen, die er der Größe nach umsortieren muss. Die Anzahl der Ziffern erstreckt sich von zwei bis sechs, die längste richtig genannte Reihe wird notiert (Kalbe et al., 2007).

In der fünften Aufgabe soll der Proband die Wortpaare vom Beginn ergänzen, ohne sie vorher noch einmal gehört zu haben (s. o.). Auch hier wird jedes auf Anhieb richtig ergänzte Wortpaar gezählt.

Insgesamt ergibt sich ein maximaler Punktwert von 30. Bis 14 Punkte ist eine demenzielle Symptomatik wahrscheinlich, von 15 bis 17 Punkten ist eine kognitive Dysfunktion möglich. Ab 18 Punkten liegen die Leistungen im Normbereich.

Anschließend werden noch drei Fragen beantwortet, welche die Hauptmerkmale einer Depression darstellen, nämlich Stimmung, Interesse, Antrieb. Hier liegt der maximal erreichbare Wert bei 9 Punkten, wobei bereits über 4 Punkten eine depressive Stimmungslage wahrscheinlich ist (Kalbe et al., 2007).

Der Uhrentest (modifiziert nach Shulman, 1993) ist ein bereits seit 1986 verbreitetes Mittel, um kognitive Einschränkungen zu entdecken. Er eignet sich aber auch, um einen Neglect festzustellen. Dabei liegt vor dem Probanden ein Blatt Papier mit einem Kreis sowie ein Bleistift (siehe Anhang 3). Er wird nun gebeten, in den Kreis die Ziffern eines Uhrenblatts zu zeichnen, wobei es ihm überlassen bleibt, ob er römische oder arabische Ziffern benutzt. Anschließend soll er mit zwei Zeigern die Uhrzeit "10 nach 11" einzeichnen. Der Uhrentest eignet sich einerseits, bestimmte Aspekte einer bereits manifesten Demenz zu erfassen, andererseits soll er frühzeitige Hinweise liefern, inwiefern ein gesunder älterer Erwachsener ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer Demenz hat (Amodeo et al., 2014).

2.2.2 Händigkeit (modifiziertes Edinburgh Handedness Inventory)

Zur Bestimmung der Händigkeit wurde ein modifizierter Händigkeitsfragebogen nach Oldfield von 1971 verwendet (Testformular siehe Anhang 4). Die Probanden werden gebeten, ihre bevorzugte Hand für zehn Tätigkeiten des alltäglichen Lebens anzugeben, wobei -2 und -1 eher eine Bevorzugung der linken Hand und 1 sowie 2 eine der rechten Hand darstellt. Falls eine Tätigkeit mit beiden Händen gleich gut ausgeführt werden kann, soll die 0 vergeben werden. So erhält man nach Addition der Einzelwerte einen Summenwert, der sich im Bereich von -20 und +20 bewegt. Werte von -20 bis -13 deuten auf eine ganz überwiegende Linkshändigkeit hin, von +13 bis +20 ist von einer Rechtshändigkeit auszugehen. Werte zwischen -12 und 12 sprechen für eine intermediäre Händigkeit. Es werden folgende Tätigkeiten abgefragt: Schreiben, Zeichnen, Werfen, mit einer Schere Schneiden, eine Zahnbürste benutzen, mit einem Messer schneiden, einen Löffel benutzen, einen Besen halten (obere Hand), ein Streichholz anzünden und eine Schachtel öffnen.

2.2.3 Extrapersonaler Neglect

2.2.3.1 Letter cancellation task

Ausstreichtests sind eine seit langem bewährte und gebräuchliche Methode, um die Aufmerksamkeit zu untersuchen und einen Neglect festzustellen, hauptsächlich bei Patienten nach einem Schlaganfall. So wird überprüft, wie lange die Aufmerksamkeit aufrechterhalten und fokussiert werden kann und wie gut Fähigkeiten wie visuelles Suchen und motorische Koordination erhalten geblieben sind. Unter einer unsystematischen Mischung von verschiedenen Symbolen gleicher Art (z. B. Buchstaben, geometrische Figuren, Zahlen) soll jeweils ein definiertes Symbol weggestrichen werden. Die Anzahl nicht gefundener Symbole sowie die Zeit, um diese Aufgabe zu erfüllen, korreliert mit bestimmten neuropsychologischen Störungen (Brucki, Nitrini, 2007). Wir verwendeten den Letter cancellation task nach Weintraub (1985), bei dem der Proband ein DIN A4-Papier mit vielen, scheinbar wahllos angeordneten Buchstaben vor sich liegen hat. Die Aufgabe besteht darin, alle Buchstaben "A" wegzustreichen (Test-

formular siehe Anhang 5). Die Anordnung der wegzustreichenden Items folgt einem punktsymmetrischen Muster, die anderen Buchstaben sind zufällig angeordnet. Die klassische semiquantitative Auswertung erfasst die Anzahl ausgelassener „A“ auf beiden Blatthälften und zieht Rückschlüsse auf das Ausmaß einer Hemianopsie oder eines Hemineglects. Eine neuere Auswertungsmethode mit quantitativem Ergebnis wurde von Rorden und Karnath (2010) beschrieben (unter: <http://www.mccauslandcenter.sc.edu/CRNL/tools/cancel>). Hierbei wird die „subjektive Mitte“ als Maß für den Neglect verwendet, welche im Test dem "Center of Cancellation (CoC)" entspricht. Dieser Wert ist vergleichsweise sensitiv für räumliche Fehlwahrnehmungen und kann zwischen milden und schwerwiegenden Formen unterscheiden. Zur leichteren Interpretation wird der CoC-Wert normalisiert angegeben, der Durchschnittswert der horizontalen Position wird so berechnet, dass der Durchschnitt aller Items 0 beträgt und der Maßstab der Horizontalachse wird so angepasst, dass der Abstand zwischen den jeweils äußersten „A“ am linken bzw. rechten Rand 2 beträgt. Probanden, welche alle "A" wegstreichen, erreichen den Wert 0, solche, die lediglich die ganz links (rechts) außen gelegenen finden einen Wert nahe -1 (+1).

2.2.3.2 Landmark task

Auf zwanzig weißen Blättern im A4-Format befindet sich genau mittig eine 20 cm lange, 1,5 mm breite schwarze Linie. Diese ist durch eine 10 mm lange "Landmark"-Linie in zwei Teile geteilt, auf zehn Blättern genau in der Mitte, auf den übrigen zehn asymmetrisch (1, 2, 3, 4 oder 5 mm vom Zentrum nach rechts bzw. links). Anhand eines Beispiels wird dem Probanden erklärt, dass die große Linie niemals genau in der Mitte geteilt werde, der Unterschied jedoch sehr gering sei, und er nach Präsentation einer Linie möglichst schnell sagen solle, welche Seite ihm kürzer vorkomme. Selbst, wenn er der Meinung sei, beide Seiten wären gleich lang, so müsse er sich doch für eine Seite entscheiden, im Zweifel müsse er raten. Als Beispiel dient eine der Linien, welche offensichtlich nicht mittig geteilt ist. Nach Milner dienen die asymmetrischen Teilungen als Füllmaterial, um den Eindruck zu erwecken, alle Linien wären asymmetrisch geteilt (Milner et al., 1993). Wenn der Proband die Aufgabe verstanden hat,

werden ihm alle 20 Blätter in zufälliger Reihenfolge präsentiert, alle Antworten werden notiert. Gewertet werden lediglich die Antworten der zehn mittigen Teillungen.

2.2.4 Fragebogen zum Körper selbstgefühl (KSG)

Um einen standardisierten Einblick in das subjektive Körper selbstgefühl der Probanden und Patienten zu bekommen, verwendeten wir Teile eines Fragebogens, der bereits in einer früheren Untersuchung zum Einsatz gekommen war (Gross, 2010; Zeller et al., 2011; Fragebogen siehe Anhang 6). Die Fragen sind mittels Multiple Choice zu beantworten, von "niemals", über "gelegentlich" bis "oft". Falls das erfragte Symptom bekannt ist, soll noch die betroffene Seite angegeben werden. In der vierten Frage soll auf einer Prozentskala das aktuelle Gefühl angegeben werden, wie sehr die jeweilige Hand zum Probanden gehöre. Nur eine Angabe von 100% wurde als "normal", jede Abweichung davon als Störung des KSG im Augenblick der Untersuchung gewertet (Gross, 2010).

2.2.5 Puppenhandillusion (PHI)

Die sog. Puppenhandillusion wurde 1998 von Botvinick und Cohen erstmals beschrieben. Der Proband sitzt und sein rechter oder linker Arm liegt auf einem Tisch. Ein Sichtschutz ist so positioniert, dass der Proband seine eigene Hand und einen Teil des Armes nicht sehen kann. Eine Plastikhand der entsprechenden Seite liegt direkt vor dem Probanden. Er konzentriert sich nun auf die Puppenhand, während mit zwei kleinen Pinseln sowohl die Puppenhand wie auch die eigene Hand an der gleichen Stelle berührt wird. Anschließend soll der Proband einen Fragebogen (siehe Anhang 7) ausfüllen, zunächst eine freie Beschreibung seiner Erfahrung verfassen, dann neun spezifische Fragen zum Gefühl beantworten. Dieser Fragebogen zeigt bei positiven Antworten an, dass die Probanden eine Illusion hatten, in der es so schien, als fühlten sie die Berührung des Pinsels, den sie sehen können, und als fühlte die Puppenhand die Berührung (Botvinick, Cohen, 1998). Hierbei nehmen drei Fragen Bezug auf das Erleben der Illusion, indem nach dem gefühlten Ort (im Raum) der Berührung, nach dem Pinsel, der diese Berührung scheinbar hervorgerufen hat sowie

nach dem Gefühl, die Puppenhand wäre die eigene, gefragt wird. Diese drei Fragen sind hinsichtlich des möglichen Erlebens der PHI die entscheidenden. Daneben gibt es noch weitere sechs Fragen, die Gefühle und Beobachtungen erfragen, die stattgefunden haben können, wie ein "künstliches Gefühl", eine Bewegung der Hand in Richtung der Puppenhand, ein Gefühl, auf der einen Seite mehr als eine Hand oder mehr als einen Arm zu haben, die Berührung irgendwo zwischen der eigenen und der Puppenhand zu spüren und ein Immer-ähnlicher-Werden der Puppenhand in Bezug auf die eigene Hand. Diese Phänomene stehen nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit der PHI, die Fragen danach dienen daher auch der Kontrolle. Alle neun Fragen wurden in zufälliger Reihenfolge angeordnet.

Aufbau und Ablauf des Versuches waren folgendermaßen (s. Abb. 2-4): Zwei miteinander verbundene Holzkisten (30 x 20 x 10 cm) mit großen Durchlässen an den schmalen Enden stehen vor dem Probanden. Nun legt der Proband eine Hand in die gleichseitige Kiste, die seitengleiche Puppenhand wird in die andere Kiste gelegt. Die Puppenhand liegt also immer medial von der eigenen Hand. Der Proband positioniert die Hand genauso, wie die Puppenhand liegt. Die beiden Kisten können unabhängig voneinander mit einem Deckel verschlossen werden. An dem vom Probanden entfernten Ende der Kästen verläuft ein Maßband, welches verschieblich ist. Sind beide Kästen verschlossen, befindet sich eine Klappe mit schwarzem Stoff über der gesamten Anordnung, damit der Proband möglichst wenig Orientierungspunkte hat. Ebenso wird ein schwarzes Tuch von der Schulter des Probanden bis auf die Handgelenke beider Hände in die Kisten gelegt, so dass der Proband den Verlauf des Armes nicht mehr sehen kann. Ein zusammengerolltes Handtuch von der Puppenhand in Richtung Ellenbogen unter dem schwarzen Tuch erschafft den Anschein eines zur Puppenhand laufenden Armes. Der Proband wird aufgefordert, während des gesamten Versuches seine Hand nicht mehr zu bewegen und sich, wenn möglich, auf die Puppenhand zu konzentrieren. Nun soll der Proband die Lage des eigenen Mittelfingers in Bezug zum Maßband angeben (Zentimetermarke), dabei kann der Proband weder die eigene Hand, noch die Puppenhand sehen. Der Untersucher notiert sich diesen Wert sowie die Position des Maßbandes in Be-

zug zum Kasten. Um zu verhindern, dass die Probanden im Versuchsverlauf immer denselben Wert nennen, wird das Maßband vor jeder Abfrage verschoben, so dass eine Orientierung an den Maßzahlen ausgeschlossen ist. Nachdem der Proband die Lage seines Mittelfingers geschätzt hat, wird die Klappe zur Puppenhand geöffnet. Der Proband kann jetzt die Puppenhand deutlich sehen, die eigene jedoch nicht. Mit zwei gleichen Pinseln werden nun zwei Minuten lang möglichst exakt orts- und zeitsynchron (bei simultanen Berührungen) der Zeige-, Mittel- und Ringfinger der Puppenhand und der eigenen Hand berührt. Die Berührungen dauern ungefähr eine Sekunde. Anschließend wird sofort der Deckel verschlossen, das Maßband unter Notierung eines Nullwerts zur späteren Berechnung der Fingerposition verschoben, und der Proband schätzt erneut, wo sich sein Mittelfinger befindet. Dieser Versuch wird insgesamt viermal durchgeführt: jeweils zweimal mit der rechten und linken Hand (mit passender Plastikhand in dem zur Körpermitte zeigenden Kasten), und mit simultanen und asynchronen Berührungen. Bei den asynchronen Durchgängen finden die Berührungen an den gleichen Stellen der Hände hintereinander statt. Die Reihenfolge ist zufällig. Nach jedem der vier Versuchsteile beantwortet der Proband den PHI-Fragebogen.

Auswertung des propriozeptiven Drifts: Als propriozeptiver Drift wird die Differenz zwischen den Schätzungen der Position des Mittelfingers (also der Hand) vor und nach einem Einzelversuch bezeichnet (Botvinick, Cohen, 1998). Ein positiver Wert steht für einen Drift in Richtung der Puppenhand, ein negativer für die umgekehrte Richtung. In einzelnen Arbeiten wurde als (illusionsbezogener) Drift auch die Differenz der propriozeptiven Drifts zwischen der simultanen Berührung (PHI wahrscheinlich) und der asynchronen Berührung (Kontrolle) betrachtet (Brang et al., 2014).



Abbildung 2: PHI aus Sicht des Untersuchers (eigene Abbildung)



Abbildung 3: Sicht des Untersuchers nach der PHI bei der Positionsschätzung (eigene Abbildung)



Abbildung 4: PHI aus Sicht des Probanden (eigene Abbildung)

Auswertung des PHI-Fragebogens: Um eine bessere Vergleichbarkeit der Daten zu schaffen, wurde die Gesamtheit der Daten aus den PHI-Fragebögen z-transformiert. Dabei wird zunächst der Mittelwert und die Standardabweichung aller Antworten ermittelt, mit deren Hilfe die Antworten dann so normalisiert werden, dass ihr Mittelwert 0 und ihre Standardabweichung 1 ergibt. Durch die z-Transformation wird der Einfluss individueller Unterschiede in den Antworttendenzen und Antwortbreiten deutlich reduziert. Nach der z-Transformation werden die errechneten Mittelwerte der Fragen 1-3 der synchronen Stimulation mit denen der asynchronen Stimulation verglichen. Zusätzlich werden die Mittelwerte der Kontrollfragen 4-9 miteinander verglichen.

2.2.6 MDS-UPDRS III

Bei den CBS-Patienten wurde die motorische Parkinsonsymptomatik mit Hilfe des MDS-UPDRS III (Goetz et al., 2008) erfasst. Dies ist der dritte Teil der Unified Parkinson's Disease Rating Scale der Movement Disorder Society. Die MDS-UPDRS besteht aus vier Teilen: Teil I (Erfahrungen des täglichen Lebens nicht-motorische Aspekte), Teil II (Erfahrungen des täglichen Lebens – motorische Aspekte), Teil III (motorische Untersuchung) und Teil IV (motorische Komplikationen) (Goetz et al., 2008). Bei dieser Untersuchung wird notiert, was gesehen wird („rate what you see“), unabhängig davon, ob die beobachtete Symptomatik der Parkinsonerkrankung oder einer anderen Ursache geschuldet ist.

Teil III beinhaltet zunächst die Fragen, ob der Patient Medikamente zur Behandlung der Parkinsonsymptome einnehme, ob er sich im ON bzw. OFF-Status befinde, und wann gegebenenfalls die letzte Levodopa-Einnahme vor der Untersuchung erfolgt sei. Danach werden verschiedene motorische Aspekte bewertet und untersucht, wobei jeweils die Punkte 0 (normal) bis 4 (schwer ausgeprägte Symptomatik) vergeben werden. Neben Motorik, Rigor und Tremor werden auch die Sprache, der Gesichtsausdruck und verschiedene relevante Bewegungsmuster des täglichen Lebens getestet und bewertet. Ergänzend erfolgt eine Einteilung des Erkrankungsstadiums nach Hoehn und Yahr (Stadien 1 – 5; Goetz, 2008).

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der gesunden Probanden

3.1.1 PANDA-Test und Uhrentest

Der PANDA-Test erbrachte bei über 80% der gesunden Probanden keinen Anhalt für eine kognitive Störung. Bei 8 Probanden ergab der Test Hinweise auf eine wahrscheinliche Demenz, bei 4 Probanden auf eine milde kognitive Dysfunktion (s. Tabelle 3 und Abb. 5). Im Mittel erreichten die gesunden Probanden einen Punktwert von 21,7 bei einer Standardabweichung von 5,0 Punkten.

Tabelle 3: Ergebnisse PANDA-Kognition (Probanden)

Gesamtwert PANDA-Kognition	bis 14	15-17	ab 18
Beurteilung	Wahrscheinliche Demenz	Milde kognitive Dysfunktion	Kein Hinweis auf kognitive Störung
Anzahl der Probanden	8 (12,3%)	4 (6,2%)	53 (81,5%)

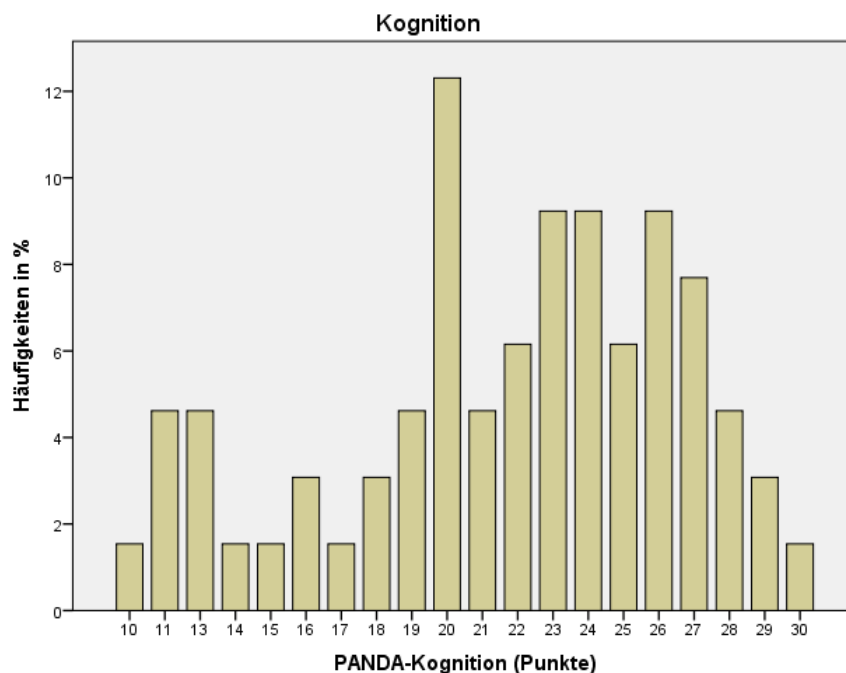


Abbildung 5: Ergebnisse PANDA-Kognition (Probanden)

Der Stimmungsteil des PANDA-Tests zeigte bei 5 Probanden eine wahrscheinliche depressive Stimmungslage an (s. Tabelle 4).

Tabelle 4: Ergebnisse PANDA-Stimmung (Probanden)

Gesamtwert PANDA-Stimmung	0-4	5-9
Beurteilung	Depressive Stimmungslage unwahrscheinlich	Depressive Stimmungslage wahrscheinlich
Anzahl der Probanden	60 (92,3%)	5 (7,7%)

Die Ergebnisse des Uhrentests ergaben ein ähnliches Bild wie der Kognitionsteil des PANDA-Tests: Bei 80% war der Test unauffällig, weitere 4,6% machten leichte visuell-räumlichen Fehler, die noch nicht als pathologisch einzustufen sind. Insgesamt hatten 10 Probanden einen pathologischen Score von 3 oder höher (Tabelle 5).

Tabelle 5: Ergebnisse Uhrentest (Probanden)

Score Uhrentest	1	2	3	4	5	6
Anzahl der Probanden	52 (80%)	3 (4,6%)	8 (12,3%)	2 (3,1%)	0	0

3.1.2 Händigkeit (modifiziertes Edinburgh Handedness Inventory)

Der Anteil der Rechtshänder war in der untersuchten Altersgruppe hoch. Im hier untersuchten Kollektiv der über 60-jährigen waren gemäß Edinburgh Inventory von 65 Probanden 61 Rechtshänder (93,8%), lediglich ein absoluter Linkshänder war darunter, drei Personen waren ambidexter (siehe Abb. 6).

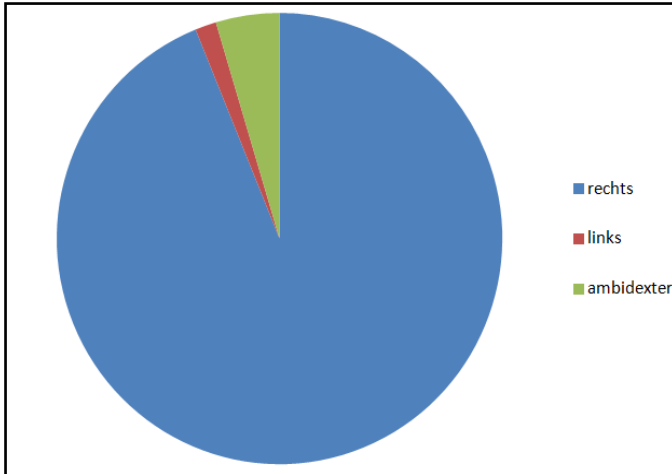


Abbildung 6: Händigkeit der Probanden

3.1.3 Extrapersonaler Neglect

3.1.3.1 Letter cancellation task

Die überwiegende Mehrheit der Probanden strichen alle Targetbuchstaben durch und hatten demnach einen Center of Cancellation (CoC) von 0 (siehe Tabelle 6). Da die Targets symmetrisch angeordnet sind, führen zwei nicht gefundene Targets, die sich in ihrem Abstand von der Mittellinie nach rechts bzw. links entsprechen, zu keiner Verschiebung des CoC.

Tabelle 6: Ergebnisse des Letter cancellation task (Probanden)

Anzahl der gefundenen Targets	60	59	58	57	56	54	50
Probanden	42 (64,6%)	10 (15,4%)	9 (13,8%)	1 (1,5%)	1 (1,5%)	1 (1,5%)	1 (1,5%)

Entsprechend der geringen Fehlerquote ergaben sich in der gesamten Probandengruppe keine relevanten Abweichungen des CoC von 0 (Abb. 7).

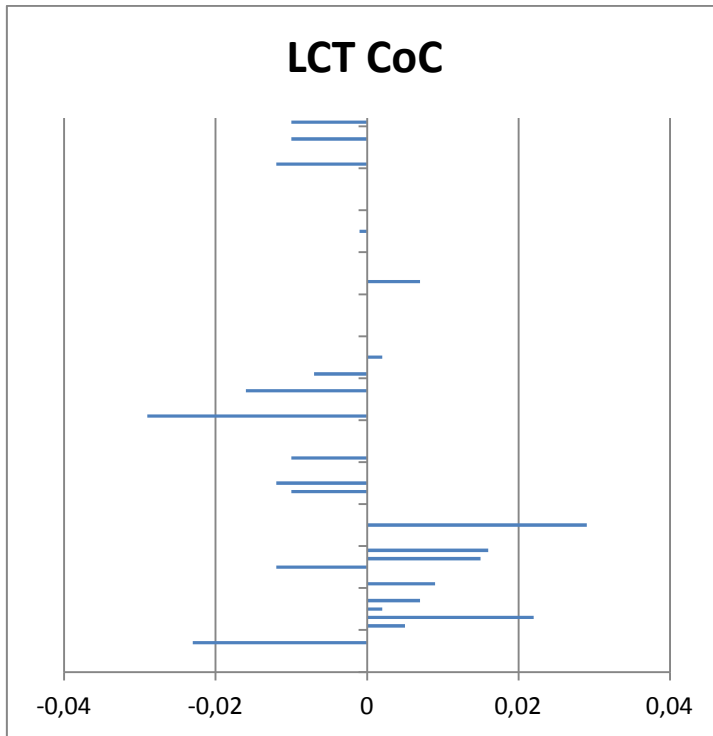


Abbildung 7: Ergebnisse des CoC (Probanden)

3.1.3.2 Landmark task

Von den 65 Probanden empfanden 38 Probanden überwiegend die linke Seite als kürzer (58,5%). Bei diesen Personen lag also ein Hemineglect nach links vor. 14 Probanden (21,5%) schätzten die rechte Seite als kürzer ein, bei 13 Probanden (20%) war dies ausgeglichen. Betrachtet man die gesamte Kontrollgruppe, so ergibt sich für die Schätzung „linkes Segment kürzer“ ein Wert von $63,4\% \pm 25,7\%$ (Mittelwert \pm SD), was einer signifikanten Abweichung von einer rein zufälligen Verteilung (50:50) entspricht ($p < 0,001$). Auf Gruppenebene lässt sich somit ein Hemineglect nach links finden. Abbildung 8 zeigt die Verteilung der Linksschätzungen.

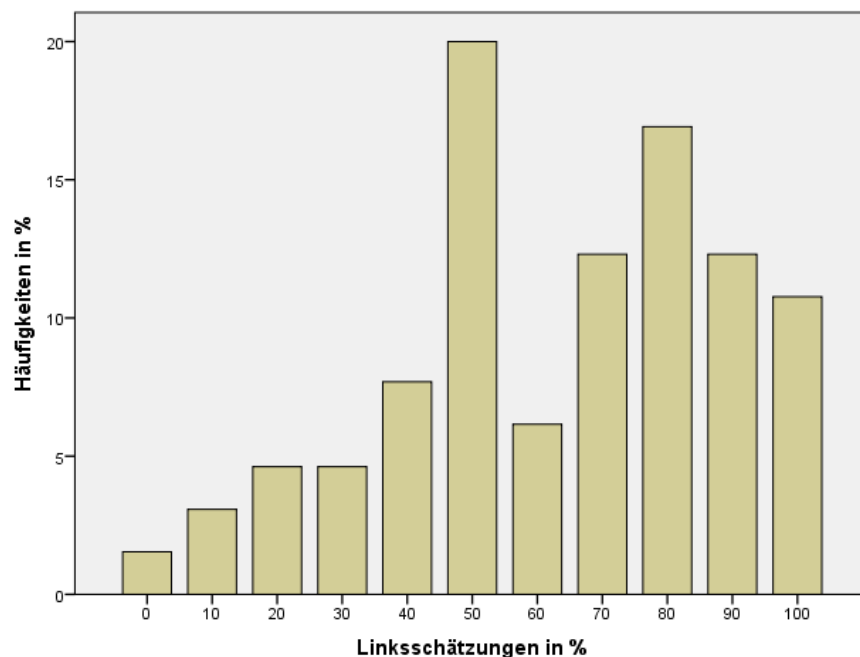


Abbildung 8: Häufigkeit der Linksschätzungen (Probanden)

3.1.4 Körperselbstgefühl (KSG)

Bei den drei qualitativen Fragen des Fragebogens zum KSG gaben 64 von 65 Probanden (98,4%) an, niemals das Gefühl zu haben, dass sie nicht wissen, wo sich einer ihrer Arme befände, niemals das Gefühl einer fremden Körperseite sowie niemals das Gefühl eines fremden Arms zu haben.

Ein Proband gab an, gelegentlich nicht zu wissen, wo sich einer seiner Arme befinde.

Bei der quantitativen Frage „Bitte markieren Sie auf der Skala Ihr momentanes Gefühl, wie sehr Ihre jeweilige Hand zu Ihnen gehört“ gaben 64 von 65 Probanden (98,4%) an, dass sowohl die rechte als auch die linke Hand zu 100% zu ihnen gehörte. Lediglich ein Proband gab an, dass seine linke Hand momentan nur zu 80% zu ihm gehörte.

3.1.5 Puppenhandillusion (PHI)

In der formlosen verbalen Rückmeldung gaben insgesamt 67,7% aller Probanden an, eine PHI gehabt, also die Puppenhand als zu ihrem Körper gehörig

wahrgenommen zu haben. Dies ging aus Beschreibungen der Probanden unmittelbar nach dem Versuch sowie während des Ausfüllens des Fragebogens hervor.

3.1.5.1 Propriozeptiver Drift

Auf Gruppenebene zeigte sich bei der synchronen Stimulation ein signifikanter Drift in Richtung der Puppenhand. Abbildung 9 zeigt die geschätzten Positionen des Mittelfingers in Bezug zur wirklichen Position. „Pre“ (blaue Balken) bezeichnet die Positionsschätzung vor einem Versuch, unmittelbar, nachdem die Hand sichtbar war, dann jedoch abgedeckt wurde, „post“ (rote Balken) die Positionsschätzung direkt nach dem zweiminütigen Versuch. Ein positiver Wert zeigt eine Schätzung in Richtung der Puppenhand, also in Richtung zur Körpermitte an, ein negativer Wert zeigt von der Körpermitte und der Puppenhand weg.

Die Fehlerbalken entsprechen in allen Abbildungen dem Standardfehler (sem = standard error of the mean).

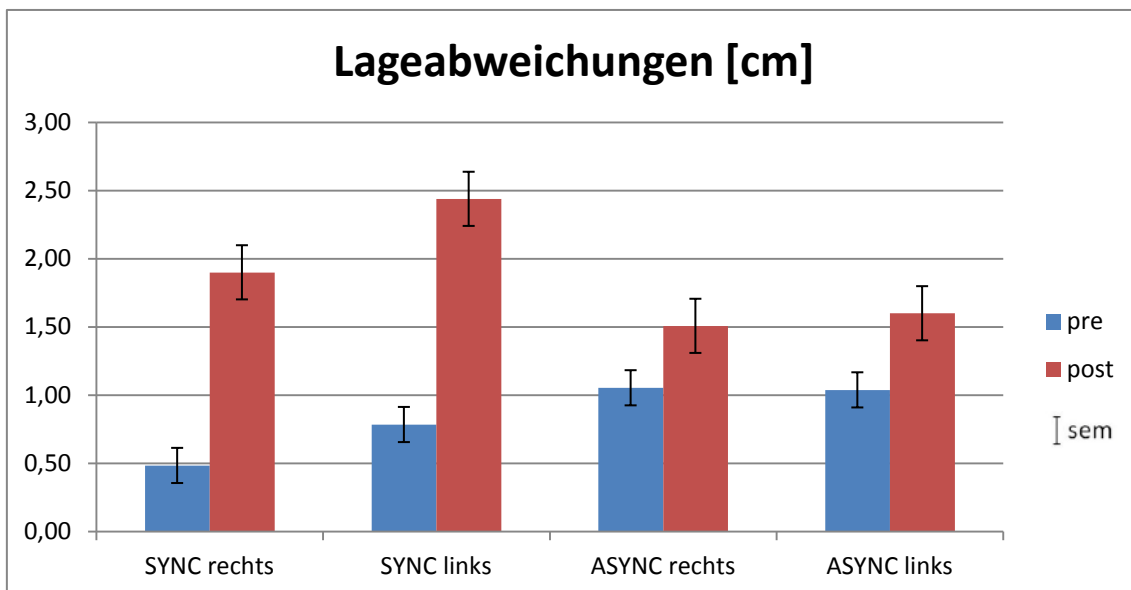


Abbildung 9: Lageabweichungen beim Schätzen (Probanden)

Der propriozeptive Drift ist die Differenz zwischen der post- und der prä-Schätzung. Dies zeigt nachfolgende Grafik (Abbildung 10):

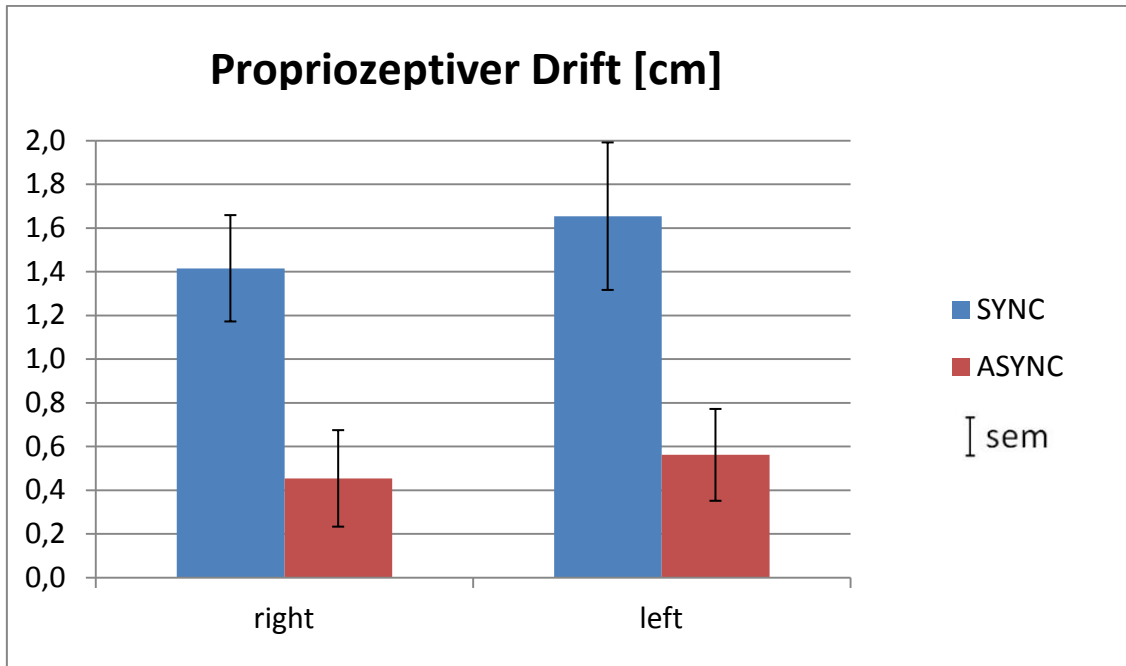


Abbildung 10: Propriozeptiver Drift (Probanden)

Zu sehen ist, dass der Drift bei der synchronen Stimulation wesentlich stärker ist als bei der asynchronen.

3.1.5.2 PHI-Fragebogen

Betrachtet man die normalisierten Mittelwerte der Antworten im PHI-Fragebogen (Abbildung 11), so zeigen sich auf Gruppenebene bei synchroner Stimulation beidseits positive, d. h. bejahende Werte für Frage 1 "Es schien so, als würde ich die Berührung des Pinsels dort fühlen, wo er sichtbar die Puppenhand berührte", Frage 2 "Es schien so, als ob die Berührung, die ich fühlte, durch *den* Pinsel hervorgerufen wurde, der die Puppenhand berührte" sowie Frage 3 "Es fühlte sich so an, als ob die Puppenhand meine eigene wäre". Für die Kontrolluntersuchung mit der asynchronen Stimulation wurden die in diesen Fragen angesprochenen Empfindungen verneint.

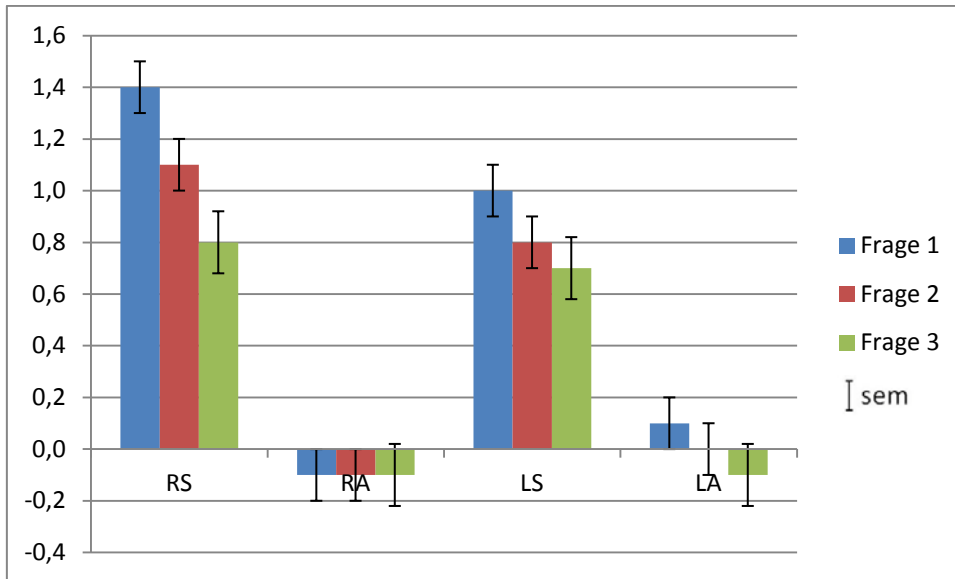


Abbildung 11: Mittelwerte der Fragen 1-3 (Probanden)

Zur Reduktion der Antworten auf die illusionsrelevanten Fragen 1-3 verwenden wir für jeden Probanden und Versuch die Mittelwerte der Fragen 1-3, was wir als subjektiven Illusionsscore bezeichnen. Die Mittelwerte aller Probanden gibt folgende Grafik wieder (Abbildung 12).

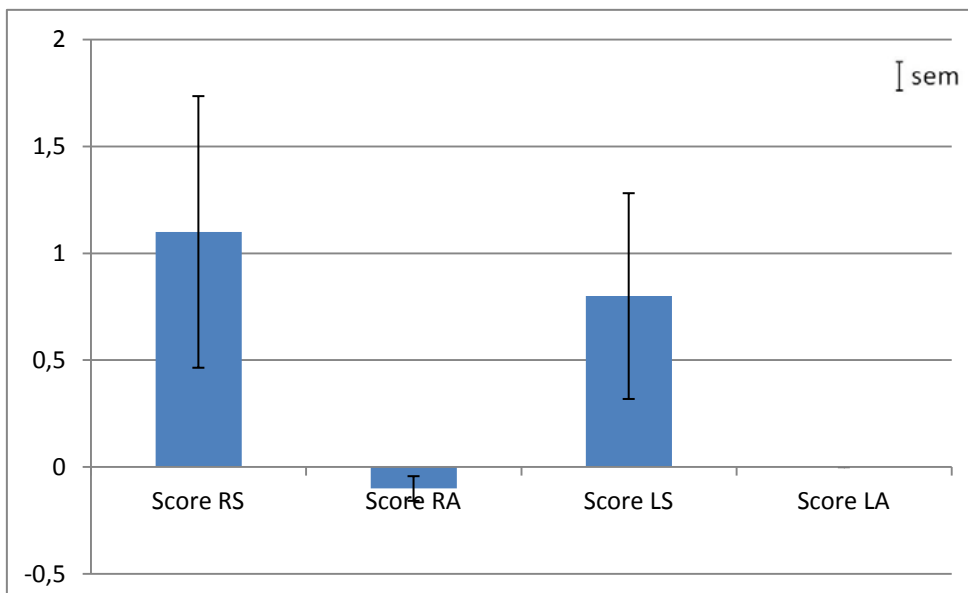


Abbildung 12: Illusionsscore (Probanden)

3.1.6 Zusammenhang von Raumwahrnehmung und PHI

Zur Frage eines möglichen Zusammenhangs zwischen Raumwahrnehmung und PHI wurden die Korrelationen zwischen dem subjektiven Illusionsscore aus dem PHI-Fragebogen mit der subjektiven Raummitte (LCT CoC) sowie mit den Ergebnissen des Landmark tasks errechnet. Es zeigte sich keine signifikante Korrelation.

Darüber hinaus untersuchten wir die Korrelationen zwischen dem propriozeptiven Drift und den Ergebnissen der Neglectuntersuchung. Hier zeigte sich eine mäßiggradige, jedoch signifikante Korrelation zwischen dem propriozeptiven Drift der linken Hand bei synchroner Stimulation und dem relativen Hemineglect im Milner Landmark Task ($r=0,340$; $p=0,006$; Abbildung 13).

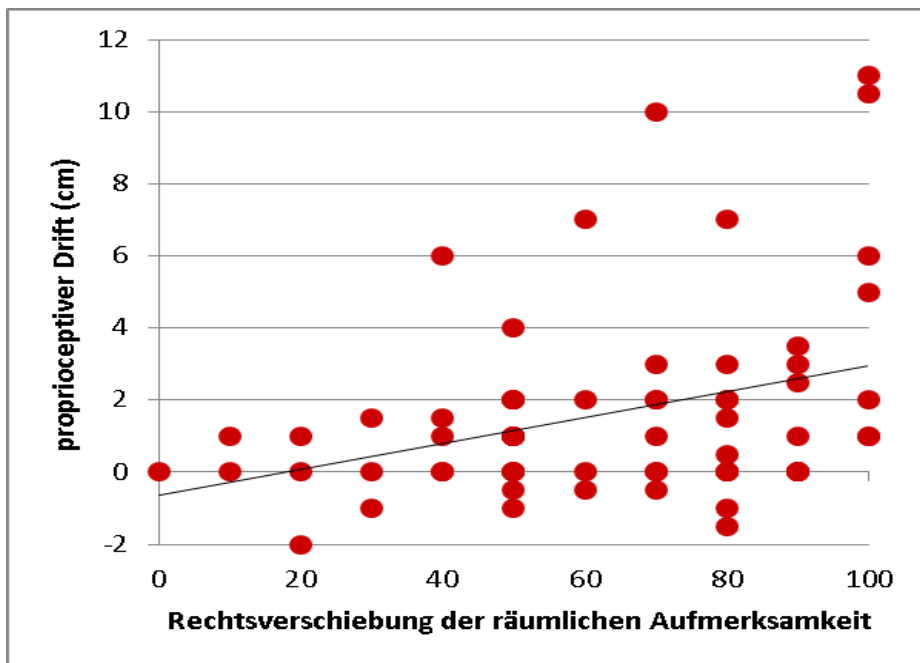


Abbildung 13: Korrelation des propriozeptiven Drifts nach synchroner Stimulation der linken Hand mit dem milden Hemineglect (Probanden)

3.2 Ergebnisse der Patienten mit CBS

3.2.1 MDS-UPDRS III

Bei sechs Patienten war die rechte, bei vier die linke Körperhälfte klinisch stärker betroffen. Es waren bis auf das Stadium 0 alle Hoehn-und-Yahr-Stadien vertreten. Die erreichten Stadien sowie die Punktzahl im motorischen Teil des MDS-UPDRS-Scores zeigt Tabelle 7. Je höher der Summenwert ist, desto stärker sind die Symptome der Patienten ausgeprägt.

Tabelle 7: Klinische Scores und Seitenbetonung (Patienten)

	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
Hoehn und Yahr	1	2	4	5	2	4	3	2	2	3
MDS-UPDRS III	37	20	39	93	43	60	51	32	17	29
Stärker betr. Seite	L	L	R	L	L	R	R	R	R	R

3.2.2 PANDA-Test und Uhrentest

Der PANDA-Test zeigte mit einer Ausnahme bei allen Patienten sehr niedrige Testergebnisse bezüglich der Kognition (Tabelle 7). Im Mittel erreichten die Patienten einen Wert von 12 Punkten (Standardabweichung: 3,9 Punkte).

Tabelle 8: PANDA-Kognition (Patienten)

Gesamtwert PANDA-Kognition	bis 14	15-17	ab 18
Anzahl der Patienten	8 (80%)	1 (10%)	1 (10%)

Abbildung 14 zeigt die Verteilung der Punktwerte der Patienten nach Häufigkeit.

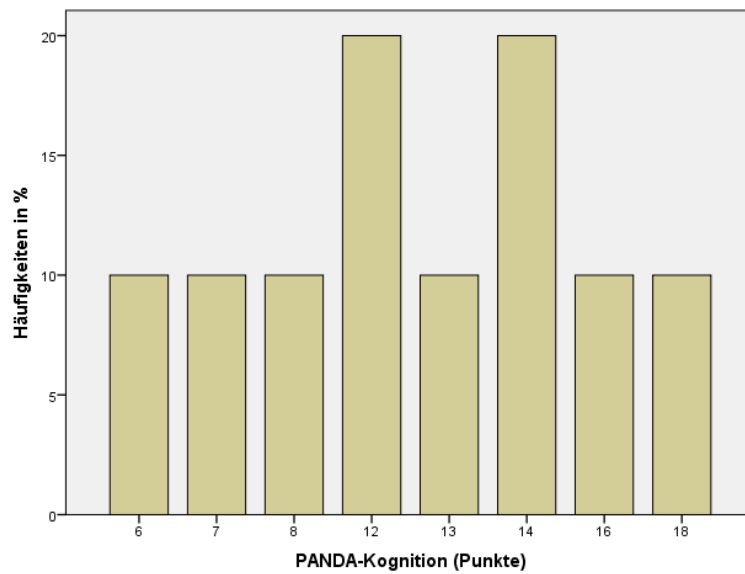


Abbildung 14: PANDA-Kognition (Patienten)

Bei vier von zehn Patienten zeigte der Test zudem eine mögliche depressive Stimmungslage an (Tabelle 9).

Tabelle 9: Ergebnisse PANDA-Stimmung (Patienten)

Gesamtwert PANDA-Stimmung	0-4	5-9
Anzahl der Patienten	6 (60%)	4 (40%)

Ähnliche Ergebnisse bezüglich der Kognition lieferte auch der Uhrentest (Tabelle 10). Ein Patient konnte nicht mehr schreiben, sodass der Uhrentest nicht ausgeführt werden konnte.

Tabelle 10: Ergebnisse Uhrentest (Patienten)

Score Uhrentest	1	2	3	4	5	6
Anzahl der Patienten	3 (30%)	3 (30%)	2 (20%)	1 (10%)	0	0

3.2.3 Händigkeit (modifiziertes Edinburgh Handedness Inventory)

Bei den Patienten lag der Anteil der Rechtshänder bei 90%. Ein Patient sei bis zum Beginn seiner Erkrankung ambidexter gewesen, er mache nun jegliche Tätigkeit mit der linken Hand.

3.2.4 Extrapersonaler Neglect

3.2.4.1 Letter cancellation task

Von den 10 Patienten mit CBS war bei einem Patienten das Stadium der Krankheit schon so fortgeschritten, dass kein selbstständiges Verwenden eines Stiftes mehr möglich war. So konnte der Letter-Cancellation-Test lediglich bei 9 Patienten durchgeführt werden. Jeweils ein Patient fand 60, 58 und 54 Targets, drei fanden 59 und drei weitere 56 Targets (Tabelle 11).

Tabelle 11: Ergebnisse des Letter cancellation task (Patienten)

Anzahl der gefundenen Targets	60	59	58	56	54
Patienten	1 (10%)	3 (30%)	1 (10%)	3 (30%)	1 (10%)

Entsprechend der geringen Fehlerrate ergaben sich auch bei den Patienten nur geringe Abweichungen des CoC von 0 (Abbildung 15).

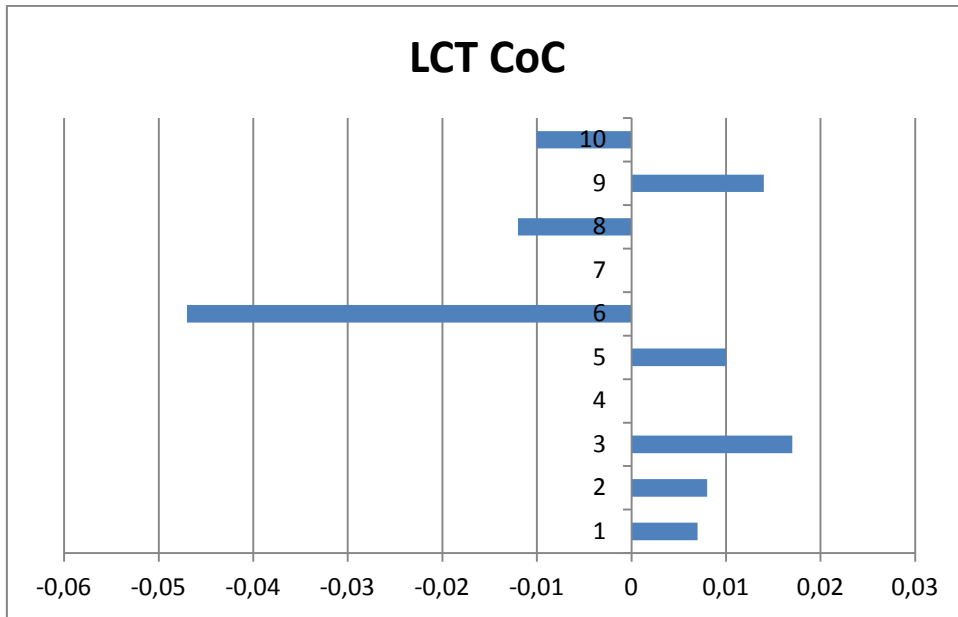


Abbildung 15: Ergebnisse des CoC (Patienten)

3.2.4.2 Landmark task

Das nachfolgende Diagramm zeigt die Häufigkeit von Schätzungen „linkes Segment kleiner“ sowie die dazugehörige betonte Körperhälfte (Abbildung 16).

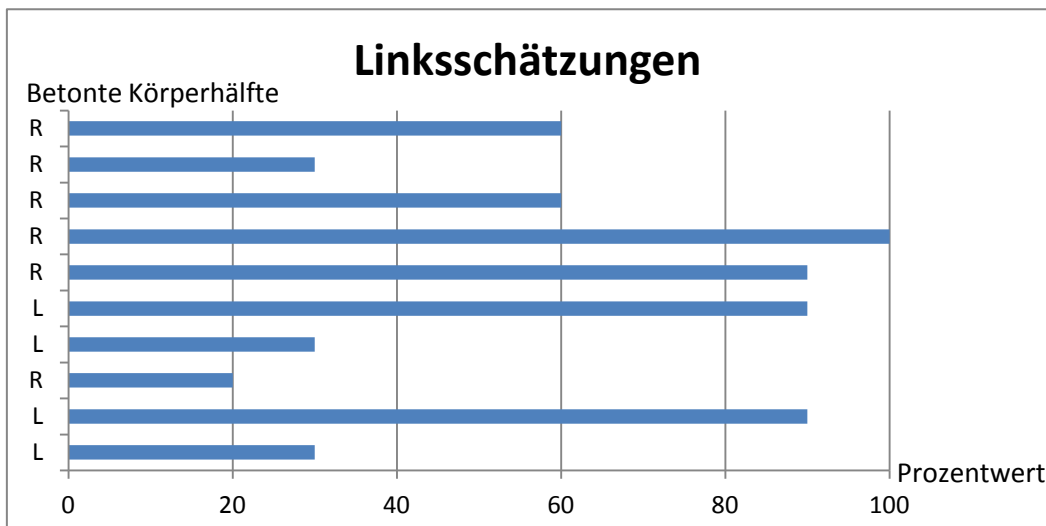


Abbildung 16: Linksschätzungen (einzelne Patienten)

Entlang der y-Achse sind die Patienten mit der jeweils betonten Körperhälfte aufgeführt, die x-Achse zeigt den prozentualen Anteil der Linksschätzungen bei den genau mittig geteilten Linien. Ein Zusammenhang zwischen stärker betroffener Körperhälfte und Raumwahrnehmung stellt sich hier nicht dar.

3.2.5 Körperselbstgefühl (KSG)

Schon während der Untersuchung fiel bei einigen Patienten auf, dass das Körpergefühl beeinträchtigt ist. Auch im Vorgespräch beschrieben die Patienten oft schon einige der im Fragebogen geprüften Symptome.

Die Aussage, dass sie zur Zeit manchmal nicht wüssten, wo sich einer ihrer Arme befände, beantworteten bis auf einen Patienten alle mit "niemals". Die Frage nach der Körperseite, die dem Patienten eventuell fremd vorkomme, beantworteten 3 Patienten mit "oft", wobei die Seite immer der von der Erkrankung beeinträchtigten Körperseite entsprach. Ein Fremdheitsgefühl in den Armen, als ob dieser nicht zum Patienten gehören würde, wurde von zwei Patienten mit "oft" beantwortet, auch hier entsprach die Antwort der betonten Körperhälfte.

Interessanterweise wurde von allen Patienten die rechte Hand als zu 100%-ig zugehörig angegeben, auch bei denjenigen, die rechtsbetont erkrankt waren. Demgegenüber gaben zwei Patienten an, ihre linke Hand zum Untersuchungszeitpunkt als nicht zugehörig zu empfinden.

3.2.6 Puppenhandillusion (PHI)

Im Hinblick auf die subjektiven Rückmeldungen mittels Fragebogen war die PHI bei den CBS-Patienten schwieriger auszulösen als bei den gesunden Probanden. Fünf Patienten erlebten die PHI nach eigenen Angaben überhaupt nicht, einer teilweise und drei bejahten sie. Ein Patient konnte auf die Fragebögen nicht antworten, obwohl er in der Lage war, alle anderen Fragebögen zu bearbeiten.

3.2.6.1 Propriozeptiver Drift

Die Driftwerte deuten darauf hin, dass bei 7 Patienten eine PHI zumindest „unbewusst“ vorhanden war. Insgesamt konnte auf der linken Seite ein stärkerer Drift beobachtet werden als auf der rechten. Wegen der geringen Fallzahl ist eine statistische Aussage über den Zusammenhang mit der stärker betroffenen Körperhälfte hier nicht möglich.

Nachfolgende Abbildung 17 zeigt die geschätzten Positionen des Mittelfingers in Bezug zur tatsächlichen Position, der blaue Balken zeigt die Position vor, der rote die Position nach einem zweiminütigen Versuchsdurchlauf.

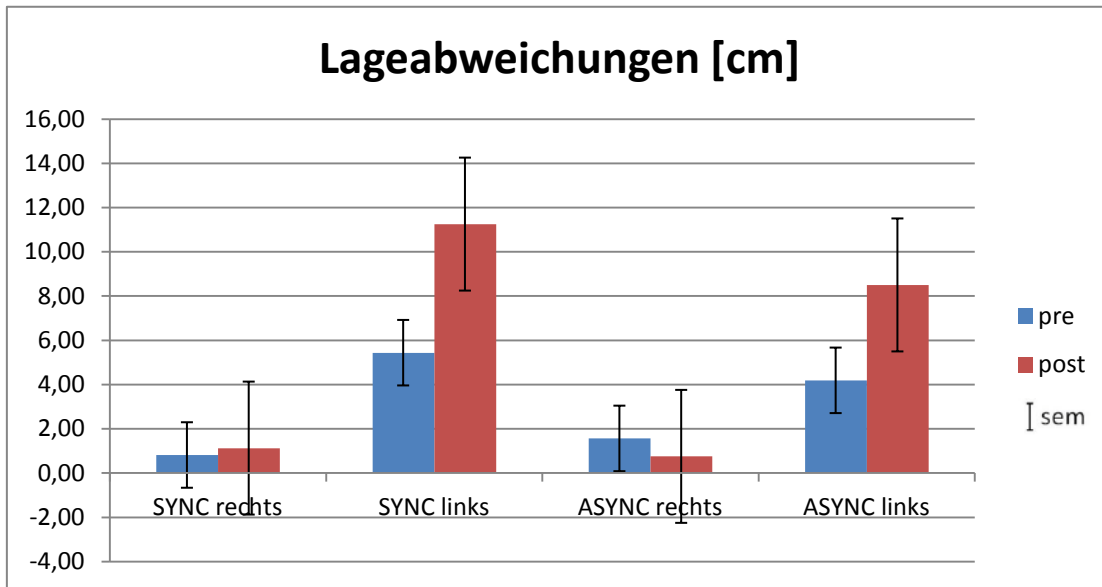


Abbildung 17: Lageabweichungen beim Schätzen (Patienten)

In der unteren Grafik, die den propriozeptiven Drift zeigt, werden die Unterschiede im Vergleich zur Kontrollgruppe sehr deutlich (Abbildung 18). Während bei den gesunden gleichaltrigen Probanden erwartungsgemäß wesentlich höhere Driftwerte bei der synchronen im Vergleich zur asynchronen Stimulation erreicht wurden (vgl. Abb. 10), ließ sich der propriozeptive Drift bei den Patienten sowohl bei der synchronen wie auch bei der asynchronen Stimulation im Durchschnitt fast nur linksseitig auslösen.

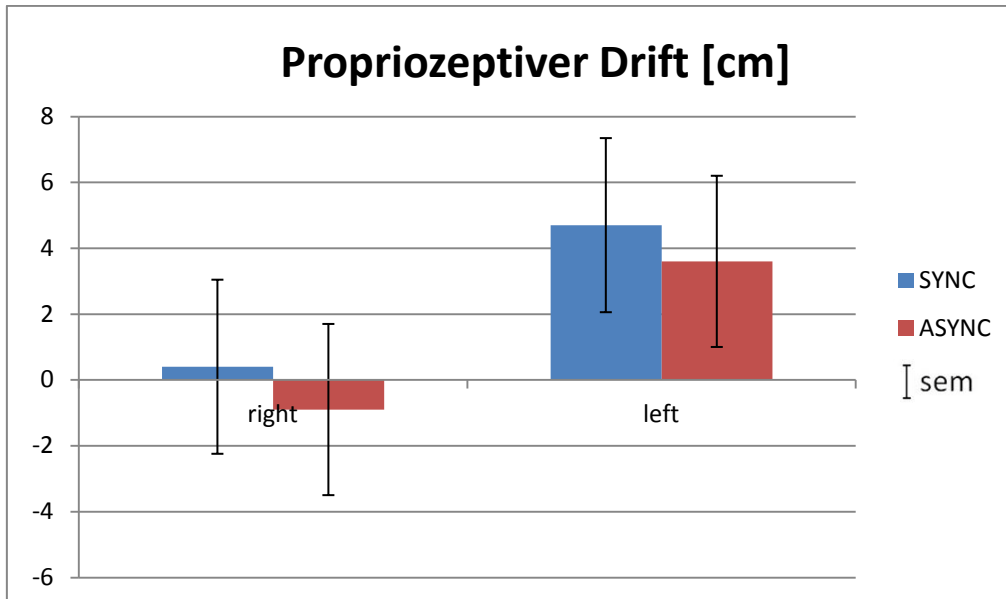


Abbildung 18: Propriozeptiver Drift (Patienten)

Die relativ großen Fehlerbalken zeigen die hohe Messunsicherheit aufgrund der geringen Anzahl an Patienten.

3.2.6.2 PHI-Fragebogen

Ein Patient sah sich nicht in der Lage, die PHI-Fragebögen zu beantworten. Bei allen anderen Patienten gab es klare Hinweise darauf, dass die Fragen auch verstanden wurden, da sie Verständnisfragen adäquat beantworteten. Abbildung 19 gibt die normalisierten Mittelwerte der Fragen 1-3 wieder.

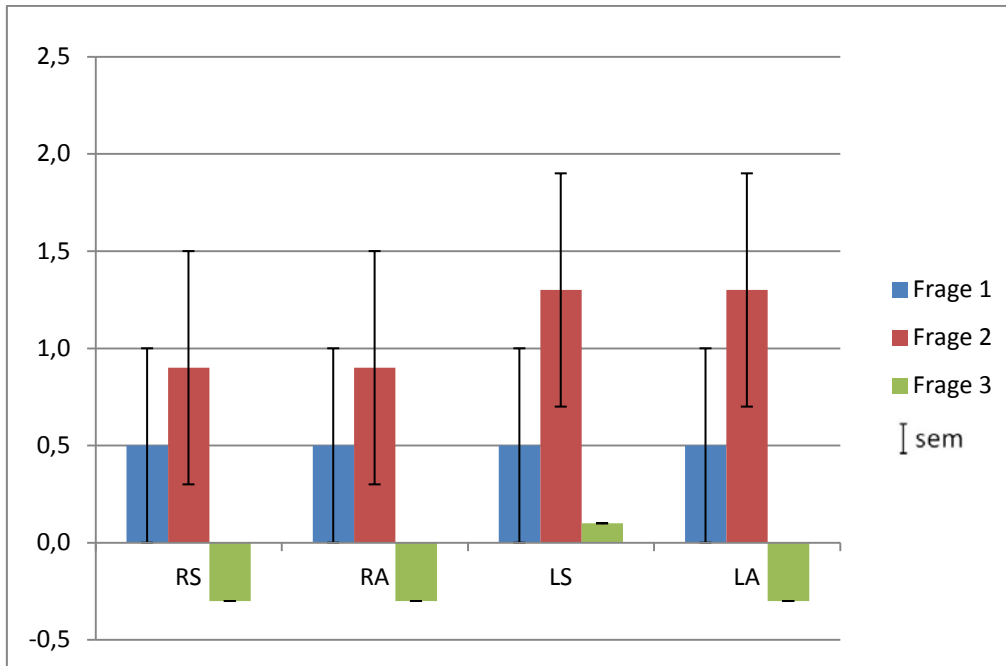


Abbildung 19: Mittelwerte der Fragen 1-3 (Patienten)

Frage 1: Es schien so, als würde ich die Berührung des Pinsels dort fühlen, wo er sichtbar die Puppenhand berührte.

Frage 2: Es schien so, als ob die Berührung, die ich fühlte, durch den Pinsel hervorgerufen wurde, der die Puppenhand berührte.

Frage 3: Es fühlte sich so an, als ob die Puppenhand meine eigene wäre.

Zu erkennen ist einerseits, dass die Beantwortung weitgehend unabhängig davon ist, ob synchron oder asynchron stimuliert wurde. Andererseits scheint eine schwache Tendenz dahin gehend zu bestehen, dass die PHI auf der linken Seite besser ausgelöst werden kann. Dies kommt bei Zusammenfassung der relevanten Fragen im „Illusionsscore“ etwas deutlicher zur Darstellung (Abbildung 20).

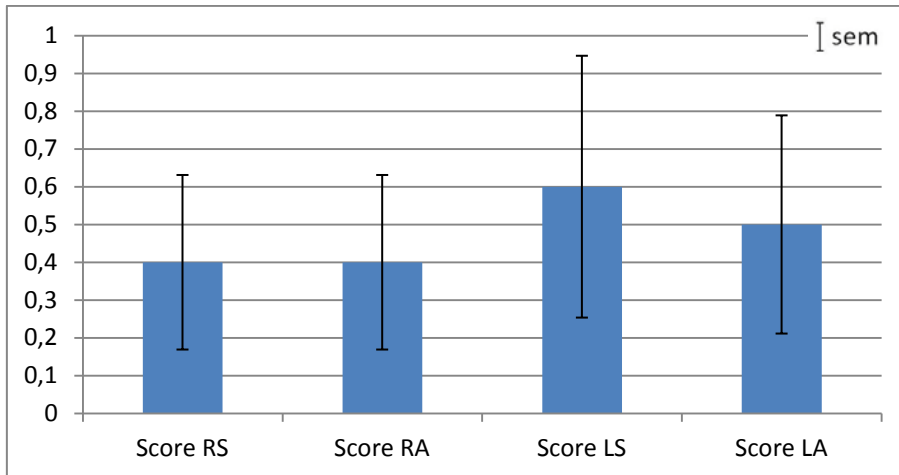


Abbildung 20: Illusionsscore (Patienten)

3.2.7 Zusammenhang von Neglect und PHI bei Patienten mit CBS, möglicher Zusammenhang mit der Erkrankung

Soweit unter Einschränkung der kleinen Fallzahl beurteilbar, fanden sich bei den CBS-Patienten keine Korrelationen zwischen dem Neglect und der PHI. Statistisch zu untermauernde Rückschlüsse auf einen Zusammenhang mit der klinisch stärker betroffenen Körperhälfte waren nicht möglich.

4 Diskussion

4.1 Daten älterer Probanden ohne neurologische Vorerkrankung

4.1.1 Kognition und Affekt

In unserem Kollektiv von 65 älteren Probanden (durchschnittliches Alter 73,9 +/- 7,7 Jahre) ohne neurologische Vorerkrankung erbrachte der PANDA-Test bei 81,5 % keine Hinweise auf eine kognitive Störung. Bei 12,3 % zeigte der Test eine wahrscheinliche Demenz an, bei 6,2 % ein sog. mildes kognitives Defizit (MCI). Der Mittelwert des PANDA-Scores lag bei 21,7 Punkten (SD 5,0 Punkte). Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus anderen Studien, beispielsweise Gasser et al., 2011, wo gesunde Probanden mit einem Durchschnittsalter von etwa 60 Jahren im Mittel einen PANDA-Score von 23,9 (SD 4,9) Punkten erzielten. Das Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung fasst die Altersspezifischen Prävalenzraten der Demenz in Deutschland mit folgender Grafik zusammen (Abbildung 21).

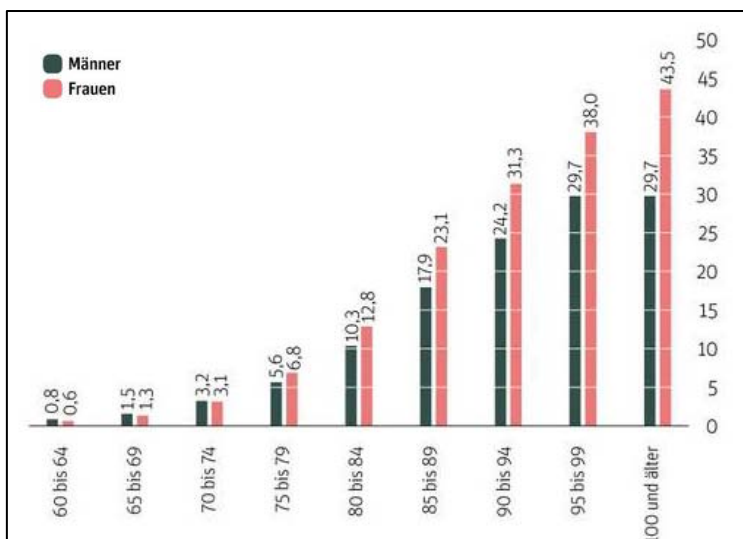


Abbildung 21: Altersspezifische Prävalenzraten der Demenz in Deutschland in Prozent nach Geschlecht (Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung, 2009)

Da es sich hierbei um die Prävalenz klinisch bestätigter Demenzen handelt, der PANDA-Test hingegen lediglich eine „wahrscheinliche dementielle Symptomatik“ anzeigt, ist der höhere Prozentwert in unserer Studie gut mit diesen Daten vereinbar.

Die Ergebnisse des Uhrentests spiegeln den Befund im PANDA-Test wider, denn auch hier zeigten 80% der Probanden keine kognitiven Einschränkungen. Im Schnitt wurde ein Score von 1,4 (SD 0,8) erreicht. Milian et al. fanden in ihrem Kollektiv 64 gesunder Probanden einen durchschnittlichen Score von 1,2 (SD 0,5), wobei das Durchschnittsalter mit $72,0 \pm 10,2$ Jahren gut mit dem in unserer Gruppe vergleichbar ist (Milian et al., 2012).

Für das milde kognitive Defizit (MCI) werden in epidemiologischen Studien eine Spannweite von 3%-19% bei Menschen über 65 Jahren angegeben (Gauthier et al., 2006), innerhalb dieses Bereiches liegt der in unserem Kollektiv ermittelte Wert von 6,2%.

Eine wahrscheinlich depressive Stimmungslage zeigte der zweite Teil des PANDA-Tests bei 7,7% der Probanden an. Hierzu gibt es in der Literatur ganz unterschiedliche Vergleichswerte, beispielsweise 11,9% für den Wert "Irgend-eine affektive Störung" für die erwachsene Allgemeinbevölkerung im Jahr 1998/99 (Jacobi et al., 2004). Die Berliner Altersstudie (Lindenberger et al., 2010) gibt eine Häufigkeit von 27% für eine Minor Depression und 5% für eine Major Depression im Alter an. Ähnliche Werte lassen sich aus der Kurzversion der S1-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde entnehmen: die Punktprävalenz aller depressiven Störungen liegt bei über 10%, die schwerer, behandlungsbedürftiger Depressionen bei 2-7%, beide Werte sind als altersunabhängig zu betrachten. Schließlich fanden Weyerer et al. (2008) in einer sehr großen Studie mit 3327 über 75-jährigen Probanden bei einem Durchschnittsalter von 80,2 Jahren (SD = 3,6 Jahre) eine Prävalenz der Depression von 9,7%.

Zusammengefasst zeigen die durchgeführten orientierenden Tests an, dass im untersuchten Kollektiv älterer Probanden eine dem Altersmaß entsprechende Prävalenz kognitiver bzw. depressiver Symptome vorliegt.

4.1.2 Händigkeit

In unserem Kollektiv befanden sich 93,8% Rechtshänder, in absoluten Zahlen waren das 61 Personen. Es gab einen reinen Linkshänder, drei Personen waren ambidexter. Eine mögliche Erklärung für den überaus großen Anteil der Rechtshänder könnte die bis in die 1970-er Jahre reichende Praxis des "Umerziehens" von Linkshändern sein. In der Literatur werden für die Normalbevölkerung höchst unterschiedliche Werte angegeben. Eine Untersuchung des Arbeitsamts Wilhelmshaven geht von einem Anteil von Linkshändern von 22,2% aus (Sattler, 2008). Corballis (2003) beschreibt einen ungefähren Anteil von 90% für Rechtshänder. Die Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin gibt den Anteil an Linkshändern mit 10 - 15% an. Allen Erhebungen gemeinsam ist also, dass der Anteil der Linkshänder bei mindestens 10% und in der jüngeren Bevölkerung deutlich höher liegt als in dem von uns untersuchten älteren Probandenkollektiv.

4.1.3 Extrapersonaler Neglect

Um eine mögliche Asymmetrie der Raumwahrnehmung zu erfassen, verwendeten wir zwei Methoden – den Letter cancellation task als einen einfachen Papier-Bleistift-Test und den Milner landmark task, bei dem die vermeintliche Asymmetrie einer mittig geteilten Linie geschätzt werden muss.

4.1.3.1 Letter cancellation task

Im Letter cancellation task kam es bei den gesunden Probanden zu einer verschwindend geringen Anzahl an Auslassungen, so dass der Test keinen Anhalt für eine Asymmetrie der Raumwahrnehmung bot.

4.1.3.2 Landmark task

Beim Landmark task errechnet sich für die Probandengruppe ein Wert von $63,4\% \pm 25,7\%$ für die Schätzung, dass der linke Linienanteil kürzer ist als der rechte, was für einen relativen Hemineglect nach links spricht. Auch Fujii et al. (1995) konnten mittels eines Line-bisection-Tasks zeigen, dass ältere Menschen einen relativen Hemineglect nach links aufweisen. Dies scheint der land-

läufigen Erwartung eines sog. Pseudoneglectes nach rechts in der gesunden Normalbevölkerung, wie erstmals 1980 von Bowers und Heilman gezeigt, zu widersprechen. Unter dem Begriff „Pseudoneglect“ versteht man hierbei die Tendenz, die Aufmerksamkeit eher nach links als nach rechts zu lenken. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die meisten bisherigen Studien in jüngeren Probandengruppen, zumeist Studenten (Jewell, McCourt, 2000), aber auch Vorschulkindern (Bradshaw et al., 1987) durchgeführt wurden, während aktuellere Untersuchungen klar darauf hinweisen, dass sich die Asymmetrie der räumlichen Wahrnehmung im Laufe des Lebens von links zugunsten rechts verschiebt. Dies zeigte sich beispielsweise in einer Studie von Benwell et al. (2014) mit zwei Probandengruppen, einer jüngeren Gruppe mit gesunden Erwachsenen zwischen 18 und 31 Jahren und einer weiteren, deren Probanden 60 - 77 Jahre alt waren. Es wurde eine Bildschirmversion des Landmark tasks verwendet. Während die jungen Probanden eine Bevorzugung der linken Seite, also einen Pseudoneglect nach rechts zeigten, war dies in der Gruppe der älteren genau entgegengesetzt. Es gibt verschiedene Erklärungsansätze, warum sich die Asymmetrie der räumlichen Wahrnehmung im Laufe des Älterwerdens umdreht. Es könnte sein, dass eine erhöhte funktionelle Rekrutierung der linken Hemisphäre für räumlich-visuelle Informationsverarbeitung die Wahrnehmung verstärkt auf die rechte Seite wechseln lässt, während eine andere Erklärung, die auch Harold-Modell genannt wird, besagt, dass die rechte Hemisphäre schneller altert. Aus einer früheren Studien von Benwell et al. (2013a) ergibt sich eine dritte Hypothese: Da nach einem einstündigen Landmark task junge Probanden den gleichen Rechtsshift in der Wahrnehmung zeigten wie in der neueren Studie (Benwell et al., 2014) die Älteren, erscheint auch denkbar, dass eine chronisch niedrigere Wachsamkeit beim älteren Menschen zu einer Reduktion in der funktionellen Interaktion zwischen den vorderen und hinteren Anteilen der rechten Hemisphäre führt (Benwell et al., 2014).

Im Vergleich der beiden Testverfahren fällt auf, dass der Landmark task ein signifikantes Ergebnis erbrachte, wohingegen der Letter cancellation task keinen Hinweis auf eine ungleiche Raumwahrnehmung zeigte. Dies liegt an der vergleichsweise niedrigen Sensitivität des CoC bezüglich eines leichtgradigen

Hemi- bzw. Pseudoneglects. Bei den gesunden Probanden liegt kein krankhafter Neglect vor, der einen bestimmten Raumteil ausspart, sondern nur eine diskrete Asymmetrie der Raum- bzw. Objektwahrnehmung. Genau diese wird jedoch beim Landmark task aufgegriffen, der durch die schnelle Schätzung eines nicht vorhandenen Unterschiedes der Linienabschnitte selbst minimal erscheinende Wahrnehmungsunterschiede erfasst.

4.1.4 Körperselbstgefühl (KSG)

Beim Blick auf unsere Hände oder bei Berührung derselben spüren wir, ohne darüber nachzudenken, dass sie Teil unseres Körpers sind (Ehrsson, Holmes, 2005). Es sind viele unbewusste neuronale Vorgänge notwendig, dass dies so selbstverständlich erscheint. Dennoch scheinen Störungen des spontanen Selbstgefühls in der Normalbevölkerung sehr selten zu sein. Bis auf zwei Probanden beantworteten alle die Fragebögen zum Körperselbstgefühl ohne Hinweis auf eine Störung in diesem Bereich. Ein Patient gab an, gelegentlich nicht zu wissen, wo sich einer seiner Arme befinde, ein weiterer empfand seine linke Hand nur zu 80% als zu ihm zugehörig. Das KSG scheint also bei gesunden Älteren ein sehr stabiles Gebilde zu sein, das verschiedene Sinnesmodalitäten beinhaltet. Die Störung einer der Modalitäten kann offenbar gut kompensiert werden. Haggard und Wolpert (2005) haben in einem Review verschiedene Qualitäten zusammengefasst, welche die Vielfalt der Eigenschaften des Körperselbstgefühls zeigen: Es ist räumlich kodiert, es zeigt die Stellung und Konfiguration des Körpers im Raum, eine Berührung kann also im Raum geortet werden. Es ist modular organisiert, jedes Körperteil hat eigene Segmente, die in Netzwerken zusammenschaltet den gesamten Körper abbilden. Bei jeder Bewegung wird das KSG aktualisiert. Da sich der Körper im Laufe des Lebens ändert, ist das KSG adaptierbar. Darüber hinaus können auch neue, sogar körperfremde Teile, wie beispielsweise Werkzeuge, ins KSG mit einbezogen werden. Es wurde bereits in der Einleitung über die verschiedenen Sinneseindrücke gesprochen, die zusammen zum KSG führen (Propriozeption, visuelle und taktile Informationen). Passen diese Sinneseindrücke nicht zusammen, scheinen Unstimmigkeiten so moduliert zu werden, dass sich wieder ein kohärentes

Bild ergibt und intersensorische Diskrepanzen aufgelöst werden. Schließlich ist das KSG auch interpersonal, indem auch der Körper anderer Menschen repräsentiert wird (Haggard, Wolpert, 2005).

4.1.5 Puppenhandillusion (PHI)

Es ist immer schwierig, ein Gefühl zu quantifizieren, noch schwieriger wird es bei einem uns unbekanntem oder neuem Gefühl. Die Anforderungen einer wissenschaftlich-objektiven Herangehensweise stoßen bei der Messung von Emotionen bzw. rein subjektiven Wahrnehmungen an ihre Grenzen. Für die Erfassung der PHI standen im Rahmen dieser Arbeit drei Quellen zur Verfügung. In zunehmendem Objektivitätsgrad waren dies: (i) Eine freie Äußerung zum Erlebten unmittelbar nach dem Versuch, (ii) einen Fragebogen mit drei direkten Fragen zur PHI und sechs weiteren Kontrollfragen sowie (iii) eine Driftmessung der gefühlten Position des Mittelfingers, welche durch eine sich verändernde Skala und eine schwarze, einheitliche Fläche ohne Orientierungsmarken so wenig beeinflussbar wie möglich gestaltet wurde.

Die freie Äußerung geschah meistens spontan, sodass kein Nachfragen notwendig war. In seltenen Fällen wurden die Probanden am Ende eines Durchganges gefragt, was sie bezüglich der Puppenhand spürten oder nicht spürten. Von den gesunden Probanden gaben 67,7% im Gespräch an, eine PHI verspürt zu haben. Auffällig war, dass einige der Probanden zwar in der freien Rückmeldung das Erleben einer PHI beschrieben, die betreffenden Fragen im Fragebogen aber nicht so ankreuzten. Normalerweise beruht die Attestierung einer gefühlten PHI auf der Beantwortung der Fragen 1-3 aus dem PHI-Fragebogen. Frage 3, "Es fühlte sich so an, als ob die Puppenhand meine eigene wäre", wurde beispielsweise rechtsseitig von 32 Probanden positiv beantwortet (49,2%), linksseitig von 30 Probanden (46,2%). Im Laufe der Untersuchung festigte sich der Eindruck, dass einige Ältere diese Fragen nicht positiv beantworteten, obwohl sie eine PHI spürten, sei es aus der inneren Überzeugung heraus, dass nicht sein kann, was eigentlich nicht geht, eventuell auch aus der Sorge heraus, nicht mehr für geistig fit gehalten zu werden.

In einer ähnlichen Studie (Zeller, Gross, 2010) wurde bei älteren Personen ein Response-Wert von 86,6%, basierend auf einer positiven Beantwortung der Frage 3 desselben Fragebogens, gefunden, jedoch wurde die PHI vertikal durchgeführt, die Puppenhand befand sich also über der eigenen Hand. In unserem Versuchsaufbau sollte die PHI über den Drift auch objektiv quantifiziert werden, was bei horizontaler Anordnung wegen des Wegfalls eines möglichen Schwereinflusses besser möglich ist. Dass die PHI vertikal leichter auszulösen ist als horizontal, ist auch aus weiteren Studien bekannt. Bekrater-Bodmann (2012) konnten dies in einer Studie mit 46 Teilnehmern zwischen 19 und 44 Jahren zeigen: alle untersuchten Parameter des Embodiments waren in der vertikalen Anordnung signifikant höher als in der horizontalen. Die Inkongruenz zwischen der gefühlten und gesehene Position scheint in der vertikalen Anordnung kleiner zu sein als in der horizontalen. Außerdem scheint eine vertikale Anordnung die Schätzung der wahren Position der eigenen Hand zu erschweren, sodass die Puppenhand leichter in das eigene Körperschema integriert werden kann. Die Ergebnisse zeigen auch, dass die unterschiedliche Positionierung eher einen quantitativen als einen qualitativen Unterschied in der PHI bewirkt (Bekrater-Bodmann et al., 2012).

Die Zusammenfassung der Antworten des PHI-Fragebogens spiegeln die bislang gefundenen Ergebnisse wieder. Der subjektive Illusionsscore (Mittelwerte der Fragen 1-3) lag bei der synchronen Stimulation (rechts: 1,1, links: 0,8) deutlich über den Werten der asynchronen Stimulation (rechts: -0,1, links: 0). Wold et al. (2014) konnten zeigen, dass eine transkranielle Magnetstimulation (rTMS) den propriozeptiven Drift deutlich verstärkt. Die in dieser Studie erhobenen Werte vor der rTMS können als Vergleichswerte herangezogen werden: Wold et al. fanden einen Drift von 2,02 cm (0,93) für die synchrone und 1,06 (1,02) für die asynchrone Stimulation. Allerdings wurden Probanden aus der Studie ausgeschlossen, bei denen keine PHI auszulösen war. Unsere Driftwerte lagen insgesamt niedriger, sowohl für die synchrone als auch die asynchrone Stimulation. In unsere Berechnungen flossen jedoch die Daten sämtlicher neurologisch gesunder Probanden ein. Nachfolgende Tabelle 12 zeigt die Werte im Vergleich.

Tabelle 12: Vergleich der Driftwerte mit Botvinick, Cohen (1998) und Wold et al. (2014) (Drift in cm; Standardabweichung in Klammern, soweit publiziert)

	Botvinick & Cohen (1998)	Wold et al. (2014)	Eigene Werte rechts	Eigene Werte links
Sync	2,3	2,02 (0,93)	1,4 (2,0)	1,7 (2,7)
Async	1,3	1,06 (1,02)	0,5 (1,8)	0,6 (1,7)

Die Entdecker der PHI, Botvinick und Cohen (1998), konnten in den ersten Versuchen zeigen, dass der Drift umso größer wurde, je länger die Illusion aufrechterhalten wurde. Der Unterschied der erhobenen Driftwerte zwischen synchroner und asynchroner Stimulation betrug 1,0 cm (2,3 cm bei synchroner und 1,3 cm bei asynchroner Stimulation), was sich sehr gut mit unseren Ergebnissen deckt. Weiterhin konnte in einer anderen Studie gezeigt werden, dass die Stimuli der beiden Hände innerhalb von 300 ms stattfinden müssen, um eine PHI zu induzieren, auch die hier gefundenen Driftwerte sind mit unseren vergleichbar (Mittelwert des Drifts, Standardabweichung, Verzögerte Stimulation: 1,10 cm, 2,28 cm, 100 ms; 1,50 cm, 1,98 cm, 200 ms; 1,34 cm, 1,81 cm, 300 ms) (Shimada et al., 2009).

4.1.6 Zusammenhang von Raumwahrnehmung und PHI

Weder in der subjektiven noch in der objektiven Messung der PHI konnte eine Lateralisation zu einer Seite festgestellt werden. Wir konnten jedoch eine mäßiggradige, aber signifikante Korrelation zwischen dem propriozeptiven Drift der linken Hand bei synchroner Stimulation und dem relativen Neglect im Landmark task finden ($r=0,340$; $p=0,006$; Abbildung 13), sodass die asymmetrische Raumwahrnehmung das Embodiment im Sinne der Puppenhandillusion beeinflussen dürfte. Eine alternative Erklärung für die Assoziation könnte sein, dass die visuelle Abschätzung der tatsächlichen Handposition, wie zur Ermittlung des propriozeptiven Drifts üblich, durch die Asymmetrie der räumlichen Wahrnehmung beeinflusst wurde.

Die von uns untersuchte Kontrollgruppe ist in den demographischen Aspekten repräsentativ für diese Altersgruppe. Die Überprüfung der Kognition lieferte nur wenig signifikante Unterschiede zu anderen Gruppen mit einer ähnlichen Altersstruktur. Der Anteil der Depressionserkrankungen wird in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben, unser Wert liegt innerhalb dieser Grenzen allerdings eher im unteren Bereich. Ein Grund dafür könnte die Rekrutierung der Probanden sein, die zum großen Teil aus Mitgliedern von Kirchenchören sowie aktiven Mitgliedern verschiedener Kirchengemeinden erfolgte, die sozial eingebunden und engagiert waren und daher nicht an Einsamkeit litten. Der Anteil der Rechtshänder in unserer Gruppe liegt im für diese Altersgruppe erwarteten Bereich.

4.2 Daten von Patienten mit kortikobasalem Syndrom (CBS)

4.2.1 Kognition und Affekt

Die Testergebnisse des PANDA-Tests unterschieden sich stark von denen der Probanden. Während bei den Probanden überwiegend keine kognitiven Einschränkungen festgestellt werden konnten, boten die Ergebnisse der Patienten deutliche Hinweise auf eine kognitive Beeinträchtigung (Tabelle 13).

Tabelle 13: Ergebnisse PANDA-Kognition (Probanden und Patienten)

Gesamtwert PANDA-Kognition	bis 14	15-17	ab 18
Beurteilung	Wahrscheinl. Demenz	Milde kognitive Dysfunktion	Kein Hinweis auf kognitive Störungen
Anzahl der Pat.(Anteil)	8 (80%)	1 (10%)	1 (10%)
Anzahl der Prob. (Anteil)	8 (12,3%)	4 (6,2%)	53 (81,5%)

Die Ergebnisse des Uhrentests sind mit denen des PANDA vergleichbar und zeigen ebenfalls eine höhere Prävalenz von kognitiver Beeinträchtigung in der Patientengruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe an.

Von den 10 Patienten ergab der Test eine wahrscheinliche depressive Stimmungslage bei 4 Patienten (40%), bei den gesunden Probanden zeigte sich dies nur bei 7,7%. Gleichwohl ist, wie bereits aufgeführt, dieser Test kritisch zu bewerten, da sich mit drei Fragen keineswegs eine Diagnose, sondern nur eine diagnostische Richtung ergeben kann.

4.2.2 Händigkeit

Unter den Patienten waren 90% Rechtshänder, vergleichbar mit dem Anteil unter den Probanden von 93,8%.

4.2.3 Extrapersonaler Neglect

4.2.3.1 Letter cancellation task

Wie bereits bei den gesunden Probanden, so fanden sich auch bei den Patienten nur geringe Abweichungen des CoC von 0. Ein Patient konnte diesen Test nicht machen, da schreiben nicht mehr möglich war. Ein Zusammenhang zwischen dem Letter cancellation task und anderen Ergebnissen konnte nicht gefunden werden.

4.2.3.2 Landmark task

An dieser Untersuchung zur Raumwahrnehmung konnten alle Patienten teilnehmen. Formal errechnete sich für die Patientengruppe ein Wert von $60\% \pm 30,9\%$ für die Schätzung, dass der linke Linienanteil kürzer ist als der rechte, was ähnlich den gesunden Probanden für einen relativen Hemineglect nach links spricht, aufgrund der geringen Gruppengröße jedoch statistisch nicht signifikant ist.

4.2.4 Körperselbstgefühl (KSG)

Während sich bei nahezu allen gesunden Probanden ein normales spontanes Körperselbstgefühl (KSG) ergab, waren mehrere CBS-Patienten in diesem Bereich beeinträchtigt. Der Fragebogen zum KSG zeigte bei vier von den zehn Patienten ein auffälliges Ergebnis, hiervon lag bei drei Patienten eine linksbetonte Symptomatik vor. Vor dem Hintergrund, dass das „Alien-limb“-Phänomen ein häufig zu beobachtendes Symptom im Rahmen eines CBS darstellt, ist die erhöhte Prävalenz einer spontanen Störung des Körperselbstgefühls nicht verwunderlich.

4.2.5 Puppenhandillusion (PHI)

Die Puppenhandillusion war insgesamt bei den Patienten schwieriger auszulösen als bei den Kontrollprobanden. Basierend auf der freien verbalen Rückmeldung erlebten 30 % der CBS-Patienten eine PHI, während es bei den Kontrollen 67,7% waren. Die Beantwortung des vergleichsweise komplizierteren PHI-Fragebogens ist sicherlich unter der Einschränkung der kognitiven Defizite zu sehen. Eine statistische Auswertung ist angesichts des kleinen Patientenkollektivs und der Varianz nicht sinnvoll.

Der propriozeptive Drift war in der Kontrollgruppe erwartungsgemäß bei der synchronen Stimulation stets größer als bei der asynchronen. In der CBS-Gruppe zeigte sich hingegen der Drift unabhängig von der Stimulationsart an der linken Hand stärker ausgeprägt als an der rechten. Daraus lässt sich folgern, dass bei den CBS-Patienten unabhängig von der Synchronizität der taktilen Stimulation eine erhöhte Bereitschaft besteht, die linke Puppenhand ins Körperbild zu integrieren. Unter Einschränkung der prävalenzbedingt niedrigen Patientenzahl und der kognitiven Defizite ist dieser Befund gut mit einer vorwiegend rechtshemisphärischen Veränderung des multisensorischen Integrationsprozesses infolge der Erkrankung vereinbar.

4.3 Mögliche Bedeutung bei M. Parkinson

Wir untersuchten in dieser Arbeit gesunde Ältere sowie CBS-Patienten, welche zwei höchst unterschiedliche Gruppen darstellen. Die CBS-Patienten waren oft schwer erkrankt, hatten teilweise bereits spontan eine Störung des KSG und waren kognitiv eingeschränkt. Eine dopaminerge Behandlung schlug nicht oder sehr wenig an.

Derzeit läuft eine Weiterführung der hier beschriebenen Untersuchungen bei Patienten mit einer idiopathischen Parkinsonerkrankung. Die dort eingeschlossenen Patienten sind im kognitiven Bereich nicht oder allenfalls milde eingeschränkt, so dass die subjektiven Angaben auf den Fragebögen belastbarer sein werden, als es in der CBS-Gruppe der Fall ist. Darüber hinaus können die Parkinsonpatienten bezüglich der Dopamin-Medikation im On- und Off-Zustand untersucht werden, was Rückschlüsse auf die Rolle der Basalganglien und des dopaminergen Systems bei der Raum- und Körperwahrnehmung ermöglichen könnte.

5 Zusammenfassung

Das Körper selbstgefühl (KSG) bezeichnet das Gefühl, einen bestimmten Körperteil als dem eigenen Körper zugehörig zu empfinden. Es erscheint stabil und nicht stöbar, lässt sich jedoch bei den meisten Menschen experimentell beeinflussen. Ein Beispiel hierfür ist die Puppenhandillusion (PHI), bei der die nicht sichtbare eigene Hand des Probanden und eine sichtbare Plastikhand in gleicher Stellung an den gleichen Fingerstellen synchron mit zwei Pinseln bestrichen wird, wodurch die Wahrnehmung entsteht, die Plastikhand sei die eigene. Veränderungen des KSG können jedoch auch im Rahmen neurodegenerativer Erkrankungen vorkommen. So nimmt beim kortikobasalen Syndrom (CBS) etwa die Hälfte der Patienten im Krankheitsverlauf einen Arm und seine Bewegungen als fremd wahr ("Alien-limb"-Phänomen). Das CBS beginnt oft einseitig und ist durch eine rasch fortschreitende, akinetisch-rigide Parkinson-Symptomatik, aber auch durch kortikale Funktionsstörungen gekennzeichnet, so dass es neben einer Störung des KSG auch zu einer Störung der räumlichen Aufmerksamkeit (Hemineglect) kommt. Bislang wurde der Zusammenhang zwischen Raumwahrnehmung, KSG und PHI bei gesunden älteren Menschen noch nicht systematisch untersucht. Ebenso wenig war bisher bekannt, inwieweit das KSG bei CBS-Patienten durch die PHI modulierbar ist.

Wir untersuchten 65 gesunde ältere Probanden (60 - 90 Jahre) ohne neurologische Vorerkrankungen sowie zehn Patienten zwischen 59 und 77 Jahren mit wahrscheinlichem oder möglichem CBS. Den kognitiven und orientierend seelischen Zustand eruierten wir mit Hilfe des PANDA- und des Uhrentests, die Raumwahrnehmung testeten wir mittels des Milner-Landmark-Tests sowie des Letter-Cancellation-Tests, das spontane Körper selbstgefühl wurde mittels eines Fragebogens erfasst. Der PHI-Versuch wurde mit synchroner sowie asynchroner taktiler Stimulation durchgeführt, das Auftreten eines Selbstgefühls für die Plastikhand wurde subjektiv über spontane Äußerungen und einen etablierten Fragebogen, objektiv über den sog. propriozeptiven Drift der stimulierten Hand erfasst.

Unter den Kontrollprobanden fanden sich 12% mit einer wahrscheinlichen Demenz, wohingegen dies bei 80% der CBS-Patienten der Fall war. Im Milner-Landmark-Test zeigte sich bei den Kontrollprobanden eine Überschätzung des rechten Segmentes einer mittig geteilten Linie, entsprechend einem milden Hemineglect, bei den CBS-Patienten konnte keine einheitliche Tendenz festgestellt werden. Das spontane Körperselbstgefühl stellte sich bei nahezu allen Probanden als intakt dar, während sich bei vier Patienten mit CBS Hinweise auf aktuelle oder intermittierende Störungen desselben ergaben. Die Puppenhandillusion war in der Gruppe gesunder Älterer bei synchroner Stimulation auslösbar, nicht jedoch bei asynchroner Stimulation. Eine Lateralisierungstendenz zeigte sich nicht. Darüber hinaus konnte bei den Probanden eine positive Korrelation zwischen dem propriozeptiven Drift der linken Hand nach synchroner Stimulation und dem Hemineglect nach links gefunden werden. Bei den CBS-Patienten fand sich unabhängig von der Stimulationsart (synchron oder asynchron) eine erhöhte Bereitschaft, die linke Puppenhand ins eigene Körperbild zu integrieren.

Das Auftreten der PHI bei gesunden älteren Probanden ist vergleichbar mit den Daten jüngerer Probandengruppen. Hinweise auf eine hemisphärische Lateralisierungstendenz der PHI ergaben sich nicht, jedoch scheint der in dieser Gruppe festgestellte leichtgradige Hemineglect nach links den multisensorischen Prozess zu beeinflussen, eine künstliche Hand in das eigene Körperschema zu integrieren. Bei den CBS-Patienten war die PHI unabhängig vom Stimulationsmodus links besser auslösbar als rechts, was mit vorwiegend rechtshemisphärischen krankheitsbedingten Veränderungen des multisensorischen Integrationsprozesses vereinbar ist.

6 Literaturverzeichnis

- Amodeo; S., Herrmann, N., Shulman, K. (2014), The Times They Are a-Changin': Clock Drawing and Prediction of Dementia. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 2014, Sagepublications, pp. 1-11
- Armstrong, M., Litvan, I., Lang, A., Bak, T. et al. (2013). Criteria for the diagnosis of corticobasal degeneration. *American Academy of Neurology*, 2013, Volume 80, pp. 496-503
- Bekrater-Bodmann, R., Foell, J., Kamping, S. (2011). The Importance of Ventral Premotor Cortex for Body Ownership Processing. *The Journal of Neuroscience*, June 2011, Volume 31, pp. 9443-9444
- Benwell, C., Thut, G., Grant A., Harvey M. (2014). A rightward shift in visuospatial attention vector with healthy aging. *Frontiers in Aging Neuroscience*, June 2014, Volume 6, Article 113, 1-11
- Bodmann-Bekrater, R., Foell, J., Diers, M., Flor, H. (2012). The perceptual and neuronal stability of the rubber hand illusion across contexts and over time. *Brain Research* 2012, pp. 131 - 139
- Boeve BF., Lang AE., Litvan I. Corticobasal degeneration and its relationship to progressive supranuclear palsy and frontotemporal dementia. (2003) *Ann Neurol* 2003; 54: pp. 15-19
- Botvinick, M. (2004). Probing the Neural Basis of Body Ownership. *Sciencemag*, August 2004, Volume 305, pp. 782-783
- Botvinick, M., Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, 1998, Volume 391, p. 756
- Bowers, D., Heilman, M. (1979). Pseudoneglect: Effects of hemispace on a tactile line bisection task. *Neuropsychologia*, 1980, Volume 18. pp 491-498
- Brang, D., Bryant, A., Plass, J. et al. (2014). Right frontoparietal connectivity supports the rubber hand illusion and dynamic body representations. *Brain structure and function*. pp. 1-19

- Brody, H., Moore, C. (1997). The Clock drawing test for dementia of the Alzheimer's type: A comparison of three scoring methods in a memory disorders clinic. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 1997, Volume 12, pp. 619-627
- Brucki, S., Nitrini, R. (2008). Cancellation task in very low educated people. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 2008, 23, pp. 139-147
- Carrie Armel, K., Ramachandran, V. S. (2003). Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response. *The Royal Society*, 270, pp. 1499-1506
- Corballis, M.C. (2003). From mouth to hand: Gesture, speech, and the evolution of right-handedness
- Darling, S., Logie, R., Della Sala, S. (2012). Representational pseudoneglect in line bisection. *Psychon Bull Rev*, 2012, 19, pp.879-883
- DeCarli, C. (2003). Mild cognitive impairment: prevalence, prognosis, aetiology, and treatment. *The Lancet Neurology*, Volume 2, 15-21
- Deutsche Alzheimer Gesellschaft (2014). Das Wichtigste 1. Die Häufigkeit von Demenzerkrankungen, April 2014, pp. 1-5
- Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (2014), S1-Leitlinie: Händigkeit - Bedeutung und Untersuchung, 11/2014, pp. 1-23
- Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde (2001), XI, Kurzversion, pp. 1-16
- Ehrsson H., Holmes N., Passingham R. (2005) Touching a rubber hand: Felling of body ownership is associated with activity in multisensory brain areas. *The Journal of Neuroscience*, November 9, 2005; 25(45): pp. 10564-10573
- Ehrsson, H., Spence, C., Passingham, R. (2004). That's my Hand! Activity in Premotor Cortex Reflects Feeling of Ownership of a Limb. *Sciencemag*, August 2004, Volume 304, pp. 875-877
- Ferri, C., Prince, M., Brayne, C. et al. (2005). Global prevalence of dementia: a Delphi consensus study. *The Lancet*, Volume 366, 2112-2117

- Fink, G. R., Heide, W. (2004). Räumlicher Neglect. *Nervenarzt*, 2004, Nr. 75, pp. 389-410
- Fiorio, M., Weise, D., Önal-Hatrmann, C. et al. (2011). Impairment of the rubber hand illusion in focal hand dystonia. *Brain - A Journal of Neurology*, März 2011, pp. 1-10
- Fujii, T., Fukatsu, R., Yamadori, A., Kimura, I. (1995). Effect on age on the line bisection test. *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* 17, 941-944.
- Gasser, A.-I., Kalbe, E., Calabrese, P., Kessler, J., Von Allmen, G., Rossier, P. (2011). French translation and normation of the Parkinson neuropsychometric dementia assessment (PANDA). *Journal of Neurological Sciences*, 310, 189-193
- Gauthier, S., Reisberg, B., Zaudig, M. et al. (2006). Mild cognitive impairment. *The Lancet*, Volume 367, 1262-1270
- Goetz, C., Tilley, B., Shaftman, S. et al. (2008). Movement Disorder Society-Sponsored Revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale Presentation and Clinimetric Testing Results. *Movement Disorders*, November 2008, Volume 23, pp 2129-2170
- Guttman, S., Gilroy, L., Blake, R. (2005). Hearing what Eyes See: Auditory Encoding of Visual Temporal Sequences. *Psychol Sci*, 2005, Volume 16 (3), pp. 228-235
- Haggard P., Wolpert D.M. (2005) Disorders of Body Scheme. In *Higher-order motor disorders from neuroanatomy and neurobiology to clinical neurology*. Oxford University Press: pp. 261-271
- Häglinger, G. U., Oertel, W. H., Stamelou, M. (2011) Kortikobasale Degeneration. *Parkinson-Syndrome und andere Bewegungsstörungen*, 2012, pp. 151 - 158
- Harvey, M., Milner, A. D., Roberts, R. C. (1995). An investigation of Hemispatial Neglect Using the Landmark Task. *Brain and Cognition*, 1995, Volume 27, pp. 59-78

Herrmann C., Fiebach C. (2004). Gehirn und Sprache. Originalausgabe, Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag

Hervé, P.-Y., Zago, L., Petit, L., Mazoyer, B., Tzourio-Mazoyer, N. (2013). Revisiting human hemispheric specialization with neuroimaging. Trends in Cognitive Sciences, February 2013, Volume 17 No. 2, pp. 69-80

Hohwy J., Paton B. (2010) Explaining Away the Body: Experiences of supernaturally caused touch on non-hand objects within the rubber hand illusion. Plus one 5(2): pp. 1-10

Hughes A.J., Daniel S.E., Ben Shlomo Y., Lees A.J. (2003) The accuracy of diagnosis of parkinsonian syndromes in a specialist movement disorder service. Brain 2002; 125: pp. 861-870

Jacobi, F., Klose, M., Wittchen, H.-U. (2004). Psychische Störungen in der deutschen Allgemeinbevölkerung: Inanspruchnahme von Gesundheitsleistungen und Ausfalltage. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz, 8/2004, S. 736

Jewell, G., McCourt, M. (1999). Pseudoneglect: a review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks. Neuropsychologia, 2000, Volume 38, pp. 93-110

Kalbe E.; Kessler, J., Calabrese, P., Smith, R., Passmore, A.P., Brand, M., Bullock, R. (2004). DemTect: a new, sensitive cognitive screening test to support the diagnosis of mild cognitive impairment and early dementia. International Journal of Geriatric Psychiatry, 2004, 19, pp. 136-143

Kalbe, E., Calabrese, P., Kohn, N. et al. (2008). Screening for cognitive deficits in Parkinson's disease with the Parkinson neuropsychometric dementia assessment (PANDA) instrument. Parkinsonism and Related Disorders, 2008, Volume 14, pp. 93-101

Kalbe, E., Kessler, J., Calabrese, P. et al. (2004). DemTect: a new, sensitive cognitive screening test to support the diagnosis of mild cognitive impairment and early dementia. International Journal of geriatric psychiatry, 19, 136-143

- Kinsbourne M. (2003). Mechanisms of unilateral neglect. Neurophysiological and neuropsychological aspect of spatial neglect. Elsevier Science Publisher, Amsterdam, pp. 69-85
- Lee, A. C., Harris, J. P., Atkinson, E. A., Fowler, M. S. (2001). Evidence from a line bisection task for visuospatial neglect in Left Hemiparkinson's disease. *Vision Research*, 2001, 41, pp- 2677-2686
- Lindenberger, U., Smith, J., Mayer, K. U., Baltes, P. B. (2010). Die Berliner Altersstudie (The Berlin Aging Study). Dritte erweiterte Ausgabe, Berlin: Akademie Verlag.
- Mesulam M.M. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *The American Neurological Association*, 1981, pp. 309-325
- Milian, M., Leiherr, A.-M., Straten, G., Müller, S., Leyhe, T., Eschweiler G.W. (2013). The Mini-Cog, Clock Drawing Test, and the Mini-Mental State Examination in a German Memory Clinic: specificity of separation dementia from depression. *International Psychogeriatrics* 2013, 25, 1, pp. 96-104
- Milner, A. D., Brechmann, M., Pagliarini, L. (1992). To halve and to halve not: An analysis of line bisection judgements in normal subjects. *Neuropsychologia*, 1992, Volume 20 No. 6, pp. 515-526
- Milner, A.D., Harvey, M., Roberts, R. C., Forster, S. V. (1992). Line Bisection Errors in visual Neglect: Misguided Action or size Distortion?. *Neuropsychologia*, 1993, Volume 31, pp. 39-49
- Oldfield, R. C. (1970). The Assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 1971, Volume 9, pp. 97-113
- Ouchi, H., Toyoshima, Y. et al. (2014). Pathology and Sensitivity of Current Clinical Criteria in Corticobasal Syndrome. *Movement Disorders*, 2014, Volume 29, pp. 238-244
- Rorden, C., Karnath, H. O. (2010). A simple measure of neglect severity. *Neuropsychologia*, 2010; Volume 48, Issue 9, pp. 2758-2763.

- Schrag A., Ben Shlomo Y., Quinn, NP. (2000) Cross sectional prevalence survey of idiopathic Parkinson's disease and Parkinsonism in London. *BMJ* 2000; 321: pp. 21-22
- Serino, A., Alsmith, A., Costantini, M. et al. (2013). Bodily ownership and self-location: Components of bodily self-consciousness. *Consciousness and Cognition*, 2013, Volume 22, pp. 1239-1252
- Shimada, S., Fukuda, K., Hiraki, K. (2009), Rubber hand illusion under delayed visual feedback. *PLoS one*, July 2009, Volume 4, Issue 7, e6185, pp. 1-5
- Shulman, K., Pushkar, D., Cohen, C., Zuccherro, C. (1993). Clock-Drawing and dementia in the community: A Longitudinal study. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 1993, Volume 8, pp 487-496
- Shulman, K., Shedletsky, R., Silver, I. (1986). The Challenge of time: Clock-drawing and cognitive function in the elderly. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 1986, Volume 1, pp. 135-140
- Stein, B., Stanford, T. (2008). Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews – Neuroscience*, 2008, Volume 9, pp. 255-266
- Tervaniemi, M., Hugdahl, K. (2003). Lateralization of auditory-cortex functions. *Brain research reviews*, 2003, Volume 43, pp. 231-246
- Trepel, M. (2008). *Neuroanatomie Struktur und Funktion*. 4. Auflage, München: Elsevier, Urban & Fischer - Verlag, pp. 248, 262
- Vuilleumier, P. (2013). Mapping the functional neuroanatomy of spatial neglect and human parietal lobe functions: progress and challenges. *Annals of the New York Academy of sciences*, 2013, 1296, pp 50-74
- Welch, R., Duttonhurt, L., Warren, D. (1986). Contributions of audition and vision to temporal rate perception. *Perception & Psychophysics*, 1986, Volume 39 (4), pp. 294-300

Weyerer, S., Eifflaender-Gorfer, S., Köhler, L. et al. (2008). Prevalence and risk factors for depression in non-demented primary care attenders aged 75 years and older, *Journal of Affective Disorders* 111, pp. 153 - 163

Wold, A., Limanowski, J., Walter, H., Blankenburg, F. (2014). Proprioceptive drift in the rubber hand illusion is intensified following 1 HzTMS on the left EBA. *Frontiers in Human Neuroscience*, June 2014, Volume 8, Article 390, 1-6

Zeller, D., Gross, C., Bartsch, A., Johansen-Berg, H., Classen, J. (2011). Ventral premotor cortex may be required for dynamic changes in the feeling of limb ownership: A lesion study. *The Journal of Neuroscience*, March 2011, 31(13), pp. 4852-4857

Zeller, D., Litvak, V., Friston, K.-J., Classen, J. (2014). Sensory Processing and the Rubber Hand Illusion – An Evoked Potential Study. *Journal of Cognitive Neuroscience* X:Y, pp. 1-10

Internetquellen:

Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung (2009). Demenz in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Unter: <http://www.berlin-institut.org/online-handbuchdemografie/bevoelkerungsdynamik/auswirkungen/demenz-in-deutschland-oesterreich-und-der-schweiz.html>. Eingesehen am 28.04.2015

Rorden, C. Center of Cancellation (CoC) measure for spatial neglect. Unter: <http://www.mccauslandcenter.sc.edu/CRNL/tools/cancel>. Eingesehen am 10.11.2014

7 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Alter des Probandenkollektivs	8
Abbildung 2: PHI aus Sicht des Untersuchers	17
Abbildung 3: Sicht des Untersuchers nach der PHI bei der Positionsschätzung	17
Abbildung 4: PHI aus Sicht des Probanden.....	17
Abbildung 5: Ergebnisse PANDA-Kognition (Probanden)	19
Abbildung 6: Händigkeit der Probanden	21
Abbildung 7: Ergebnisse des CoC (Probanden).....	22
Abbildung 8: Häufigkeit der Linksschätzungen (Probanden).....	23
Abbildung 9: Lageabweichungen beim Schätzen (Probanden)	24
Abbildung 10: Propriozeptiver Drift (Probanden)	25
Abbildung 11: Mittelwerte der Fragen 1-3 (Probanden).....	26
Abbildung 12: Illusionsscore (Probanden).....	26
Abbildung 13: Korrelation des propriozeptiven Drifts nach synchroner Stimulation der linken Hand mit dem milden Hemineglect (Probanden)	27
Abbildung 14: PANDA-Kognition (Patienten).....	29
Abbildung 15: Ergebnisse des CoC (Patienten)	31
Abbildung 16: Linksschätzungen (einzelne Patienten)	31
Abbildung 17: Lageabweichungen beim Schätzen (Patienten)	33
Abbildung 18: Propriozeptiver Drift (Patienten)	34
Abbildung 19: Mittelwerte der Fragen 1-3 (Patienten)	35
Abbildung 20: Illusionsscore (Patienten)	36
Abbildung 21: Altersspezifische Prävalenzraten der Demenz in Deutschland in Prozent nach Geschlecht (Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung).....	37

8 Anhang

8.1 Versuchsprotokoll

Versuchsprotokoll zur Studie "Körperselbstgefühl, Neglect und Embodiment bei Patienten mit Parkinsonsyndrom"

Gesunde Probanden

Name	Datum/Uhrzeit
Geburtsdatum	Alter

Anmerkungen:

1. Aufklärung gelesen und unterschrieben

2. PANDA

Auswertung					
A) Kognition	Paar-assoziations-lernen 1	Wort-flüssigkeit 2	Räumliches Vorstellungs-vermögen 3	Arbeits-gedächtnis 4	Verzögerte Abfrage 5
Aufgaben					
Rohwert	<input type="text"/> (max. 12)	<input type="text"/> (kein max.)	<input type="text"/> (max. 3)	<input type="text"/> (max. 6)	<input type="text"/> (max. 4)
Punkte laut Um-rechnungstabelle	<input type="text"/> (max. 5)	<input type="text"/> (max. 7)	<input type="text"/> (max. 5)	<input type="text"/> (max. 6)	<input type="text"/> (max. 7)
Zwischensumme					<input type="text"/> (max. 30)
Anzahl der Wechselfehler bei der Wortflüssigkeits-Aufgabe (bei 1 Fehler kein Punktabzug): Punktabzug für Regelverstöße: 2 bis 3 Fehler: minus 1 Pkt. / ab 4 Fehler: minus 2 Pkte.					minus <input type="text"/> Punkte
Gesamtwert PANDA[®] – Kognition					<input type="text"/> (max. 30)

PANDA [®] – Kognition: Interpretationshinweise			
Punktzahl	bis 14 Punkte	15-17 Punkte	ab 18 Punkte
Interpretation	demenzielle Symptomatik wahrscheinlich	leichte kognitive Dysfunktion möglich	Leistungen im Normbereich

B) Stimmungsfragen	1. Stimmung	2. Antrieb	3. Interesse
Multiplizieren Sie die einzelnen Werte mit folgendem Faktor: A x 3, B x 2, C x 1, D x 0	<input type="text"/> (max. 3)	<input type="text"/> (max. 3)	<input type="text"/> (max. 3)
Gesamtwert PANDA[®] – Stimmung			<input type="text"/> (max. 9)
PANDA[®] – Stimmung: Interpretationshinweis: über 4 Punkte: depressive Stimmungslage wahrscheinlich			

8.2 PANDA-Test

Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. E. Kalbe

Parkinson Neuropsychometric Dementia Assessment



Name und Vorname

Alter

Datum

PANDA®

1. Paarssoziationslernen

Vorlesen

Abruf 1

Abruf 2

Abruf 3

Blatt - Frosch

Banane - (Anzug)

Feder - (Schal)

Sturm - (Ball)

Banane - Anzug

Blatt - (Frosch)

Banane - (Anzug)

Feder - (Schal)

Sturm - Ball

Feder - (Schal)

Sturm - (Ball)

Banane - (Anzug)

Feder - Schal

Sturm - (Ball)

Blatt - (Frosch)

Blatt - (Frosch)

Punkte

Punkte

Punkte

Gesamtpunkte

2. Wortflüssigkeit (z.B.: Gemüse und Kleidungsstücke: Kartoffeln - Hose - Lauch - Hemd etc.)

Alternierend: Tiere und Möbelstücke

korrekte Wörter

Wechselfehler

3. Räumliches Vorstellungsvermögen

siehe Rückseite (bitte Blatt mittig falten und Aufgabenteil dem Patienten vorlegen)

korrekte Reihen

4. Arbeitsgedächtnis (z.B.: 5 - 2, 6 - 1 - 9)

6 - 3 9 - 4 - 6 7 - 2 - 8 - 6 4 - 1 - 8 - 5 - 2 9 - 2 - 6 - 4 - 7 - 1

3 - 6

4 - 6 - 9

2 - 6 - 7 - 8

1 - 2 - 4 - 5 - 8

1 - 2 - 4 - 6 - 7 - 9

8 - 4

1 - 7 - 3

3 - 1 - 9 - 4

7 - 9 - 6 - 3 - 5

7 - 3 - 8 - 5 - 4 - 2

4 - 8

1 - 3 - 7

1 - 3 - 4 - 9

3 - 5 - 6 - 7 - 9

2 - 3 - 4 - 5 - 7 - 8

längste Reihe

5. Verzögerte Abfrage

Abruf

Banane - (Anzug)

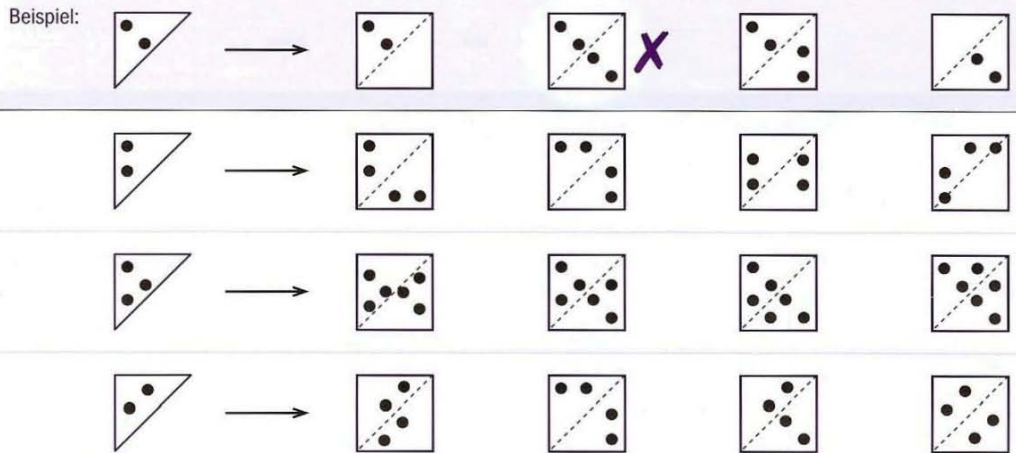
Blatt - (Frosch)

Sturm - (Ball)

Feder - (Schal)

Punkte

zu 3. Räumliches Vorstellungsvermögen



Stimmungsfragen	A: trifft vollständig zu	B: trifft weitgehend zu	C: trifft weniger zu	D: trifft gar nicht zu
1. Ich bin in letzter Zeit in gedrückter Stimmung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ich muss mich zu allem zwingen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Mich interessieren Dinge, die mir früher Freude bereiteten, nicht mehr.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Auswertung

A) Kognition	Paar-assoziations-lernen 1	Wort-flüssigkeit 2	Räumliches Vorstellungsvermögen 3	Arbeits-gedächtnis 4	Verzögerte Abfrage 5
Aufgaben					
Rohwert	<input type="text"/> (max. 12)	<input type="text"/> (kein max.)	<input type="text"/> (max. 3)	<input type="text"/> (max. 6)	<input type="text"/> (max. 4)
Punkte laut Um-rechnungstabelle	<input type="text"/> (max. 5)	<input type="text"/> (max. 7)	<input type="text"/> (max. 5)	<input type="text"/> (max. 6)	<input type="text"/> (max. 7)
Zwischensumme					<input type="text"/> (max. 30)
Anzahl der Wechselfehler bei der Wortflüssigkeits-Aufgabe (bei 1 Fehler kein Punktabzug): Punktabzug für Regelverstöße: 2 bis 3 Fehler: minus 1 Pkt. / ab 4 Fehler: minus 2 Pkte.					minus <input type="text"/> Punkte
Gesamtwert PANDA® - Kognition					<input type="text"/> (max. 30)

PANDA® - Kognition: Interpretationshinweise

Punktzahl	bis 14 Punkte	15-17 Punkte	ab 18 Punkte
Interpretation	demenzielle Symptomatik wahrscheinlich	leichte kognitive Dysfunktion möglich	Leistungen im Normbereich

B) Stimmungsfragen	1. Stimmung	2. Antrieb	3. Interesse
Multiplizieren Sie die einzelnen Werte mit folgendem Faktor: A x 3, B x 2, C x 1, D x 0	<input type="text"/> (max. 3)	<input type="text"/> (max. 3)	<input type="text"/> (max. 3)
Gesamtwert PANDA® - Stimmung			<input type="text"/> (max. 9)
PANDA® - Stimmung: Interpretationshinweis: über 4 Punkte: depressive Stimmungslage wahrscheinlich			

PANDA®: Auswertung und Interpretation

A) Kognition

Die Einzelergebnisse der fünf Aufgabenteile werden in die Ergebnistabelle auf der Rückseite des Testbogens eingetragen, jeweils laut Umrechnungstabellen transformiert und dann summiert. Anschließend wird eine Punkte-Korrektur nach den Wechselfehlern in der Wortflüssigkeitsaufgabe vorgenommen; die Gesamtpunktzahl stellt den PANDA®-Gesamtwert dar, anhand dessen sich das kognitive Leistungsniveau des Patienten bestimmen lässt. Hinweise zur Interpretation finden Sie im Anschluss an die Ergebnistabelle.

B) Stimmungsfragen

Die Einzelergebnisse und die Summe der Selbstbeurteilung werden in die entsprechende Ergebnistabelle auf der Rückseite des Testbogens eingetragen. Der Interpretationshinweis darunter gibt den Cut-Off an, ab welchem von einer klinisch relevanten Symptomatik auszugehen ist.

bis 59 Jahre	
1. Paarassoziationslernen	
Rohwerte	Transformierte Punkte
8-12	5
7	4
6	3
5	2
4	1
0-3	0
2. Wortflüssigkeit	
Rohwerte	Transformierte Punkte
≥ 19	7
17-18	6
14-16	5
12-13	4
9-11	3
7-8	2
4-6	1
0-3	0
3. Räumliches Vorstellungsvermögen	
Rohwerte	Transformierte Punkte
3	5
2	3
1	1
0	0
4. Arbeitsgedächtnis	
Rohwerte	Transformierte Punkte
6	6
5	5
4	3
3	2
2	1
0	0
5. Verzögerte Abfrage	
Rohwerte	Transformierte Punkte
4	7
3	4
2	3
1	2
0	0

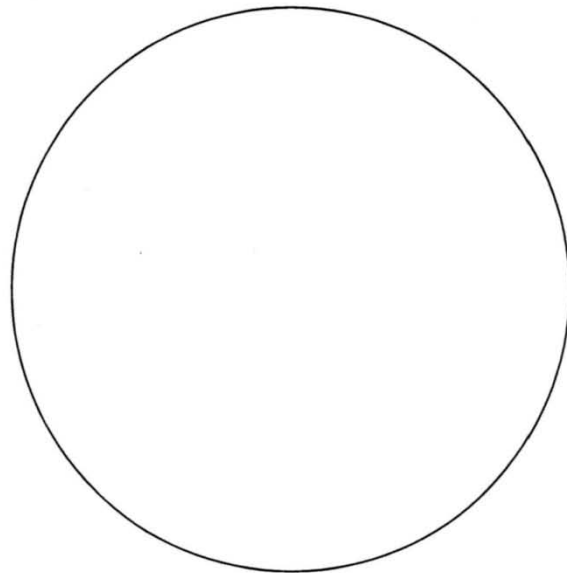
ab 60 Jahre	
1. Paarassoziationslernen	
Rohwerte	Transformierte Punkte
7-12	5
6	4
4-5	3
3	2
2	1
0-1	0
2. Wortflüssigkeit	
Rohwerte	Transformierte Punkte
≥ 15	7
13-14	6
11-12	5
8-10	4
6-7	3
4-5	2
2-3	1
0-1	0
3. Räumliches Vorstellungsvermögen	
Rohwerte	Transformierte Punkte
3	5
2	4
1	2
0	0
4. Arbeitsgedächtnis	
Rohwerte	Transformierte Punkte
6	6
5	5
4	3
3	2
2	1
0	0
5. Verzögerte Abfrage	
Rohwerte	Transformierte Punkte
4	7
3	6
2	5
1	3
0	0

8.3 Uhren-Test

Name: _____

Datum: _____

Score (nach *Shulman* 1993):



8.4 Händigkeitsfragebogen

Abdruck der deutschen Übersetzung mit freundlicher Genehmigung von Dr. C. Gross und Dr. D. Zeller

Name: _____

Händigkeitsfragebogen nach Oldfield (1971)

- Bitte geben Sie Ihre bevorzugte Hand für die folgenden Tätigkeiten an, indem Sie die passende Ziffer in der untenstehenden Tabelle einkreisen. Bei Tätigkeiten, bei denen Ihre Bevorzugung einer Hand so ausgeprägt ist, dass Sie niemals die andere Hand einsetzen würden, es sei denn, es geht absolut nicht anders, kreuzen Sie bitte entsprechend die "-2" für links oder "2" für rechts an. Wenn Sie eine Hand der anderen ein wenig vorziehen, kreuzen Sie die "-1" oder "1" an. Wenn Sie wirklich beiden Hände gleichwertig einsetzen, wählen Sie bitte "0".
- Für einige Tätigkeiten benötigt man beide Hände. In diesen Fällen ist der Teil der Aufgabe oder des Objektes, für den die Handpräferenz gefragt ist, in Klammern angegeben.
- Bitte versuchen sie, alle Fragen zu beantworten und lassen Sie wirklich nur die Fragen aus, bei denen Sie überhaupt keine Erfahrung mit dem Objekt oder der Tätigkeit haben.

Tätigkeit	Bevorzugte Hand				
	Links			Rechts	
Schreiben	-2	-1	0	1	2
Zeichnen	-2	-1	0	1	2
Werfen	-2	-1	0	1	2
Mit einer Schere schneiden	-2	-1	0	1	2
Eine Zahnbürste benutzen	-2	-1	0	1	2
Mit einem Messer schneiden (ohne Gabel)	-2	-1	0	1	2
Einen Löffel benutzen	-2	-1	0	1	2
Einen Besen halten (die obere Hand)	-2	-1	0	1	2
Ein Streichholz anzünden (das Streichholz halten)	-2	-1	0	1	2
Eine Schachtel öffnen (Deckel)	-2	-1	0	1	2

8.5 Letter cancellation task

Software und Grafik zur freien Verwendung von C. Rorden, PhD zur Verfügung gestellt (<http://www.mccauslandcenter.sc.edu/CRNL/tools/cancel>)

N X Z R A Q H C N K O X Y A G M A E S J A L B R C L A O D V M C G
A F I Q O B L P K Y A E I H M J S Y A C W I G A N W V S A P
P W A T G A V K Y A E I H M J S Y A C W I G A N W V S A P
V I L S C N K O X Y A G M A E S J A L B R C L A O D V M C G
D U P A A Z H V X Q A F R A I B X O K L
R J O L Z H V X Q A F R A I B X O K L
A E I H M J S Y A C W I G A N W V S A P
K A A W Q Y G P N F A E U R A H C M V
A V N S R D P H N R G O A E S
G E F A V L R S B X M I D C M V
I G F S J O A U T M V I A K E X A F P
T M D C Q O A Z Q A T S Y I
S W L U I B J W U O G B A
P R P C H V S G A K F P C N
G C A P R E K B A A I M D O
A J R E K B A A I M D O
A O S M F P Z V O R U E J Y A U I M R Y
A L I D W G A H T T K A
S H A B

8.6 Fragebogen zum Körperselbstgefühl

Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Dr. D. Zeller

Universitätsklinikum Würzburg
Klinikum der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität

Neurologische Klinik und Poliklinik
Direktor: Prof. Dr. J. Volkmann

Dr. Daniel Zeller



Neurologische Klinik und Poliklinik · Josef-Schneider-Str. 11 · 97080 Würzburg

Fragebogen zum Körperselbstgefühl

Bitte kreuzen Sie im Folgenden jeweils eine Antwort an:

Zur Zeit weiß ich manchmal nicht, wo sich einer meiner Arme befindet.

niemals

gelegentlich

oft

Falls ja: rechts links

Eine Körperseite kommt mir momentan irgendwie fremd vor.

niemals

gelegentlich

oft

Falls ja: rechts links

Neuerdings fühlt sich einer meiner Arme manchmal fremd an, als ob er nicht zu mir gehören würde.

niemals

gelegentlich

oft

Falls ja: rechts links

Bitte markieren Sie auf der Skala Ihr momentanes Gefühl, wie sehr Ihre jeweilige Hand zu Ihnen gehört.

Rechte Hand 0%  100%

Linke Hand 0%  100%



8.7 Fragebogen zur Puppenhandillusion

Deutsche Übersetzung des Originalfragebogens (Botvinick, Cohen, 1998) von Dr. D. Zeller, Abdruck mit freundlicher Genehmigung

RHI-Fragebogen

Name: _____

Laufende Nummer im Experiment: 1 2 3 4

Rechte Hand Linke Hand Simultan Asynchron

Bitte markieren Sie jeweils eine Antwort auf die folgenden Fragen:

--- = klare Verneinung bis zu +++ = deutliche Zustimmung

Während des Experimentes bemerkte ich zeitweise:

- | | | |
|---|---|---|
| 9 | Die Puppenhand begann meiner eigenen Hand immer ähnlicher zu werden, z.B. im Bezug auf Form, Hautfarbe, evtl. Sommersprossen oder andere Eigenschaften. | --- -- - 0 + ++ +++
 ----- ----- ----- ----- ----- ----- |
| 3 | Es fühlte sich so an, als ob die Puppenhand meine eigene wäre. | --- -- - 0 + ++ +++
 ----- ----- ----- ----- ----- ----- |
| 5 | Es fühlte sich so an, als würde sich meine eigene Hand zur Seite (zur Puppenhand hin) bewegen. | --- -- - 0 + ++ +++
 ----- ----- ----- ----- ----- ----- |
| 1 | Es schien so, als würde ich die Berührung des Pinsels dort fühlen, wo er sichtbar die Puppenhand berührte. | --- -- - 0 + ++ +++
 ----- ----- ----- ----- ----- ----- |
| 8 | Es sah so aus, als würde sich die Puppenhand zu meiner eigenen Hand hin bewegen. | --- -- - 0 + ++ +++
 ----- ----- ----- ----- ----- ----- |
| 4 | Meine (eigene) Hand fühlte sich zunehmend "künstlich" an. | --- -- - 0 + ++ +++
 ----- ----- ----- ----- ----- ----- |
| 7 | Es fühlte sich so an, als ob ich die Berührung irgendwo zwischen meiner eigenen Hand und der Puppenhand fühlen würde. | --- -- - 0 + ++ +++
 ----- ----- ----- ----- ----- ----- |
| 6 | Es schien so, als ob ich auf dieser Seite mehr als <i>eine</i> Hand oder als <i>einen</i> Arm hätte. | --- -- - 0 + ++ +++
 ----- ----- ----- ----- ----- ----- |
| 2 | Es schien so, als ob die Berührung, die ich fühlte, durch <i>den</i> Pinsel hervorgerufen wurde, der die Puppenhand berührte. | --- -- - 0 + ++ +++
 ----- ----- ----- ----- ----- ----- |

9 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. J. Volkmann für die Möglichkeit, an seiner Klinik eine Doktorarbeit zu verfassen.

Meinen besonderen Dank möchte ich Dr. D. Zeller aussprechen. Er hat mir bei allen Problemen und Fragen schnell, zuverlässig und freundlich weitergeholfen. Er stand mir auch während der schwierigen Zeit als Berufsanfänger in der Klinik und der gleichzeitigen Fortführung der Doktorarbeit stets motivierend und hilfsbereit zur Seite und hat mich mit seinen ausführlichen und kritischen, aber sehr konstruktiven Korrekturen bis zum Abschluss begleitet – herzlichen Dank.

Vielen Dank allen Patienten, Probanden und Freunden, die mir ihre Zeit geschenkt haben und mich immer freundlich und offen bei sich zu Hause empfangen haben. Ohne ihre Teilnahme an den Versuchen und Befragungen wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Danken möchte ich auch meinen Freunden, Bekannten und Kollegen, die bei Problemen zugehört haben und mich so manches Mal mit Ratschlägen und Ideen neu motiviert haben. Sie haben sich über Fortschritte mit mir gefreut, haben aber auch an Rückschlägen teilgenommen.

Herzlich danken möchte ich meiner Familie für die Unterstützung während der doppelten Belastung durch Beruf und Doktorarbeit. Meinem Bruder für die stets schnelle Hilfe bei Computer- und Softwareproblemen, meiner Mutter für ihre Liebe, Unterstützung und Rat und meinem bereits verstorbenen Vater für alles, was er für mich getan hat. Ihm ist diese Arbeit gewidmet.