universität wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Cerebelläres pilozytisches Astrozytom – kognitive und emotionale Langzeitfolgen

Verfasserin

Caroline Christine Lehner

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Oktober 2008

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

Danksagung

An der Realisierung und Durchführung dieser Studie haben zahlreiche Personen der Psychologischen Fakultät der Universität Wien und der Neurochirurgischen Abteilung des AKH Wien mitgewirkt: Ihnen gebührt mein Dank.

Ich bedanke mich recht herzlich bei Frau Dr. Eva Lehner-Baumgartner, die mich trotz unzähliger beruflicher und privater Verpflichtungen bei der Planung und Durchführung dieser Diplomarbeit bestens betreut hat. Ich danke auch Frau Univ.- Prof. Dr. Ilse Kryspin-Exner, die durch ihre Nachsicht die Realisierung dieser Arbeit trotz fehlender MRT-Daten, überhaupt ermöglicht hat, für ihre hilfreichen Anregungen. Recht herzlichen Dank auch an Herrn Dr. Ulrich Tran, Herrn Dr. Michael Weber und Herrn Dr. Reinhold Jagsch, die mich bei methodischen und testtheoretischen Fragen unterstützt haben.

Ich danke Herrn Univ.- Prof. Dr. Thomas Czech für die Bereitstellung des Themas und der PatientInnen. Bedanken möchte ich mich auch bei dem Team der Neurochirurgie (Frau Schrammel und den Ambulanzschwestern), die mich bei der Organisation der Untersuchung stetig unterstützten. Danke auch an Frau Mag. Iris Kaiser, die für Anliegen und Fragen immer Zeit hatte und sich für die Anschaffung der diagnostischen Verfahren an der Neurochirurgie einsetzte.

Besonders danke ich auch meinen Eltern, die mir das Studium ermöglicht haben und mich in all meinen Plänen unterstützen. Für die emotionale Unterstützung während der Diplomarbeit danke ich meinen Eltern, meinem Freund und meinen Freunden.

Für die Korrektur dieser Arbeit danke ich meiner Freundin Theresa Lörincz, die durch ihre Germanistikkenntnisse diese Arbeit erst lesbar machte bzw. meiner Freundin Mag. Christine Eisele für die Duchsicht des Abstracts.

Abschließend möchte ich mich noch bei (hoffentlich bald Mag.) Jennifer Kronsteiner bedanken, die mich durch mein gesamtes Studium begeitet und mit mir die Zeit der Diplomarbeit mit unzähligen Stunden fachlicher Diskussion am Telefon verbracht hat.

Abstract

The aim of the present study is to investigate if patients who have undergone surgery on a cerebellar pilocytic astrocytoma in their childhood or adolescence without receiving chemo- or radiotherapy develop long-term deficits in cognitive and emotional functions. *Background:* For some time there have been theories about the role of the cerebellum. In addition to the motoric function, it is also recognised as a modulator of cognitive and affective abilities. Bidirectional pathways of the cerebellum with all levels of the central nerve system support this view. *Methods:* 17 patients underwent neuropsychological assessment of intellectual, attentional, mnestic, executive, verbal and visual-spatial functions and recognition of emotion in face expression, identification of emotions and current mental problems respectively. *Results:* The patients' performances were significantly worse than the norm population in consideration of executive (semantic and lexical wordfluency) and verbal functions and in feeling of positive emotions respectively. A vulnerable operation age before the age of 10 years could be afirmed for learning- and recognition performance and for current mental problems. However, a relation between preoperative hydrocephalus and visuo-spatial functions and the role of the vermis for emotional functions respectively could not be detected. Due to absent deficits in visuo-spatial functions the cerebellar cognitive affective syndrome (CCAS) could not be attested. *Conclusion:* These results confirm the role of the cerebellum for cognitive and emotional functions and corroborate the assumption of a disconnection between the cerebellar circuits with frontal structures and the hence resulting disturbance of information processing.

Kurzzusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie ist es, zu untersuchen, ob Patienten, welche im Kindes- und Jugendalter an einem cerebellären pilozytischen Astrozytom operiert wurden und keine Chemo- bzw. Strahlentherapie erhielten, Langzeitfolgen in kognitiven und emotionalen Funktionen entwickeln. *Hintergrund:* Seit einiger Zeit wird dem Cerebellum neben motorischen Funktionen auch eine Modulator-Funktion von kognitiven und emotionalen Prozessen zugeschrieben. Die bidirektionalen Verbindungen des Cerebellums mit allen Ebenen des Zentralnervensystems unterstützen diese Sichtweise. *Methoden:* An 17 PatientInnen wurden intellektuelle, attentionale, mnestische, exekutive, verbale und visuell-räumliche Funktionen bzw. das Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke, das Emotionsempfinden und die aktuelle psychische Belastung erhoben. *Ergebnisse:* Signifikant schlechtere Leistungen wiesen die PatientInnen hinsichtlich exekutiver (semantische und formallexikalische Wortflüssigkeit) und verbaler Funktionen bzw. im Empfinden von positiven Emotionen auf. Ein vulnerables Alter für die Operation vor dem 10. Lebensjahr konnte für die Lern- und Wiedererkennensleistung bzw. für die aktuelle psychische Belastung bestätigt werden. Eine Beziehung zwischen präoperativem Hydrocephalus und visuell-räumlichen Funktionen bzw. die Rolle des Vermis für emotionale Funktionen konnte nicht nachgewiesen werden. Aufgrund fehlender Beeinträchtigungen in visuell-räumlichen Funktionen konnte auch das cerebelläre kognitiv-affektive Syndrom CCAS nicht bestätigt werden. *Schlussfolgerung:* Diese Ergebnisse bestätigen die Rolle des Cerebellums für kognitive und emotionale Funktionen und untermauern die Vermutung einer Unterbrechung der Verbindung des Cerebellums mit frontalen Strukturen, und einer daraus resultierenden Störung der Informationsverarbeitung.

INHALTSVERZEICHNIS

I THEORIETEIL

1 EINLEITUNG 9

2 NEUROPSYCHOLOGISCHE KORRELATE KOGNITIVER UND EMOTIONALER FUNKTIONEN 12

2.1 Intelligenz 12
2.1.1 Theoretische Grundlagen und neuronale Korrelate der Intelligenz 12

2.2 Aufmerksamkeit 13
2.2.1 Theoretische Grundlagen und neuronale Korrelate der Aufmerksamkeit 13

2.3 Gedächtnis 14
2.3.1 Theoretische Grundlagen und neuronale Korrelate des Gedächtnisses 14

2.4 Exekutivfunktionen 17
2.4.1 Theoretische Grundlagen und neuronale Korrelate der Exekutivfunktionen 17

2.5 Visuell-räumliche Funktionen 19
2.5.1 Theoretische Grundlagen und neuronale Korrelate der visuell-räumlichen Funktionen 19

2.6 Sprache 21
2.6.1 Theoretische Grundlagen und neuronale Korrelate der Sprache 21

2.7 Emotionen 24
2.7.1 Begriffsabgrenzung, Definition und theoretische Überlegungen 24
2.7.2 Neuronale Korrelate der Emotionen 25
2.7.3 Emotionstheorien 27
2.7.4 Emotionale Gesichtsausdrücke 29

2.8 Conclusio 31

3 NEUROPSYCHOLOGISCHE KORRELATE PSYCHISCHER STÖRUNGEN 32

3.1 Organische Hirnschädigung - Psychische Störungen - Neuropsychologie 32

3.2 Störungen der Affektregulation 33

3.3 Conclusio 34

4 ONTOGENETISCHE ENTWICKLUNG NEUROPSYCHOLOGISCHER FUNKTIONEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER NEUROPLASTIZITÄT 35

4.1 Neuroplastizität 35

4.2 Ontogenetische Entwicklung neuropsychologischer Funktionen 37
4.2.1 Entwicklung neuronaler Strukturen 37
4.2.2 Entwicklung der Aufmerksamkeit 38
4.2.3 Entwicklung des Gedächtnisses 39
4.2.4 Entwicklung räumlicher Fähigkeiten 40
4.2.5 Entwicklung der Sprache 40
4.2.6 Entwicklung der Exekutivfunktionen 41
4.2.7 Entwicklung emotionaler Funktionen 42

4.3 Conclusio 44

5 DAS CEREBELLUM 45

5.1 Anatomie und neuronale Verbindungen des Cerebellums 45
5.1.1 Anatomie 45
5.1.2 Afferente und efferente Verbindungen des Cerebellums 47

5.2 Funktionen des Cerebellums 48
5.2.1 Motorik 48
5.2.2 Kognition 50
5.2.3 Emotion 51
5.2.4 Psychische Störungen 53

5.3 Funktionelle Topographie und Lateralisierung cerebellärer Funktionen 54

5.4 Theorien zur Funktion des Cerebellums 55
5.4.1 „Dysmetria of thought“ (Schmahmann, 1996) 55
5.4.2 Die „Kontrolltheorie“ (Ramnani, 2006) 56

5.5 Conclusio 57

6 KLASSIFIKATION VON HIRNTUMOREN - UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES CEREBELLÄREN PILOZYTISCHEN ASTROZYTOMS 58

6.1 Klassifikationsrichtlinien von Hirntumoren 58

6.2 Tumore der hinteren Schädelgrube (posteriore Fossa Tumore) 59
6.2.1 Das pilozytische Astrozytom 59
6.2.1.1 Das cerebelläre pilozytische Astrozytom 60

7 NEUROPSYCHOLOGISCHE FOLGEN NACH OPERATIONEN AN TUMOREN DER HINTEREN SCHÄDELGRUBE 62

7.1 Neuropsychologische Defizite nach Operationen an Tumoren der hinteren Schädelgrube 62
7.1.1 Entwicklung des Cerebellums im Kindes- und Jugendalter..... 63
7.1.2 Kritik an bisherigen Studien..... 64

7.2 Conclusio.....65

II EMPIRIETEIL

8 ZIELSETZUNGEN UND FRAGESTELLUNGEN DER VORLIEGENDEN STUDIE 67

8.1 Zielsetzungen der vorliegenden Studie.....67

8.2 Fragestellungen der vorliegenden Studie.....68

9 STATISTISCHE HYPOTHESENFORMULIERUNG 70

9.1 Hypothesen zu Fragestellung 1: Vergleich zur Normpopulation 70

9.2 Hypothesen zu Fragestellung 2: Alter zum Zeitpunkt der Operation 71

9.3 Hypothesen zu Fragestellung 3: Präoperativer Hydrocephalus.....72

9.4 Hypothesen zu Fragestellung 4: Lokalisation der Läsion 72

9.5 Hypothese zu Fragestellung 5: CCAS (cerebellar cognitive affective syndrome) 73

9.6 Hypothesen zu Fragestellung 6: Subjektive vs. objektive Beeinträchtigung..73

10 METHODIK 74

10.1 Untersuchungsdurchführung.....74

10.2 Darstellung der Verfahren zur Erhebung der neuropsychologischen Funktionen.....75
10.2.1 Anamnese..... 75
10.2.2 Subjektive neuropsychologische Beeinträchtigung..... 75
10.2.3 Verfahren zur Abklärung feinmotorischer Störungen..... 75
10.2.4 Verfahren zur Erfassung kognitiver Funktionen..... 76
10.2.5 Verfahren zur Erfassung emotionaler Funktionen..... 81
10.2.6 Verfahren zur Erfassung der aktuellen psychischen Belastung..... 82

10.3 Versuchsplan 83
10.3.1 Validität der vorliegenden Studie..... 83

10.3.2 Beschreibung der Untersuchungsvariablen ... 84
10.3.2.1 Fragestellung 1: Vergleich zur Normpopulation ... 84
10.3.2.2 Fragestellung 2: Alter zum Zeitpunkt der Operation ... 84
10.3.2.3 Fragestellung 3: Hydrocephalus ... 85
10.3.2.4 Fragestellung 4: Lokalisation der Läsion ... 85
10.3.2.5 Fragestellung 5: CCAS ... 85
10.3.2.6 Fragestellung 6: subjektive vs. objektive Beeinträchtigung ... 86

10.4 Statistische Auswertung ... 89
10.4.1 Verwendete statistische Verfahren ... 89
10.4.1.1 t-Test bei unabhängigen Stichproben ... 89
10.4.1.2 t-Test bei einer Stichprobe ... 90
10.4.1.3 Produkt-Moment-Korrelation (Pearson-Korrelation) ... 90
10.4.1.4 Kontingenzanalyse ... 91
10.4.1.5 Binomialtest ... 91
10.4.2 Statistische Kennwerte ... 92

11 DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE ... 93

11.1 Beschreibung der Stichprobe ... 93
11.1.1 Soziodemographische Daten der gesamten Stichprobe ... 93
11.1.2 Soziodemographische Daten der Patienten-Subgruppen ... 94

11.2 Statistische Hypothesenprüfung ... 99
11.2.1 Berechnung der Fragestellung 1: Vergleich zur Normpopulation ... 99
11.2.1.1 Methodisches Vorgehen ... 99
11.2.1.2 Statistische Signifikanzprüfung: Vergleich zur Normpopulation ... 100
11.2.1.3 Überprüfung der Störvariablen „Feinmotorik“ ... 111
11.2.2 Berechnung der Fragestellungen 2 (Alter zum Zeitpunkt der Operation), 3 (Hydrocephalus) und 4 (Lokalisation der Läsion) ... 113
11.2.2.1 Methodisches Vorgehen ... 113
11.2.2.2 Statistische Signifikanzprüfung: Alter zum Zeitpunkt der Operation ... 113
11.2.2.3 Statistische Signifikanzprüfung: Hydrocephalus ... 126
11.2.2.4 Statistische Signifikanzprüfung: Lokalisation der Läsion ... 127
11.2.3 Berechnung der Fragestellungen 5 (CCAS) und 6 (subjektive vs. objektive Beeinträchtigung) ... 131
11.2.3.1 Deskriptive Datenanalyse ... 131
11.2.3.2 Methodisches Vorgehen: CCAS ... 133
11.2.3.3 Statistische Signifikanzprüfung: CCAS ... 133
11.2.3.4 Methodisches Vorgehen: subjektive vs. objektive Beeinträchtigung ... 135
11.2.3.5 Statistische Signifikanzprüfung: subjektive vs. objektive Beeinträchtigung ... 135

11.3 Zusammenfassung der statistischen Hypothesenprüfung ... 139

12 DISKUSSION UND INTERPRETATION ... 140

12.1 Ergebnisse der Studie ... 140
12.1.1 Kognitive Funktionen ... 141
12.1.2 Emotionale Funktionen ... 146
12.1.3 Psychische Belastungen ... 148
12.1.4 Das cerebelläre kognitiv-affektive Syndrom (CCAS) ... 149
12.1.5 Übereinstimmung subjektiver und objektiver Störungen ... 149

12.2 Conclusio ... 150

13 KRITIK UND AUSBLICK.....153

13.1 Stichprobe.....153

13.2 Erhebungsverfahren.....153

13.3 Statistische Auswertung.....154

13.4 Ausblick.....154

14 ZUSAMMENFASSUNG.....156

15 LITERATURVERZEICHNIS.....159

16 TABELLENVERZEICHNIS.....172

17 ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....173

18 ANHANG.....174

18.1 Anhang A: Anamneseleitfaden.....174

18.2 Anhang B: Subjektive Einschätzung.....176

18.3 Anhang C: IAPS Bilderauswahl.....178

Anmerkung

Im folgenden Text wird zur Erhaltung des Textflusses stets die männliche Wortform gewählt. Selbstverständlich ist jeweils auch die weibliche Population damit angesprochen. Ich bitte den/die diesbezüglich kritische/n LeserIn diese Vorgehensweise zu entschuldigen.

I THEORIETEIL

1 Einleitung

In der Neuropsychologie existieren zahlreiche Forschungsmethoden. Eine der grundlegendsten Methoden hatte ihren Ursprung 1848 mit einem Mann namens Phineas Cage (Bauer & Deecke, 2006):

Diesem Mann drang, aufgrund eines Arbeitsunfalls, ein Eisenstab bei der linken Wange durch den rechten Frontallappen und trat an der rechten Stirn wieder aus. Trotz Unfall blieb er bei Bewusstsein und erfreute sich einer raschen Genesung ohne kognitive Funktionsausfälle – seine Persönlichkeit war jedoch wie ausgewechselt. Die freundliche, rücksichtsvolle Person, die er vor dem Unfall war, verwandelte sich danach in einen unkontrollierten, aggressiven, vulgären und beleidigenden Mann. Ursache für dieses Verhalten war die Läsion des orbitofrontalen Kortex, der offensichtlich für die Verhaltensweisen unserer Persönlichkeit zuständig ist.

Dieses Ereignis stellte den Anfang in der Geschichte der Läsionsstudien dar, welche zu den klassischen Forschungsmethoden der Neuropsychologie gezählt werden. Anhand dieser Methoden ist es wie auch bei Phineas Cage möglich, aus Läsionen Aufschlüsse über die Funktionen bestimmter neuronaler Strukturen zu gewinnen. Es ist zwar möglich bei Tieren künstliche Läsionen zu setzen und die Auswirkungen dieser zu untersuchen. Aussagen bezüglich höherer Hirnleistungen sind jedoch anhand dieser Methode nicht ableitbar, da der Mensch mit seiner Fähigkeit zu höheren Hirnleistungen, wie Kognition und Emotion, eine Besonderheit darstellt. Daher stellen vor allem chirurgische Eingriffe ein wesentliches Untersuchungsfeld für Zusammenhänge neuronal isolierter Läsionen mit eben diesen höheren Hirnfunktionen dar. Ziel dieses Erkenntnisgewinns ist es, daraufhin wiederum aufgrund spezifischer kognitiver und emotionaler Funktionsstörungen, auf etwaige Schäden schließen zu können. Diese Methode wird heutzutage zusätzlich durch bildgebende Verfahren (MRT, CT) gestützt, die es ermöglichen, die Läsion genau zu lokalisieren und differenziert zu beschreiben. Bestätigt wurden zahlreiche Hypothesen über Zusammenhänge zwischen neuronalen Strukturen und neuropsychologischen Funktionen wiederum in funktionellen bildgebenden Verfahren wie dem SPECT, PET oder fMRT (Bauer & Deecke, 2006).

Demnach scheint es zielführend, Patienten mit isolierten Läsionen einer umfangreichen neuropsychologischen Untersuchung zu unterziehen, um weitere Aufschlüsse bezüglich

der Funktionalität der durch die Läsion betroffenen Areale zu gewinnen und auch Aufschlüsse über die Verschaltung mit anderen Strukturen zu erhalten.

Patienten, welche an einem cerebellären pilozytischen Astrozytom, einem Tumor des Cerebellums, der vermehrt im Kindes- und Jugendalter auftritt, operiert wurden, stellen eine ebensolche Gruppe dar. Bisherige Studien an Patienten mit unterschiedlichen, in der hinteren Schädelgrube lokalisierten, Tumoren (Aarsen, Van Dongen, Paquier, Van Mourik & Catsman-Berrevoets, 2004; Beckwitt-Turkel et al., 2004; Levisohn, Cronin-Golomb & Schmahmann, 2000; Riva & Giorgi, 2000; Steinlin et al., 2003) postulieren neben den ursprünglich bekannten motorischen Funktionen als eine wesentliche Rolle des Cerebellums auch kognitive und emotionale Funktionen. Aufgrund der meist heterogenen Patientengruppen und der fehlenden Kontrolle von Störvariablen wie präoperativer Hydrocephalus und Radio- bzw. Chemotherapie scheint die Aussagekraft der Studien jedoch eingeschränkt zu sein, was sich auch in einigen sich widersprechenden Ergebnissen zeigt.

Die vorliegende Untersuchung wurde an der Universitätsklinik für Neurochirurgie des Allgemeinen Krankenhauses (AKH) der Stadt Wien unter der Leitung von Univ.-Prof. Thomas Czech in Kooperation mit dem Institut für Klinische, Biologische und Differentielle Psychologie der Fakultät für Psychologie der Universität Wien unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Ilse Kryspin-Exner (Arbeitsgruppe Klinische Psychologie) durchgeführt. Die Betreuung vorort an der Universitätsklinik für Neurochirurgie erfolgte durch Frau Dr. Eva Lehner-Baumgartner via die Universitätsklinik für Neurologie, neuropsychologische Ambulanz.

Ursprüngliches Ziel dieser Untersuchung war es, alle bisher in verschiedenen Studien untersuchten kognitiven und emotionalen Funktionen in einer homogenen Gruppe von Patienten, welchen an der Universitätsklinik für Neurochirurgie des AKH Wien im Kindes- und Jugendalter ein cerebelläres pilozytisches Astrozytom operativ entfernt wurde und welche keine Chemo- bzw. Strahlentherapie erhalten hatten, zu untersuchen und die Ergebnisse mit dem Ausmaß und der Lokalisation der cerebellären Läsion in Beziehung zu setzten. Da die MRT-Untersuchung nicht realisiert werden konnte, wurden die Ziele dieser Studie modifiziert. In einer nachfolgenden Studie soll die ursprüngliche Fragestellung erarbeitet werden, um nicht nur aufgrund der Läsion Aussagen bezüglich der Funktion des Cerebellums treffen zu können, sondern auch spezifischere Aussagen über die funktionelle Topographie des Cerebellums zu ermöglichen.

In dieser Studie soll daher primär untersucht werden, ob Patienten, welche an einem cerebellären pilozytischen Astrozytom operiert wurden, Langzeitfolgen in kognitiven (intellektuellen, attentionalen, exekutiven, mnestischen, verbalen und visuell-räumlichen) und emotionalen (Emotionserkennen und Emotionsempfinden) Funktionen bzw. hinsichtlich psychischer Belastungen entwickeln.

Im Theorieteil der Arbeit liegt der Schwerpunkt auf der Darstellung der neuropsychologischen Korrelate der spezifischen Funktionen, die theoretischen Grundlagen werden nur kurz erläutert bzw. wird der Leser auf die entsprechende Literatur verwiesen. Ein besonderer Schwerpunkt ist hierbei auf die emotionalen Funktionen gerichtet, da diese in bisherigen Studien eher unsystematisch bzw. überhaupt nicht erhoben wurden. In einem weiteren Kapitel werden auch die neuronalen Korrelate psychischer Belastungen kurz erläutert und spezifischer auf die Neuropsychologie der Affektregulation eingegangen. Da bei dieser Studie Langzeitfolgen untersucht werden, folgt ein Kapitel, welches die Plastizität des Gehirns bzw. die ontogenetische Entwicklung der spezifischen neuropsychologischen Funktionen erläutert. Daraufhin wird auf die Anatomie und Funktionalität des Cerebellums eingegangen und das cerebelläre pilozytische Astrozytom beschrieben. Zuletzt folgen eine Auseinandersetzung mit bisherigen Studien zu diesem Thema und die daraus abgeleitete Relevanz dieser Untersuchung. Im empirischen Teil werden die Ziele, Fragestellungen und Hypothesen formuliert und daraufhin die methodischen Komponenten der Untersuchung mit der Variablenauswahl und Beschreibung der statistischen und diagnostischen Verfahren erläutert. Die Stichprobenbeschreibung und die statistische Datenanalyse befinden sich im Kapitel „Darstellung der Ergebnisse“. Im Anschluss folgt die Diskussion und Interpretation der aus der Studie resultierenden Ergebnisse. Abschließend werden in der Zusammenfassung nochmals alle relevanten Inhalte dargestellt.

2 Neuropsychologische Korrelate kognitiver und emotionaler Funktionen

In den folgenden Abschnitten wird auf einige aktuelle Theorien verschiedener kognitiver und emotionaler Funktionen eingegangen, die neuronalen Korrelate, welche mit der jeweiligen Funktion in Verbindung gebracht werden, erörtert und die verschiedenen neuropsychologischen Funktionen zueinander in Verbindung gesetzt. Bevor die elementaren Kognitionen erörtert werden, soll auf die Intelligenz als höchste Hirnleistung eingegangen werden.

2.1 Intelligenz

Wechsler (1948) definiert Intelligenz als „zusammengesetzte oder globale Fähigkeit des Individuums, zweckvoll zu handeln, vernünftig zu denken und sich mit seiner Umgebung wirkungsvoll auseinander zu setzen“. Für weitere Definitionen der Intelligenz, siehe Amelang et al. (2006).

2.1.1 Theoretische Grundlagen und neuronale Korrelate der Intelligenz

In der Literatur existieren zahlreiche *psychologische Theorien* zur Intelligenz, die von unterschiedlich vielen Faktoren ausgehen (z.B. Guilford, 1956; Spearman, 1904; Thurstone, 1931; Vernon, 1965; Wechsler, 1948).

Ein wesentliches psychologisches Modell, welches auch in der Intelligenzdiagnostik hinsichtlich verbaler und nonverbaler Intelligenz Berücksichtigung findet (Kubinger, 2006), ist das *Modell von Catell* (1963). Die fluide Intelligenz („g_f“) dient der Anpassung an neue Probleme oder Situationen, ohne hierfür auf Lernerfahrung zurückgreifen zu müssen. Die kristallisierte allgemeine Intelligenz („g_c“) beruht hingegen auf Gelerntem und ist vom kulturellen Kontext abhängig. Die fluide Intelligenz gilt jedoch als wesentliche Voraussetzung für die Ausbildung der kristallinen Intelligenz.

Auf neuronaler Ebene wird unter Intelligenz die Eigenschaft des zentralen Nervensystems verstanden, Informationen rasch und korrekt bearbeiten zu können (Amelang et al., 2006). Die „Neural Efficiency – Hypothese“ von Sternberg und Kaufman (1998) besagt, dass Personen mit höherer Intelligenz einerseits bessere Leistungen aufgrund ihrer effizienten, räumlich fokussierten Aktivierung des Gehirns erzielen könnten. Andererseits bestehe die Möglichkeit, dass es für intelligentere Personen bei Aufgaben mit bestimmtem

Schwierigkeitsgrad einer geringeren Anstrengung und daher einer geringeren Aktivierung des Gehirns bedarf. Dies entspricht auch der „Mental Effort“-Hypothese von Larson, Haier, LaCasse & Hazen (1995). Des Weiteren besteht noch die Möglichkeit, dass eine dritte Variable, wie z.B. biologische, strukturelle oder anatomische Charakteristika des Gehirns, sowohl neuronale Effizienz als auch Intelligenz bedingt (Sternberg & Kaufman, 1995).

Als mögliches Korrelat dieser neurobiologischen Eigenschaft des Gehirns werden derzeit die Größe des Gehirns, die Myelinisierung, die Zahl der Neuronen, die Zahl dendritischer Verzweigungen, die Zahl der Synapsen oder die synaptische Effizienz vermutet. Abgesehen von mikrostrukturellen Hirneigenschaften wird seit einiger Zeit auch dem Präfrontalkortex (PFC) eine wesentliche Rolle für Intelligenz zugeschrieben (Hennig & Netter, 2005). Für die Frage, ob der präfrontale Kortex oder allgemeine hirnanatomische Charakteristika (Myelinisierung, Zahl der Synapsen usw.) das biologische Korrelat für Intelligenz darstellen, wäre folgender Vergleich passend:

„Die Qualität der Aufführung einer Symphonie ist einerseits eine Funktion der Leitung durch den Dirigenten (PFC), hängt aber andererseits auch von dem Können der Musiker im Orchester (Verschaltung) ab (Hennig & Netter, 2005, S. 187)“.

2.2 Aufmerksamkeit

Unsere Sinnesorgane erhalten zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Unmenge an Reizen verschiedener Modalitäten. Tatsächlich bewusst wird jedoch nur ein kleiner Anteil dieser Information, indem die Information mit dem Ziel, Verhalten effizient zu steuern, selektiert wird (Müller & Krummenacher, 2006).

2.2.1 Theoretische Grundlagen und neuronale Korrelate der Aufmerksamkeit

Zahlreiche *psychologische Aufmerksamkeitstheorien* (z.B. Broadbent, 1958; Treisman, 1960) postulieren im Sinne der Flaschenhalstheorien eine limitierte Kapazität der Aufmerksamkeit. Ausgehend von der Annahme einer einheitlichen Funktion von Aufmerksamkeitsprozessen entwickelte sich eine zunehmend differenzierte Sicht von verschiedenen unabhängigen *Komponenten der Aufmerksamkeit* (Birbaumer & Schmidt, 2003). Posner und Boies (1971) postulierten ein theoretisch fundiertes Modell der Aufmerksamkeit mit drei wesentlichen Komponenten: Hierzu zählen die Alertness bzw. Daueraufmerksamkeit (tonische und phasische Reaktionsbereitschaft), die selektive Aufmerksamkeit und die zentrale Verarbeitungskapazität (geteilte Aufmerksamkeit und

Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit). Des Weiteren wird auch zwischen ortsbasierter und objektbasierter Aufmerksamkeit unterschieden (Müller & Krummenacher, 2006).

Das *neuronale Korrelat von Aufmerksamkeitsprozessen* stellen Aktivitätsänderungen sensorischer Neurone dar. Die selektive Erhöhung oder Verringerung der Aktivität ist von der Verhaltensrelevanz der sensorischen Reize abhängig und hat zur Folge, dass die beachteten Reize stärker neuronal repräsentiert sind und die Repräsentation der nicht beachteten Reize abgeschwächt wird (Müller & Krummenacher, 2006).
Das Korrelat von *Wachheit und Aufmerksamkeit* stellt das im Hirnstamm entspringende „Aszendierende Retikuläre Aktivierungs-System“ (ARAS) dar (Schmidbauer, 2006).
Das *limitierte Kapazitäts-Kontrollsystem* (LCCS) bestimmt die Grenzen der Aufmerksamkeit und steuert das Bewusstsein auf der Basis von neuen und relevanten Reizen durch Ressourcenzuteilung der neuronalen Aktivierung. Abhängig von den Aufgaben der kontrollierten Aufmerksamkeit kommt es zu unterschiedlichen Aktivierungen der Hirnsysteme im LCCS. Die linke perisylvische Region wird bei verbal-syntaktischen, der rechte posteriore Parietallappen bei visuell-räumlichen Aufgaben aktiviert. Das Setzen von Prioritäten führt zu einer Aktivierung des präfrontalen Kortex, die Selektion von Informationen zur Aktivierung von Teilen des Thalamus und die Aufmerksamkeitsmobilisierung zur Aktivierung des Gyrus cinguli und des PFC. Man vermutet jedoch eine parallele Verarbeitung der Information in mehreren Systemen des LCCS. Der Nucleus reticularis thalami und das Pulvinar haben die Aufgabe, eine Überforderung des kortikalen Systems zu vermeiden, indem sie die spezifischen Thalamuskerne hemmen oder erregen. Um die eingehenden Informationen hinsichtlich der Prioritäten selektiv zu verstärken, wird der Nucleus reticularis thalami selbst einerseits durch den PFC und durch die Basalganglien selektiv gehemmt oder erregt (Birbaumer & Schmidt, 2003; Posner und Raichle, 1996).

2.3 Gedächtnis

2.3.1 Theoretische Grundlagen und neuronale Korrelate des Gedächtnisses

Die *Unterteilung des Gedächtnisses* erfolgt hinsichtlich chronologischer Kriterien in das sensorische Gedächtnis (Ultra-Kurzzeitgedächtnis), das Arbeitsgedächtnis - auch

Kurzzeitgedächtnis (KZG) genannt - und das Langzeitgedächtnis (LZG) mit der Differenzierung in semantisches (Wissen), episodisches (Ereignisse) und prozedurales (Fertigkeiten) Gedächtnis (Bodenburg, 2001; Lehrner & Brenner-Walter, 2006).

Das *Arbeitsgedächtnis*, genauer betrachtet, dient dazu, Informationen über kurze Zeit zu behalten und zu bearbeiten (Goldenberg, 2007). Die Kapazität des KZG ist auf 7 ± 2 Elemente limitiert. Durch das Organisieren von Wissenselementen zu Gruppierungen, sog. „Chunks", wird jedoch die Speicherung großer Informationsmengen im KZG möglich (Birbaumer & Schmidt, 2003). Baddeley (1992) postuliert eine Differenzierung des Arbeitsgedächtnisses in ein zentrales Kontrollsystem und zwei spezialisierte Subsysteme unterschiedlicher Gedächtnisspannen. Die phonologische Schleife dient dem kurzfristigen Behalten verbaler Information, der visuell-räumliche „Notizblock" (scratchpad) dient der Speicherung bildhafter und räumlicher Informationen. Aufgabe der Zentralen Kontrolle ist es, die Subsysteme zu überwachen. Bedarf es beispielsweise einer aktiven Bearbeitung einer Information im Arbeitsgedächtnis, schaltet sich die zentrale Kontrollinstanz ein.

Um Inhalte im expliziten Gedächtnis zu speichern und wieder abzurufen, bedarf es bestimmter *Gedächtnisprozesse* (Lehrner & Brenner-Walter, 2006): Die Konsolidierung bewirkt die dauerhafte Speicherung von Inhalten im Gedächtnis. Dies geschieht durch Wiederholung der Information im KZG. Je umfangreicher die Enkodierung der Inhalte erfolgt, desto besser wird die Information im Gedächtnis behalten. Der Abruf von Inhalten aus dem expliziten Gedächtnis kann sowohl unbewusst als auch bewusst im Sinne einer gezielten Suche ablaufen (Lehrner & Brenner-Walter, 2006). Die zentrale Kontrollinstanz steuert diese Suchprozesse (Goldenberg, 2007). Für einen Überblick über die Gedächtnissysteme, - prozesse und -inhalte siehe Abb.2.1.

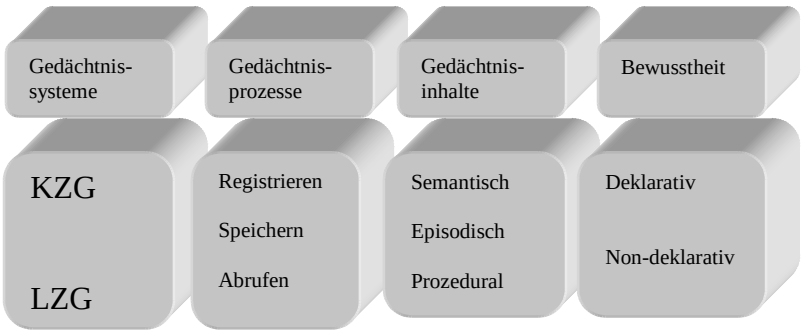


Abb.2.1 Zusammenfassung der Gedächtnissysteme, -inhalte und –prozesse (modifiziert nach Bodenburg, 2001)

Auf *neuronaler Ebene* werden das KZG und das LZG unterschiedlich verarbeitet. So scheinen vor allem parietale und präfrontale Areale des Neokortex für das *Arbeitsgedächtnis* zuständig zu sein, während zwei Schaltkreise des limbischen Systems bei der Speicherung und dem Transfer der Information ins *Langzeitgedächtnis* eine wesentliche Rolle spielen. Der Papez´sche Schaltkreis besteht aus der Hippokampus-Formation, den Mammillarkörpern, dem anterioren Thalamus, dem cingulären Kortex, dem Fornix, dem Cingulum sowie aus dem mamillothalamischen Trakt und den thalamokortikalen Pedunkeln und dient der Analyse kognitiver Komponenten neu eintreffender Information. Der basolateral-limbische Schaltkreis mit der Amygdala, dem mediodorsalen Thalamus und der Area subcallosa ist für die Bewertung der emotionalen Anteile einlangender Information zuständig (Markowitsch, 2006).

Die *Konsolidierung* basiert auf der verstärkten Verknüpfung von Synapsen (Lehrner & Brenner-Walter, 2006). Durch die Veränderung synaptischer Verbindungen in den Netzwerken wird die Wahrscheinlichkeit verändert, mit der ein bestimmtes Netzwerkmuster wieder aktiviert wird. Dadurch werden Repräsentationen mit unterschiedlichen mentalen Prozessen verknüpft. Die Repräsentation der Erfahrung erfolgt bei ihrem *Abruf* in jenen Gehirnregionen, in denen die ursprüngliche Reaktion zu einer Aktivierung führte, wobei nur ein ähnliches Netzwerkmuster, aber nicht das identische, aktiviert wird (Siegel, 2006). Für den Abruf von Gedächtnisinformationen aus dem LZG scheinen vor allem der präfrontale Kortex und der Temporalpol zuständig zu sein, wobei der Abruf episodischer Inhalte in diesen Strukturen rechtshemisphärisch, der Abruf semantischer Inhalte jedoch linkshemisphärisch gesteuert wird. Für das Abrufen neutraler Information, deren Speicherung weniger als einen Tag zurück liegt, scheint nur der Präfrontalkortex zuständig zu sein (Markowitsch, 2006). *Implizite Gedächtnisinhalte* werden nicht mit Hilfe des limbischen Systems, sondern in anderen Strukturen gespeichert (Lehrner & Brenner-Walter, 2006) und in eben diesen Strukturen wieder abgerufen (Markowitsch, 2006). Für eine Zusammenfassung der neuronalen Grundlagen der verschiedenen Gedächtnissysteme, -inhalte und -prozesse siehe Abb. 2.2.

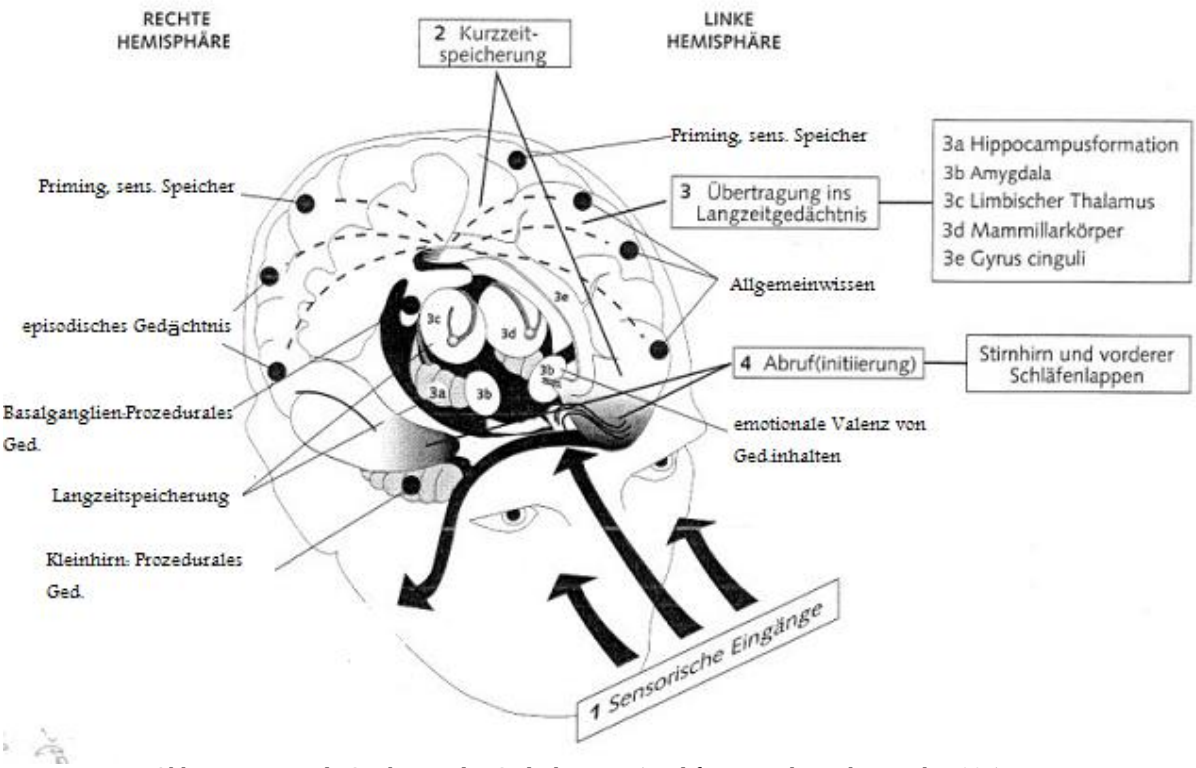


Abb. 2.2 Neuronale Strukturen des Gedächtnisses (modifiziert nach Markowitsch, 2005)

2.4 Exekutivfunktionen

Unter Exekutivfunktionen sind heterogene Funktionen zu verstehen, die es ermöglichen, das Verhalten auf ein Ziel auszurichten (Ullsperger & von Cramon, 2006) und Verhaltensmuster und Strategien an die gegebenen Bedingungen und den motivationalen und emotionalen Zustand der Person flexibel anzupassen (Thier, 2006).

2.4.1 Theoretische Grundlagen und neuronale Korrelate der Exekutivfunktionen

Mechanismen, welche zu dem Oberbegriff „Exekutivfunktionen“ gezählt werden, sind in Abb. 2.3 dargestellt.

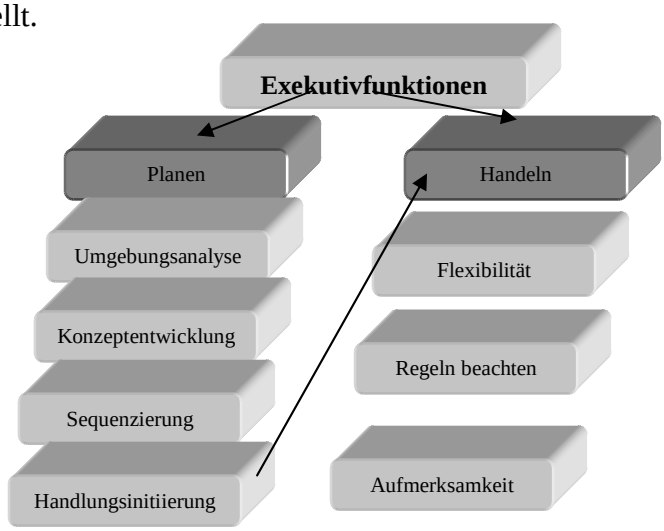


Abb. 2.3 Komponenten der Exekutivfunktionen (modifiziert nach Bodenburg, 2001)

Die Funktionen selbst können wiederum zu den Oberbegriffen Handlungsplanung, Monitoring (Handlungsüberwachung; Vergleich zwischen Ist- und Sollrepräsentationen), Aufmerksamkeitskontrolle und Arbeitsgedächtnisfunktionen (im Sinne der zentralen Kontrolle) zusammengefasst werden (Ullsperger & von Cramon, 2006).

Zu den *kognitiven Theorien* zählt unter anderem die *Theorie von Shallice und Norman* (1980, zitiert nach Kammer & Karnath, 2006, S. 496). Nach dieser Theorie, werden bei bekannten einfachen Situationen konkurrierende Handlungsschemata durch den "Contention Scheduling"-Modus (CS-Modus) unterdrückt, um einem drohenden Handlungskonflikt entgegenzuwirken, damit Verhaltensprogramme schnell und ökonomisch ablaufen können. In unbekannten komplexen Situationen, in denen keine (passenden) Schemata vorhanden sind, erfolgt die Umschaltung auf das „Supervisory Attentional System" (SAS-Modus), welches bewusst kontrolliert wird und flexibel, jedoch viel langsamer als der CS-Modus ist. Durch dieses System kann die Person Prioritäten setzen und laufende Handlungen unterbrechen.
Hier wird der Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnis und Exekutivfunktionen sichtbar, da die in Abschnitt 2.3 erwähnte Theorie der Zentralen Exekutive (Baddeley, 1992) dem SAS entspricht und aus eben dieser Theorie entwickelt wurde.
Das *„Konzept der somatischen Marker"* von Damasio, Tranel & Damasio (Bechara & Damasio, 2005) kann zu den neuropsychologischen Theorien der Exekutivfunktionen gezählt werden. Dieses Konzept postuliert, dass bei komplexen Entscheidungen emotionale Komponenten durch präfrontale Areale geprägt werden und sich spürbar, vermittelt durch den Hypothalamus, im vegetativen System des Körpers manifestieren. Diese resultierenden visceralen und endokrinen Prozesse bezeichnen Damasio und Mitarbeiter als somatische Marker. Zusammen mit Vorerfahrungen werden diese nicht-bewussten affektiven Bewertungen abgerufen und können eine Tendenz für oder gegen ein Verhalten verstärken (z.B. ein flaues Gefühl in einer möglicherweise ungünstigen Situation).

Demnach scheint als wesentliches *neuronales Korrelat der Exekutivfunktionen* der *PFC* zu fungieren. Aufgrund seiner bidirektionalen Verschaltungen mit einem Großteil der Hirnstrukturen ist es möglich, die Information aus sensorischen, motorischen und somatischen Systemen im PFC zu integrieren (Ullsberger & von Cramon, 2006).

Exekutivfunktionen entstehen also vermutlich als Eigenschaften der Gesamtheit oder der Interaktion zwischen anderen Funktionen des ZNS (Mathes von Cramon, 2006).

Theorien zum PFC gehen davon aus, dass diese Struktur eine wesentliche Rolle bei der Auswahl und Veränderung von Verhalten unter Berücksichtigung interner und externer Kontextbedingungen spielt (Thier, 2006). In neuen, komplexen Situationen tritt wie schon erwähnt das „SAS“ bzw. die „Zentrale Kontrolle“ in Aktion, um flexibles Verhalten zu ermöglichen. Morphologisch und anatomisch entspricht diese Instanz im Wesentlichen dem PFC mit seinen kortikal-subkortikalen Netzwerken (Sattler, 2006).

Die wesentliche Funktion des PFC ist es spezifische neuronale Entladungsmuster, sog. „Bias-Signale“, zu generieren. Diese werden an die mit dem PFC verbundenen Hirnstrukturen weitergeleitet, um dort die Informationsverarbeitung zu verändern. Die gewünschte Beziehung zwischen Situation und Verhalten wird abhängig von externen und internen Kontextbedingungen durch ein „Bias-Signal“ verstärkt bzw. die unerwünschte Beziehung durch das Signal geschwächt (Miller und Cohen, 2001, zitiert nach Thier, 2006, S. 474f.). Die dopaminergen Projektionen aus dem ventralen Tegmentum des Mittelhirns spielen eine entscheidende Rolle für die Fähigkeit des PFC, sich an veränderte Randbedingungen anzupassen und die jeweils passenden „Bias-Signale“ zu generieren (Thier, 2006).

Neben dem PFC scheinen auch *posteriore Strukturen des Cerebellums* in Exekutivfunktionen involviert zu sein (Schmahmann & Sherman, 1998). Als Ursache hierfür werden die bidirektionalen Verbindungen des Cerebellums mit frontalen Regionen angenommen (Connor et al., 2006; Kalashnikova, Zueva, Pugacheva & Korsakova, 2005; Karatekin, Lazareff & Asarnow, 2000).

2.5 Visuell-räumliche Funktionen

Zu den visuell-räumlichen Fertigkeiten werden das Lokalisieren von Objekten im Raum, das Beurteilen von Richtungen und Distanzen im Raum und die Lokalisation des eigenen Körpers im Raum gezählt (Birbaumer & Schmidt, 2003).

2.5.1 Theoretische Grundlagen und neuronale Korrelate der visuell-räumlichen Funktionen

Visuell-räumliche Fertigkeiten werden selbst wiederum in die visuelle Raumwahrnehmung, die räumlich-topographische Orientierung und räumlich-kognitive

bzw. räumlich-konstruktive Funktionen (Bodenburg, 2001; Goldenberg, 2007; Kerkhoff, 2006) unterteilt. Räumlich-konstruktive Fertigkeiten ermöglichen, genauer betrachtet, die manuelle Konstruktion einer Gesamtfigur aus einzelnen Teilen (Kerkhoff, 2006). Diese Funktionen können einerseits durch die Verwendung von Hand- und Armbewegungen, aber auch durch mentale Operationen durchgeführt werden. Vorausgesetzt wird hierfür die korrekte Wahrnehmung der Ausrichtung, der Länge und der Lageverhältnisse der Teilstücke- also die visuelle Raumwahrnehmung. Wesentlich für visuo-konstruktive Fertigkeiten ist auch das Arbeitsgedächtnis, da die zu konstruierende Vorlage kurz im Arbeitsgedächtnis bereitgehalten werden muss (Goldenberg, 2007).

Was die *neuronalen Korrelate visuell-räumlicher Funktion*en anbelangt, so sind die visuellen Areale im gesamten Bereich des okzipitalen Kortex angesiedelt. Aus den retinotop organisierten visuellen Arealen werden die Informationen zu den visuellen Assoziations- und Integrationsarealen des Parietal- und Temporallappens geleitet (siehe Abb. 2.4). Die Information wird parallel in unterschiedlichen Arealen verarbeitet (Birbaumer & Schmidt, 2003). Es existieren zwei getrennte Projektionssysteme: Die Verarbeitung visuell-räumlicher Informationen findet in hinteren parietalen und präfrontalen Assoziationsarealen (dorsales visuelles System) statt, wobei die präfrontalen Regionen die visuell gesteuerten Bewegungen überprüfen. Die Objektwahrnehmung ist hingegen in unteren temporalen Strukturen (ventrales System) lokalisiert (Birbaumer & Schmidt, 2003; Bodenburg, 2001; Kerkhoff, 2006). Generell scheint die rechte Hemisphäre für die räumliche Orientierung zuständig zu sein. Der linken Parietalregion werden nur sequentiell-räumliche Leistungen zugesprochen (Birbaumer & Schmidt, 2003). Räumlich-konstruktive Funktionen stellen die Schnittstelle zwischen visueller Wahrnehmung und motorischer Handlung im Raum dar. Zusätzlich bedarf es der Verarbeitung kinästhetischer Information und der Kontrolle der Bewegung. Als Voraussetzung für koordinierte, kontrollierte Bewegungen wird ein Feedbackprozess zwischen sensorisch wahrgenommenen Informationen und der motorischen Handlung angenommen (siehe auch Kontrolltheorie Abschnitt 5.4.2) (Bodenburg, 2001). Da Störungen räumlich-konstruktiver Fertigkeiten auch häufig mit Störungen der Exekutivfunktionen einhergehen, nimmt man an, dass parietofrontale Hirnregionen an dem Transformationsprozess visuell-räumlicher Informationen in visuomotorische Handlungen beteiligt sind. Räumlich-kognitive Leistungen scheinen ebenfalls in parietalen Regionen lokalisiert zu sein (Kerkhoff, 2006).

Für die räumlich-topographische Orientierung spielt die Verbindung des inferioren Parietallappens zum Hippokampus, der für das räumliche Gedächtnis zuständig ist, eine wesentliche Rolle (Birbaumer & Schmidt, 2003; Bodenburg, 2001).

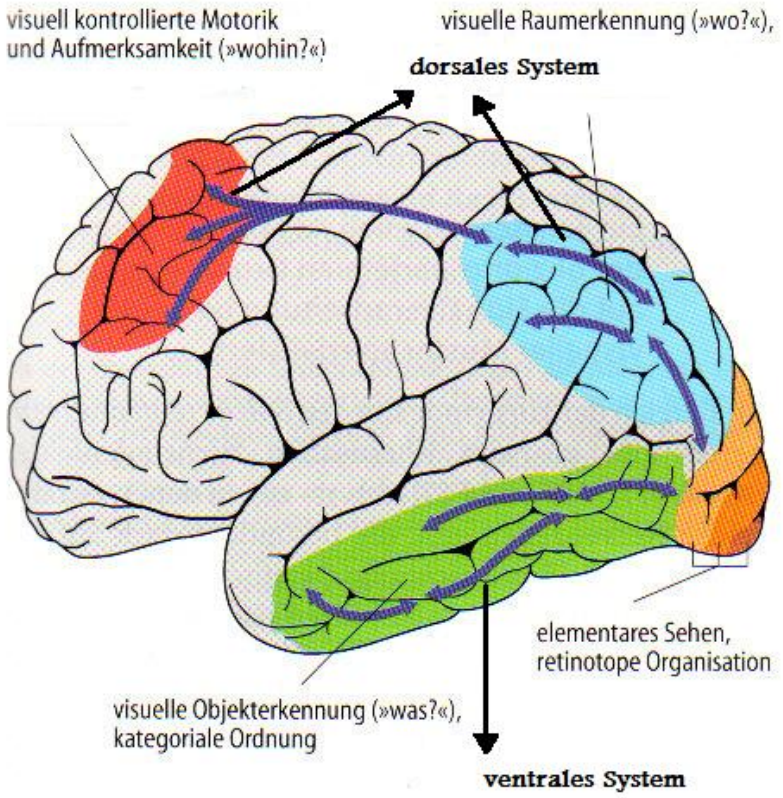


Abb. 2.4 Schema der Verteilung unterschiedlicher visueller Funktionen (modifiziert nach Birbaumer & Schmidt, 2003)

2.6 Sprache

Der Sprache wird einerseits eine kommunikative Funktion, andererseits auch eine kognitive Funktion zugesprochen, wonach Sprache als symbolischer Prozess gesehen wird, der es ermöglicht, gedankliche Operationen vorzunehmen (De Bleser, 2006).

2.6.1 Theoretische Grundlagen und neuronale Korrelate der Sprache

Ein gängiges *Modell des Sprachverständnisses* und der Sprachverarbeitung (Bartha, 2006; Goldenberg, 2007) geht von der Verarbeitung einzelner Wörter in verschiedenen Modalitäten aus (siehe Abb.2.5):

Ein gehörtes Wort wird anhand der auditiven Wortanalyse analysiert und diese Information wird an das phonologische Eingangslexikon gesandt. In einem weiteren Schritt erfolgt im semantischen System der Abruf der Bedeutung des Wortes. Die *Produktion von Wörtern* findet ihren Ausgangspunkt in eben diesem semantischen

System. Um der Bedeutung den passenden phonologischen Eintrag zuzuordnen, wird die Information über das phonologische Ausgangslexikon zur Phonemebene geleitet, wo die lautliche Verwirklichung des Wortes anhand der motorischen Planung der Artikulation stattfindet. *Einem gesehenen Wort* werden in der visuellen Wortanalyse Grapheme (z.B. Buchstaben) zugeordnet, deren Zusammensetzung im orthographischen Eingangslexikon mit den gespeicherten Graphemfolgen verglichen wird. Die Bedeutung des gefundenen Eintrages wird wiederum mit Hilfe des semantischen Systems eruiert. Ist im orthographischen Eingangslexikon kein Eintrag gespeichert, kann dennoch über die Graphem-Phonem-Konvertierung gelesen werden. Hierbei werden einzelne Grapheme in Phoneme konvertiert und die Phoneme daraufhin der Reihe nach zu einem Wort zusammengesetzt (z.B. „Nenebrast“). Ausgangspunkt des *Schreibens* ist ebenfalls das semantische System. Die geschriebenen Formen von Wörtern sind im orthographischen Ausgangslexikon gespeichert und die schriftliche Realisierung des Wortes erfolgt über die Graphemebene anhand der motorischen Planung des Schreibvorganges. Schreiben, ohne das Wort zu verstehen, gelingt wiederum über den Weg der Phonem-Graphem-Konvertierung. Eine wesentliche Grundlage für die Graphem-Phonem-Konvertierung beim Lesen bzw. die Phonem-Graphem-Konvertierung beim Schreiben und die darauf folgende Zusammensetzung der resultierenden Phoneme bzw. Grapheme stellt wiederum das phonologische Arbeitsgedächtnis dar, da es die Bereitstellung aller Phoneme bzw. Grapheme ermöglicht, bis das gesamte Wort erkannt wird.

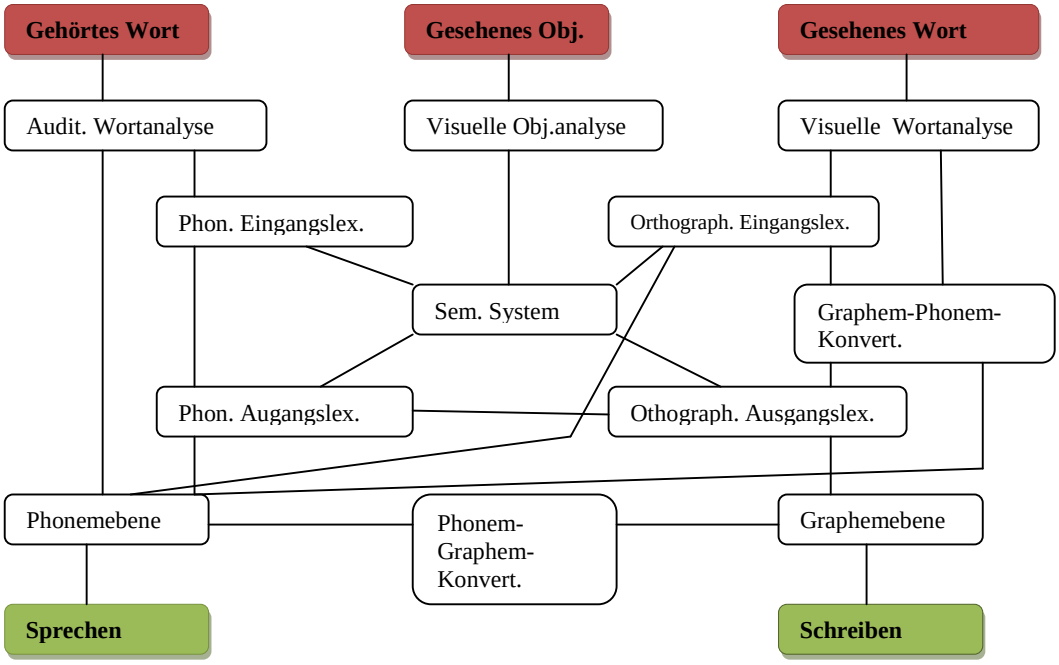


Abb.2.5 Linguistisches Modell der Sprache (modifiziert nach Bartha, 2006)

Auf *neuronaler Ebene* scheint Sprache bei Rechtshändern zu 90% in der linken Hemisphäre lokalisiert, bei Linkshändern und Ambidextern (Beidhänder) aber viel variabler lateralisiert zu sein (Bartha, 2006). Heute geht man davon aus, dass die für *Sprachverarbeitung* zuständigen neuronalen Strukturen, im perisylvischen Kortex und angrenzenden Arealen lokalisiert sind (Birbaumer & Schmidt, 2003; Bartha, 2006). Die perisylvische Sprachregion (siehe Abb. 2.6) umfasst sowohl die für den Input als auch für den Output erforderlichen primären Rindenfelder. Innerhalb der perisylvischen Region wird nach wie vor zwischen dem Broca-Areal, präfrontal, und dem Wernicke-Areal, temporal gelegen, differenziert, wobei eine Zusammenarbeit beider Regionen sowohl beim Sprachverständnis als auch bei der Sprachproduktion angenommen wird. Die Funktionen der perisylvischen Sprachregion sind, entsprechend dem Modell der Sprachverarbeitung, unterteilt in die Steuerung der Artikulation, die im vorderen Teil der Region lokalisiert ist, das phonologische Lexikon, welches im Zentrum der Region lokalisiert ist und das semantische Lexikon im hinteren Teil der Region. In unterhalb angrenzenden Gebieten ist das semantische Gedächtnis und in frontal angrenzenden Gebieten ist die zentrale Kontrolle des Arbeitsgedächtnisses lokalisiert (Goldenberg, 2007). Die Verarbeitung semantisch-lexikalischer Information führt demnach zu einer Aktivierung mittlerer temporaler und unterer präfrontaler Areale (Friederici, 2006).

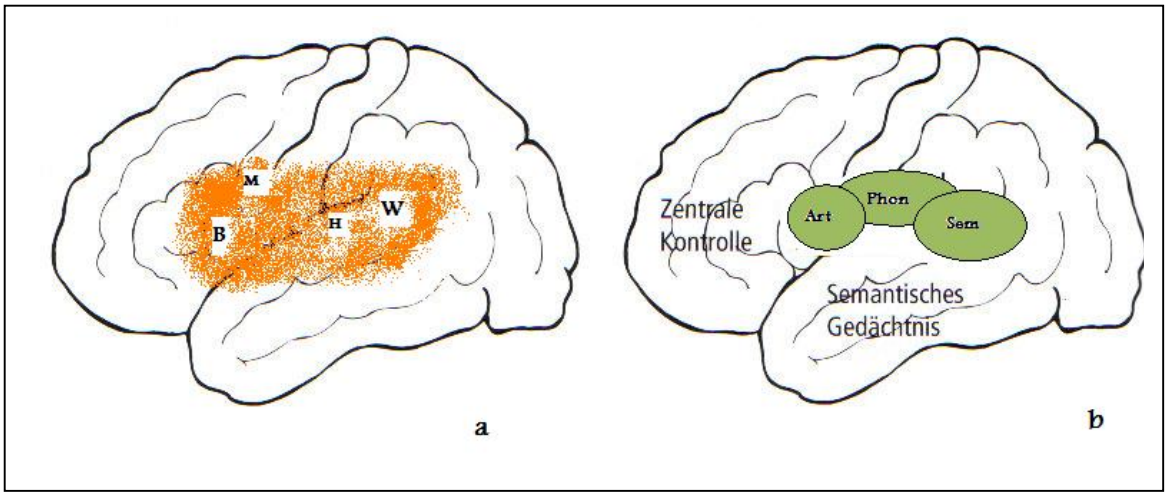


Abb. 2.6 Die perisylvische Sprachregion: a) ihre Areale: M (Mundmotorisches Areal des primären motorischen Kortex), H (primäre Hörrinde), B (Broca-Areal), W (Wernicke-Areal); b) funktionelle Gliederung: Art (Steuerung der Artikulation), Phon (phonologische Lexikon); Sem (semantisches Lexikon) (modifiziert nach Goldenberg, 2007)

Die posterior an die perisylvische Sprachregion angrenzenden Areale sind vor allem an der *Schriftsprache* beteiligt (siehe Abb. 2.7). Das orthographische Lexikon ist im unteren

Parietallappen lokalisiert, während die Region, in welcher die Grapheme in die Form von Buchstaben umgesetzt werden, ein wenig weiter oben lokalisiert ist. Für das Erkennen von Buchstaben und Wörtern ist eine Region innerhalb der sekundären visuellen Rinde zuständig. Die Graphem-Phonem-Konversion entspricht der Verbindung zwischen den Eigenschaften der Buchstaben und dem phonematischen Lexikon (Goldenberg, 2007).

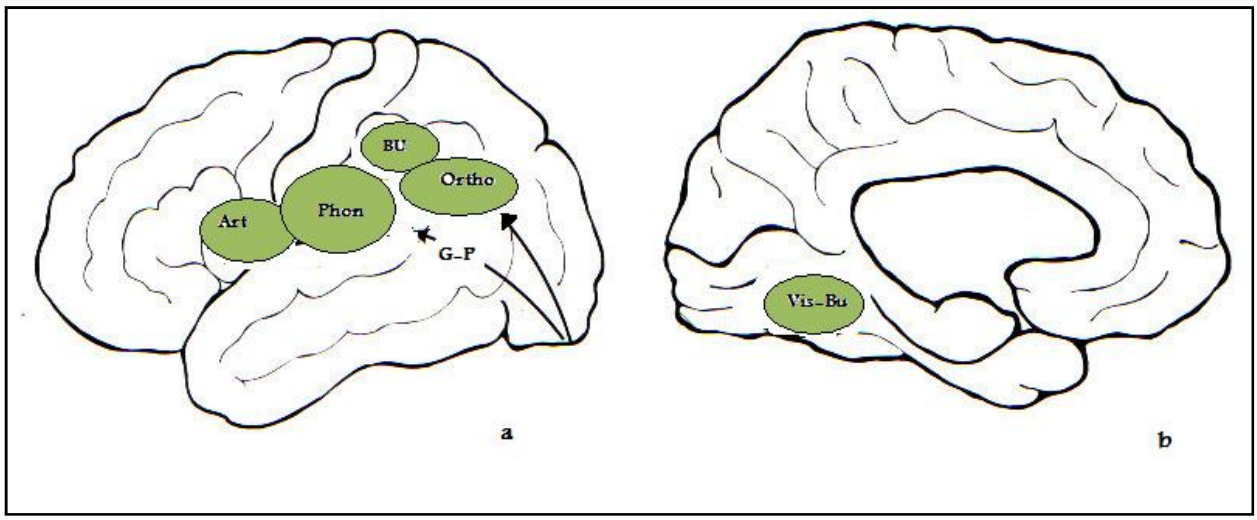


Abb. 2.7 Areale der Schriftsprache: Ortho (orthographisches Lexikon), Bu (Umsetzung der zu schreibenden Grapheme in Buchstabenform), Vis Bu (Erkennen von Buchstaben und Wörtern); Pfeile zeigen die Information, die vom visuellen Buchstabenareal in die beiden Leserouten gelangt (modifiziert nach Goldenberg, 2007).

2.7 Emotionen

„Everyone knows what an emotion is…until one is asked to give a definition“ (Fehr & Russel, 1984).

2.7.1 Begriffsabgrenzung, Definition und theoretische Überlegungen

Emotionen stellen die Repräsentation einer kurzen Episode synchron ablaufender Reaktionen sämtlicher bzw. der meisten Subsysteme des Organismus auf die Bewertung eines externalen oder internalen Ereignisses, welches für den Organismus von besonderer Bedeutung ist, dar (Peper, 2008). Damasio (2001) beschreibt Emotionen als Veränderungen des somatischen und autonomen Nervensystems bzw. endokriner Systeme, wodurch ein emotionaler Zustand entsteht, der die Aktivierung spezifischer emotionaler Reaktionen beinhaltet. Gefühle hingegen werden als die mentale Repräsentation dieser physiologischen Veränderungen verstanden. Während Emotionen

bei bestimmten Reizen eine rasche Reaktion des Organismus ermöglichen, sorgen Gefühle für die mentale Bewertung[1].

Die vegetativen Veränderungen dienen vorwiegend der Handlungsvorbereitung (z.B. Flucht vs. Bewegungsstarre), während Ausdrucksreaktionen von Emotionen (siehe auch Abschnitt 2.7.4) überwiegend kommunikative Funktion haben (Birbaumer & Schmidt, 2003; Hamm, 2006).

In der Literatur finden sich verschiedene Kategorisierungen von Emotionen (z.B. von Izard, McDougall, Kruse, Ekman usw.), die einander teils auch überschneiden (Rost, 2001). Heute ist man sich relativ einig über eine begrenzte Anzahl an Basisemotionen, die auf durch Erfahrung geleiteten Kategorisierungen basieren und mit Hilfe der Sprache als Furcht, Ärger usw. beschrieben werden (Hamm, 2006). Zu den primären Emotionen zählen Freude, Trauer, Furcht, Wut, Überraschung und Ekel. Evolutionär gesehen hatten diese primären Emotionen Appellcharakter, um die Umgebung über ablaufende Motivationen zu informieren (Birbaumer & Schmidt, 2003).

2.7.2 Neuronale Korrelate der Emotionen

Eine Emotion ist eine vielfältige Sammlung von chemischen und neuronalen Antworten, die vom Gehirn produziert werden, wenn ein emotional kompetenter Reiz entdeckt wird (Damasio, 2001).

Aus postulierten Schaltkreisen und Emotionssystemen wie dem Papez´schen Schaltkreis und dem limbischen System (Markowitsch, 2006; Peper, 2008) resultierte die Erkenntnis, dass eine Gruppe von Strukturen, die mit Emotionen in Verbindung gebracht werden, dazu dient, die Wahrnehmung sensorischer Reize (somatisch, viszeral und endokrin) mit emotionsabhängigen Körperzuständen zu verbinden. Nach der Wahrnehmung eines emotionalen Reizes in *primären sensorischen Arealen und Regionen des Assoziationskortex* wird die Wahrnehmung in *limbischen Strukturen* (Amygdala, orbitofrontaler Kortex und ventrales Striatum) mit Emotionen verknüpft (Adolphs, 2006). Die Amygdala dient vor allem dem Wiedererkennen unangenehmer Emotionen (Adolphs, 2006; Peper, 2008; Phan, Wager, Taylor & Liberzon; 2002). Der orbitale Präfrontalkortex bestimmt die appetitive bzw. aversive Valenz eines Reizes und ist gemeinsam mit der Amygdala daran beteiligt, affektive Reizantworten zu generieren.

[1]Anmerkung: Da nicht anzunehmen ist, dass diese Unterscheidung von allen Autoren berücksichtigt wurde, werden im folgenden Abschnitt die Begriffe „Emotion“ und „Gefühl“ synonym verwendet. Davon ausgenommen ist der Ansatz von Damasio, bei welchem die Differenzierung berücksichtigt wurde.

Neben physiologisch-affektiven Reaktionen kann diese Struktur auch an mentalen Prozessen wie der Rekonstruktion und Imagination von eigenen Gefühlen und denen anderer Personen beteiligt sein (Adolphs, 2006; Peper, 2008). Die oben erläuterten Strukturen weisen Projektionen zu *Effektorstrukturen* (Hypothalamus, graue Substanz des Aquädukts und Kerne des Hirnstamms) auf, die im Körper die eigentliche emotionale Veränderung (motorischer, vegetativer und endokriner Output) auslösen (Adolphs, 2006). Da beispielsweise amygdaloide Efferenzen in tieferliegende Strukturen reichen, wird eine automatische und stimulusgesteuerte Verhaltensanpassung möglich (Peper, 2008) und es werden rasch, mit diesem Reiz zusammenhängende physiologische Zustände ausgelöst (Adolphs, 2006). Der somatische Zustand wird danach im Gehirn aufgrund von Strukturen, die somatosensorische und viszerale Informationen verarbeiten (somatosensorische Kortexareale und Inselregion), als eine Emotionsempfindung repräsentiert (siehe Abb. 2.8) (Adolphs, 2006).

Für die Ausübung eines situationsadäquaten *Emotionsausdrucks* spielen in der „Theorie des Pathologischen Lachens und Weinens“ (PLC) von Parvizi, Anderson, Martin, Damasio und Damasio (2001) cerebro-ponto-cerebelläre Verbindungen eine wesentliche Rolle. Normalerweise leiten telencephale Strukturen, in welchen emotionale Reize und kognitive und soziale Kontextinformationen verarbeitet werden, die Information zum Cerebellum weiter, wo die emotionale Reaktion automatisch an den kognitiven und situativen Kontext angepasst wird. Das Cerebellum leitet sein erstelltes Programm dann weiter an die Emotions-Effektoren (siehe oben) oder wieder zu den Emotions-Induktoren (limbisches System) zurück. Unterbrechung der cerebro-ponto-cerebellären Verbindungen führen dazu, dass die cerebellären Strukturen mit unvollständiger Information über den Kontext aus den Assoziationsarealen arbeiten, weshalb sozialer Kontext und Verhalten nicht übereinstimmen.

Bezüglich der *Lateralisierung* ging man lange davon aus, dass vor allem die rechte Hemisphäre an emotionalen Prozessen beteiligt ist. Tatsächlich wird vor allem das Wissen über das Fühlen einer Emotion und das Wiedererkennen von Emotionen bei anderen Personen mit somatosensorischen Kortexarealen der rechten Hemisphäre in Verbindung gebracht (Adolphs, 2002, 2006; Adolphs, Damasio, Tranel, Cooper & Damasio, 2000). Die emotionale Erfahrung selbst scheint aber nach der Valenz-Hypothese lateralisiert zu sein, wonach positive Emotionen eher zu einer linkshemisphärischen Aktivierung, negative eher zu einer Aktivierung der rechten Hemisphäre führen (Adolphs, 2006).

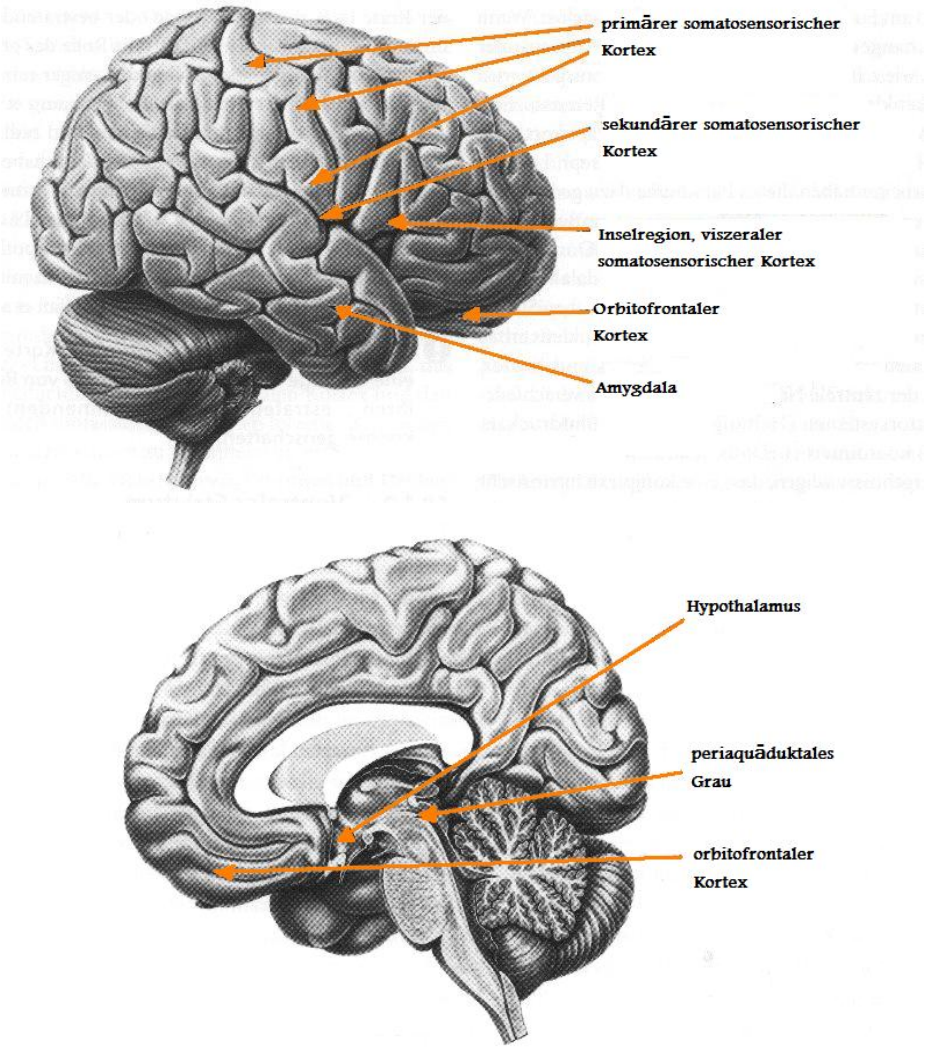


Abb. 2.8 An der Emotionsverarbeitung beteiligte Gehirnstrukturen (modifiziert nach Adolphs, 2006)

2.7.3 Emotionstheorien

Psychologische Emotionstheorien werden in Adaptive, Dimensionale, Appraisal-, Motivations-, Diskrete und Sozial-konstruktive Modelle unterschieden (Peper, 2008). Zu den grundlegenden Vorreitern der aktuellen Emotionstheorien zählen beispielsweise die Theorien von James und Lange (James, 1894), Cannon und Bard (Birbaumer & Schmidt, 2003; Hamm, 2006) bzw. Schachter und Singer (1969).

Eine der *aktuellen Emotionstheorien* wird von Damasio (Bechara & Damasio, 2005; Damasio, 1998) postuliert. In seinem „Konzept der somatischen Marker“ sieht er die Grundlage emotionalen Erlebens, wie schon erwähnt, (siehe auch Abschnitt 2.4) in einer mentalen Bewertung somatischer Veränderungen. Die Amygdala verbindet die Merkmale des „primären Induktors“ (z.B. eine Schlange) mit dem passenden somatischen Zustand. Dieser somatische Zustand wird daraufhin durch die oben genannten Effektorstrukturen

kontrolliert und wieder an das Gehirn zurückgeleitet (siehe Abb. 2.9). „Sekundäre Induktoren“ (z.B. Gedanken oder Erinnerungen) reaktivieren vermutlich das spezifische Muster, welches bei einmaliger Aktivierung des somatischen Zustandes in den Kernen des Hirnstamms und in somatosensorischen Kortexregionen gebildet wurde, und lösen eine geringere Aktivierung des somatischen Zustandes aus. Hierfür ist der ventromediale Präfrontalkortex zuständig. Dieser verbindet Wissen über Ereignisse sekundärer Induktoren mit Mustern somatischer Zustände bezogen auf das spezifische emotionale Gefühl in dieser Situation und aktiviert seinerseits die somatischen Effektoren, welche den somatischen Zustand rekonstruieren. Dies kann in einer „body loop“ geschehen, bei welcher der passende somatische Zustand tatsächlich im Körper wiederholt wird und die Signale dieser Aktivierung zu subkortikalen und kortikalen Strukturen (vor allem der Insel und den sensorischen Kortizes I und II) zurück geleitet werden. Eine andere Möglichkeit besteht aber in der Aktivierung der „as if body loop“, bei der Repräsentationen der somatischen Zustände intracerebral simuliert werden und im Hirnstamm und dem Kortex Veränderungen in der Neurotransmitterausschüttung auslösen.

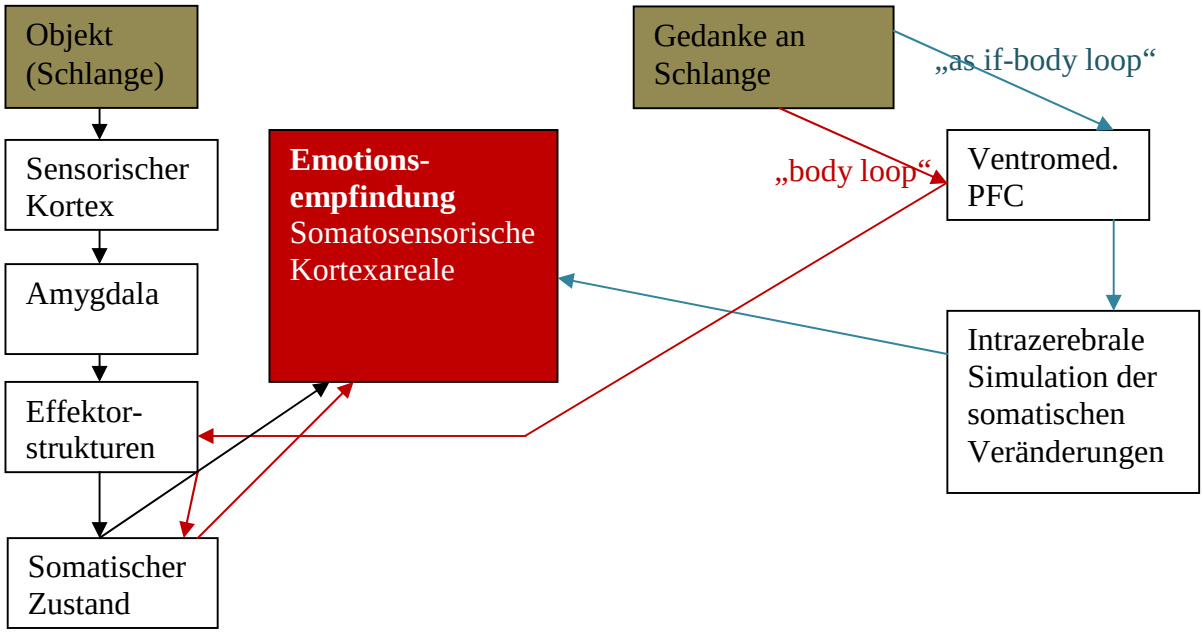


Abb. 2.9 Modell der Emotionsverarbeitung nach Damasio (modifiziert nach Damasio, 1998)

LeDoux (2001) sieht, ebenso wie Damasio, die Rückmeldungen der durch die Amygdala in Gang gesetzten, viszeralen Reaktionen an die Amygdala selbst und an kortikale Areale als wesentlichen Bestandteil emotionalen Erlebens. Wie Damasio postuliert er eine „Als-ob“-Schleife, die im Arbeitsgedächtnis kognitiv repräsentiert wird und Gefühle und Entscheidungen beeinflusst.

2.7.4 Emotionale Gesichtsausdrücke

Glück, Angst, Trauer, Wut, Überraschung und Ekel sind nach Ekman (1988) angeborene Reaktionsmuster, die in zahlreichen Kulturen vorkommen. Die mit diesen primären Emotionen einhergehende Mimik basiert auf angeborenen speziesspezifischen motorischen Programmen der Gesichtsmuskulatur und kann in vielen Kulturen identifiziert werden. Überlagert, aber nicht vollständig überdeckt werden diese angeborenen Programme jedoch von kulturell spezifischen Darstellungsregeln der einzelnen Gefühle (Birbaumer & Schmidt, 2003; Hamm, 2006).

Bezüglich des Emotionserkennens gibt es viele Untersuchungen deren Ergebnisse kontroversiell diskutiert werden. Aufgrund der Vergleichbarkeit der Verfahren mit dem in der vorliegenden Studie vorgegebenen Material, werden hier einige Untersuchungen herausgegriffen. In der Studie von Hoheisel und Kryspin-Exner (2005) wurde die Emotion „Freude“ am besten erkannt wurde. Was den Einfluss soziodemographischer Variablen auf das Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke anbelangt, so scheinen Geschlechtsunterschiede keinen Einfluss darauf zu haben (Hoheisel & Kryspin-Exner, 2005), die Phase des weiblichen Menstruationszyklus hingegen sehr wohl (Derntl, Kryspin-Exner, Fernbach, Moser & Habel, 2008). Besser erkannt wurden außerdem Emotionen, die von weiblichen Personen dargestellt wurden. Das Alter scheint in negativem Zusammenhang mit der Erkennensleistung negativer Gesichtsausdrücke, nicht aber für freudige und neutrale Gesichter zu stehen, weshalb man annimmt, dass die valenzspezifischen neuronalen Systeme von unterschiedlichen Abbauprozessen betroffen sind (Hoheisel & Kryspin-Exner, 2005).

Was die *Neuroanatomie der Gesichter- und Emotionserkennung* anbelangt, so gehen die Modelle hierfür von Netzwerken aus, in welchen spezifische Regionen für spezifische Teilaufgaben zuständig sind. Haxby, Hoffman und Gobbini (2000, 2002) postulieren ein Hauptsystem, welches für die visuelle Analyse zuständig ist und aus drei Regionen besteht. Im Gyrus occipitalis inferior (primäre Sehrinde) findet die frühe visuelle Verarbeitung statt, im Sulcus temporalis superior werden variable, bewegliche Gesichtsmerkmale wie Blickrichtung und Mimik verarbeitet und der Gyrus fusiformis wird mit der Verarbeitung von Identität und beständigen Gesichtsmerkmalen in Verbindung gebracht. Zusätzlich postulieren sie ein erweitertes System der Verarbeitung von Gesichtern. Hierzu zählen sie den Sulcus interparietalis, welcher mit der Verarbeitung von Informationen über Kopforientierung und Blickausrichtung betraut ist.

Im auditorischen Kortex wird die Bewegung der Lippen analysiert und mit auditiven Sprachmustern in Verbindung gebracht. Für den Abruf von semantischen Inhalten wie Name, Identität usw. ist der anteriore Temporallappen zuständig, während emotionale Informationen in der Amygdala, der Insel und im limbischen System verarbeitet werden (siehe Abb.2.10).

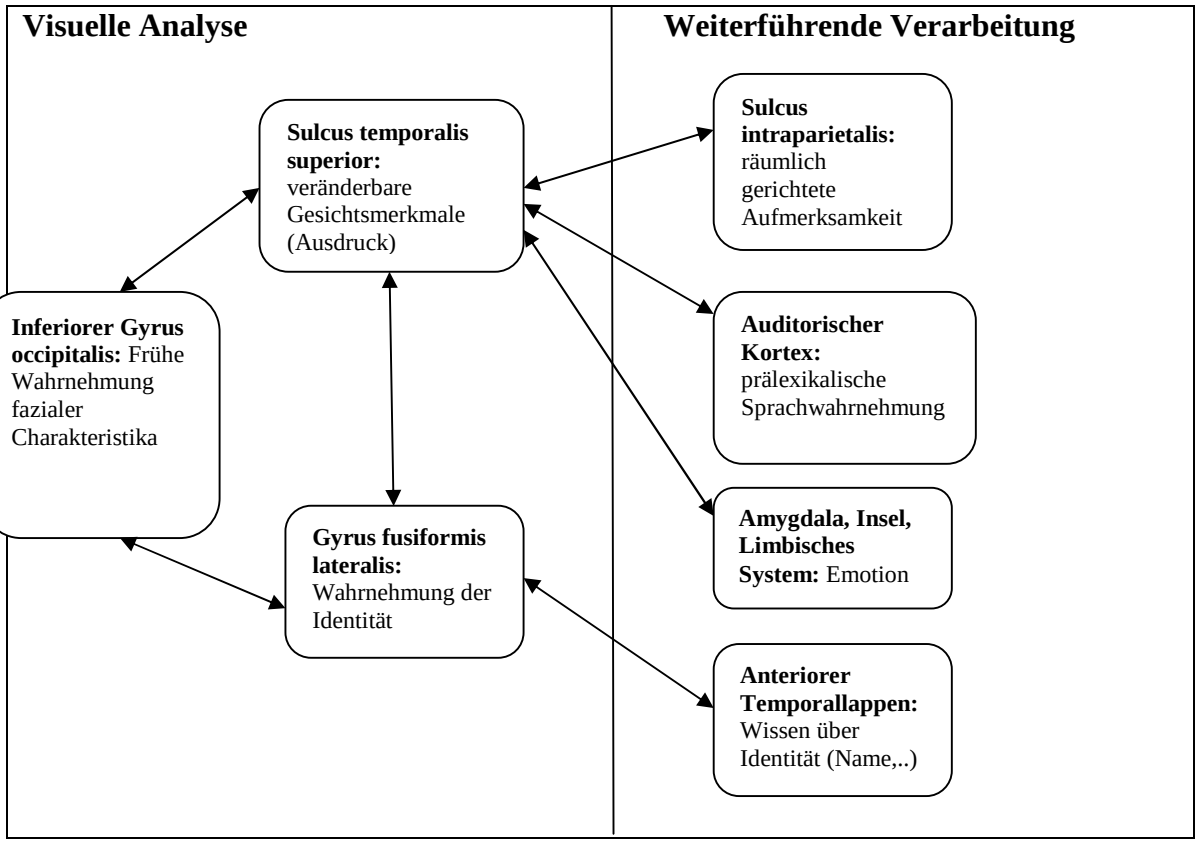


Abb. 2.10 Modell der Gesichterverarbeitung (modifiziert nach Haxby et al., 2000)

Adolphs (2002) postuliert ein weit verzweigtes Netz neuronaler Strukturen, die den okzipitotemporalen Neokortex, die Amygdala, den orbitofrontalen Kortex, die Basalganglien, rechtslaterale frontoparietale Kortexareale und noch weitere Areale umfassen. Da diese Strukturen an vielen Prozessen beteiligt sind und zu unterschiedlichen Zeitpunkten aktiviert werden, ist es nach Adolphs schwierig, ihnen spezifische Funktionen zuzuordnen.

Dennoch können in bisherigen Studien spezifische Areale mit spezifischen Funktionen in Verbindung gebracht werden. Der Gesichtsausdruck „Angst“ führt beispielsweise zu einer besonders starken Aktivierung der Amygdala. „Ärger“ und „Trauer“, aber auch fröhliche Gesichter aktivieren diese Struktur ebenfalls. Außerdem wird die Amygdala vor allem durch fremde Gesichter aktiviert. Orbitofrontale Strukturen scheinen vor allem bei der Verarbeitung von „Ärger“ und „Angst“ eine Rolle zu spielen. Die Verarbeitung von

„Ekel“ wird besonders der Insel und den Basalganglien zugeschrieben. Letztere werden jedoch auch bei „Freude“ aktiviert (Drechsler, 2007).

Für das Erkennen und Benennen von Emotionen in Gesichtsausdrücken scheint ein neuronales System der rechten Hemisphäre, vor allem der rechte Parietallappen von großer Bedeutung zu sein (Adolphs, Damasio, Tranel und Damasio, 1996; Drechsler, 2007). Da diese Strukturen (Adolphs, 2002, 2006; Adolphs, Tranel & Damasio, 2003) somatosensorische Informationen im Kortex repräsentieren, nimmt man an, dass das Erkennen von Emotionen anderer Personen auf der Rekonstruktion der somatosensorischen Repräsentationen basiert, die ihrerseits wiederum eine Simulation der möglichen Empfindung der gezeigten Emotion ermöglichen. Diese Theorie wird durch die Entdeckung eines präfrontal-parietal lokalisierten Spiegelneuronensystems bekräftigt, das bei Beobachten eines anderen Individuums aktiviert wird und intuitiv dazu beiträgt, die Gefühle anderer Personen einordnen zu können bzw. empathisch zu reagieren (Bauer, 2005; Birbaumer & Schmidt, 2006).

2.8 Conclusio

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass spezifische neuropsychologische Funktionen nicht auf spezifische neuroanatomische Strukturen reduziert werden können, sondern dass vielmehr von einem Netzwerkcharakter des Gehirns, aber auch des gesamten physiologischen Systems ausgegangen werden muss, um die Funktionsweise des Erlebens und Verhaltens zu verstehen. Selbst einzelne neuropsychologische Funktionen sollten demnach nicht isoliert betrachtet werden, da es immer auch anderer neuropsychologischer Funktionen bedarf, um einen einwandfreien Ablauf zu ermöglichen.

3 Neuropsychologische Korrelate psychischer Störungen

Im folgenden Abschnitt werden die neuropsychologischen Korrelate psychischer Störungen bzw. die psychischen Folgen isolierter Hirnläsionen eher allgemein erläutert, da eine differenzierte Auseinandersetzung mit den jeweiligen psychischen Störungen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Für eine intensivere Auseinandersetzung sei der Leser daher auf die jeweilige Literatur verwiesen. Differenzierter betrachtet werden aufgrund ihrer Relevanz für die Untersuchung die Affektregulationsstörungen.

3.1 Organische Hirnschädigung - Psychische Störungen - Neuropsychologie

Zum Beschäftigungsfeld der Neuropsychologie zählen sowohl normale als auch pathologische Beziehungen zwischen hirnanatomischen Strukturen, kognitiven Leistungen und Verhalten (Wurzer, 2006). Heute versteht man psychisches Erleben und Verhalten im Sinne einer integrativen Betrachtung des Zentralnervensystems im Kontext von Umweltvariablen, genetischer Disposition und anderen Körpersystemen. Basierend auf der Theorie, dass allen psychischen Prozessen neuronale Prozesse zu Grunde liegen, müssen veränderten psychischen Prozessen, wie sie bei psychischen Störungen auftreten, ebenfalls veränderte neuronale Prozesse zu Grunde liegen. Hierbei wird aufgrund der Vernetzung der unterschiedlichen Funktionssysteme des Gehirns von einem Modell der gemeinsamen Endstrecke ausgegangen, welches besagt, dass für unterschiedliche psychische Störungen ähnliche Beeinträchtigungen der Informationsverarbeitung resultieren. Demnach werden kognitive Funktionen wie Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Exekutivfunktionen usw. auch auf dem Gebiet der psychischen Störungen berücksichtigt. Umgekehrt ähneln die nach einer Hirnschädigung auftretenden psychischen Probleme jenen, die bei psychiatrischen Erkrankungen auftreten (Kryspin-Exner, 2006). Bei einer relativ isolierten Hirnläsion entwickeln Patienten häufig neuroanatomisch lokalisierte Syndrome, welche auch persistieren. Hierzu zählen Aphasie, Apraxie, Agnosie, das amnestische Syndrom, das Frontalhirnsyndrom (Störung der Exekutivfunktionen, Wesensänderung, Disinhibition, Apathie), das Parietallappensyndrom (Störung der visuellen Aufmerksamkeit), das Temporallappensyndrom (Gedächtnis- und emotionale Störungen) und Syndrome des Zwischenhirns und Hirnstamms (Störung der Aufmerksamkeit, Wachheit) (Reischies, 2003). Aus einer organischen Hirnschädigung können jedoch auch organische Wesensänderungen, ähnlich dem Frontalhirnsyndrom, organisch affektive Störungen, organische Angststörungen, organisch wahnhafte

Störungen oder Anpassungs- bzw. posttraumatische Belastungsstörungen resultieren (Reischies, 2003; Wurzer, 2006). Diese psychoorganischen Störungen nach einer Verletzung des Zentralnervensystems beeinträchtigen die Lebensqualität der Patienten massiv (Wurzer, 2006). Zu berücksichtigen ist aufgrund des Netzwerkcharakters des Gehirns auch, dass neuropsychologische Störungen zwar aus organischen Ursachen resultieren können, aber auch soziale und psychische Stressoren eben diese Veränderungen auf organischer Ebene bedingen und wiederum zu neuropsychologischen Funktionsstörungen führen können (Beblo, 2004). Ob psychische Belastungen aus organischen oder psychosozialen Faktoren resultieren, bleibt also vor allem bei langen Zeitintervallen zwischen organischer Läsion und psychischer Belastung fraglich. Des Weiteren tritt eine chronische organisch-psychiatrische Störung aufgrund der Plastizität des Gehirns meist erst bei Versagen der Regenerations- bzw. Kompensationsfähigkeit auf (Reischies, 2003).

3.2 Störungen der Affektregulation

Beeinträchtigung der Gefühle, der Stimmung, des Antriebs und des Interesses werden unter dem Begriff der *affektiven Störungen* zusammengefasst (Hegerl & Rupprecht, 2006). Zu den resultierenden neuropsychologischen Beeinträchtigungen zählen Störungen im episodischen Gedächtnis, beim Lernen und manchmal auch im impliziten Gedächtnis. Des Weiteren kommt es zu Störungen der exekutiven Funktionen im Sinne von Handlungskontrolle, Flexibilität und verbaler Flüssigkeit, zu Defiziten in visuell-räumlichen Leistungen, der Visuomotorik und der Reaktionsgeschwindigkeit. Aufmerksamkeitsleistungen scheinen nicht beeinträchtigt zu sein. Bipolar-affektive Störungen gehen meist mit Defiziten in der verbalen Flüssigkeit, in der Flexibilität und in der Handlungskontrolle einher (Hautzinger, 2006).

Heute geht man davon aus, dass Dysfunktionen in neuromodulatorischen Systemen wie dem noradrenergen, dem serotonergen, dem dopaminergen und dem cholinergen System sowohl als Vulnerabilitäts-, Auslöse- und physiologische Faktoren agieren und diese Systeme auch untereinander interagieren (Hegerl & Rupprecht, 2006). Was die strukturellen Veränderungen anbelangt, geht man von einer Unteraktivierung des subgenualen Präfrontalkortex bei Depression, bei Manie hingegen von einer Überaktivierung aus. Das Depressionsmodell von Drevets et al. (1992) greift diese Veränderungen der Aktivierung im Präfrontalkortex auf und versteht die

Beeinträchtigung der kognitiven und emotionalen Flexibilität (Verharren in kognitiven Mustern und in depressiver Stimmungslage) als Resultat einer Störung zweier verbundener (limbisch-thalamo-kortikaler bzw. limbisch-striatal-pallidal-thalamischer) Schleifensysteme.

Erklärungsmodelle für *gewaltsames, aggressives Verhalten* fokussieren als Ursachen mehrheitlich psychosoziale Faktoren. Aus neuropsychologischer Sicht werden eine erhöhte Aktivierung des Nervensystems relativ zu einer Verringerung des Denkens, eine verringerte inhibitorische Fähigkeit relativ zur Aktivierung, eine Störung der Aufmerksamkeit, der Konzentration, des Gedächtnisses und höherer kognitiver Funktionen und eine Missinterpretation externaler Reize angenommen. Eben diese Dysfunktionen sind mit verschiedenen neuronalen Strukturen in Verbindung zu bringen (Golden, Jackson, Peterson-Rohne & Gontkovsky, 1996).
Da Personen mit Frontalhirnsyndrom ebenfalls aggressive und impulsive Verhaltensweisen aufweisen, wird aggressives Verhalten vor allem mit einer Dysfunktion des präfrontalen Kortex in Verbindung gebracht (Golden et al., 1996; Schmahl & Bohus, 2006). So wird beispielsweise eine Dysfunktion des orbitalen und präfrontalen Kortex als neuroanatomisches Korrelat für die Impulskontrollstörung angesehen. Auch bei Borderline-Patienten werden erhöhte Aggressions- und Impulsivitätswerte beobachtet und mit frontalen Dysfunktionen in Verbindung gebracht (Renneberg & Friemel, 2006).

3.3 Conclusio

Aus den obigen Erläuterungen ist der Zusammenhang zwischen organischen Ursachen, psychischen Störungen und neuropsychologischen Beeinträchtigungen ersichtlich. So können auch aus organischen Schädigungen des Gehirns psychische Belastungen entstehen, die selbst wiederum zu neuropsychologischen Defiziten führen können. Eine isolierte Betrachtung einer dieser drei Bereiche scheint also nicht zielführend.

4 Ontogenetische Entwicklung neuropsychologischer Funktionen unter Berücksichtigung der Neuroplastizität

Im folgenden Abschnitt soll vor allem auf die Besonderheiten der Entwicklung neuropsychologischer Funktionen eingegangen werden. In diesem Zusammenhang muss jedoch auch die Fähigkeit des Gehirns, sich an veränderte Bedingungen anzupassen, Berücksichtigung finden.

4.1 Neuroplastizität

Wie auch aus Abschnitt 2 ersichtlich ist, ist man heute von der Annahme einer starren Organisation des Gehirns und einer funktionellen Reduktion auf ein spezifisches Areal abgekommen. Die Fähigkeit des Zentralnervensystems, sich durch funktionelle und strukturelle Reorganisation des Gehirns an über die Lebensspanne hinweg verändernde Bedingungen zu adaptieren, wird Neuroplastizität genannt (Muellbacher, 2006; Sterr, 2008).

Differenziert werden plastische Prozesse in molekulare, strukturelle und funktionelle Plastizität, wobei diese drei Organisationsebenen in reziproker Beziehung zueinander stehen und eine Veränderung auf einer Ebene meist auch mit Veränderungen auf den anderen beiden Ebenen einhergeht. Diese Veränderungen haben auch Auswirkungen auf das Erleben und Verhalten und bewirken somit eine Veränderung der Wahrnehmungs- und Leistungsgrößen (Sterr, 2008).

Zu den Mechanismen der Plastizität zählen Veränderungen der synaptischen Effektivität, die Übernahme der Funktion durch angrenzende oder funktionell ähnliche Regionen, der Gebrauch alternativer Verbindungen oder die Aussprossung von Neuronen (Muellbacher, 2006). Des Weiteren basiert Plastizität auf dem Mechanismus der behavioralen Relevanz, wonach die Bedeutung der Stimulation dafür relevant ist, wie sehr die bestimmte Region repräsentiert wird. Neuronale Plastizität findet einerseits bei Verletzungen und Deafferenzierung statt, andererseits kann auch Übung im Sinne von vermehrter Reizung die Repräsentationen verstärken (Sterr, 2008). Diese Mechanismen der Plastizität liegen auch der Rehabilitation zu Grunde, die es zum Ziel hat, durch Training zu einer funktionellen Verbesserung zu führen (Sterr, 2008) bzw. auch Neuroplastizität zu

hemmen, wenn daraus eine Maladaption oder Verschlechterung der Funktion resultiert (Muellbacher, 2006).

Kortikale Läsionen führen zu einem Verlust der Repräsentation in der betroffenen Region. Die Unterlassung des Gebrauches der betroffenen Körperteile kann zu einer Verringerung der kortikalen Repräsentation und zu einer Verschlechterung der Funktion führen. Durch Neurorehabilitation kann mit Hilfe von gezieltem Training eine Vergrößerung der Repräsentation erreicht und damit die Funktion verbessert werden. Die Neuroplastizität der intakten Hemisphäre (siehe Abb. 4.1) ist vor allem bei Kindern und Jugendlichen von Bedeutung. Maskierte Verbindungen der einen Hemisphäre (z.B. Verbindungen zu ipsilateralen Körperhälfte) werden bei Ausfall in Regionen der anderen Hemisphäre demaskiert, woraus eine Funktionsverbesserung resultiert. Vor allem bei Erwachsenen zeigt die neuronale Plastizität der betroffenen Region meist einen besseren Verlauf als die Kompensation durch die intakte Gehirnhälfte (Muellbacher, 2006).

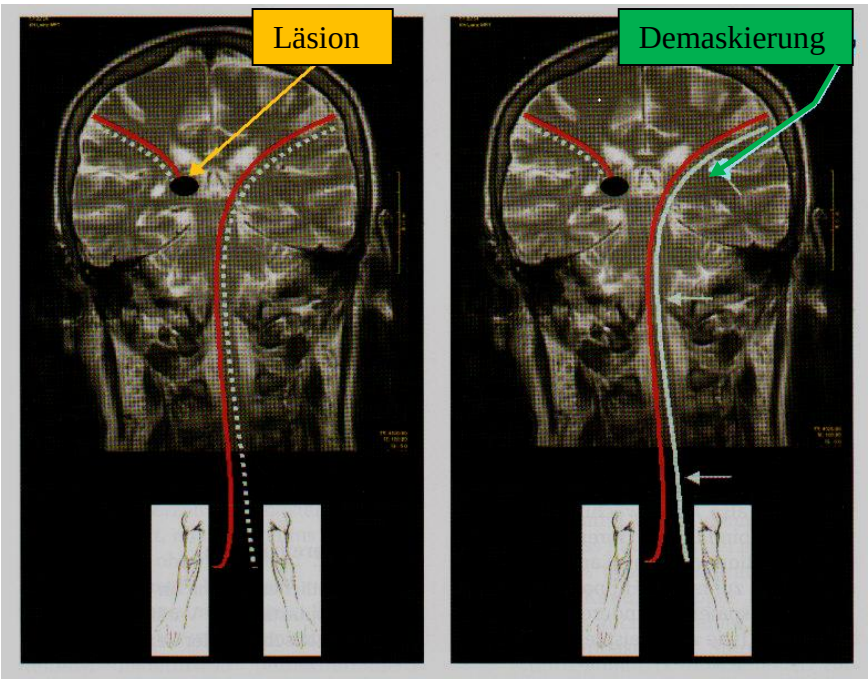


Abb. 4.1 Kompensatorische Plastizität der intakten Gehirnhälfte nach kontralateraler Läsion (gelber Pfeil): Demaskierung (blaue Linie) der zur ipsilateralen Körperhälfte verlaufenden, maskierten Verbindungen (gestrichelte blaue Linie). Die meisten Verbindungen verlaufen im Normalfall zur kontralateralen Seite (rote Linie) (modifiziert nach Muellbacher, 2006)

Besonders zu berücksichtigen ist die Neuroplastizität im Entwicklungsverlauf, da in der Kindheit und im Jugendalter das Nervensystem besonders sensibel auf Umweltgegebenheiten reagiert. In dieser Phase, die vermutlich mit dem frühen Erwachsenenalter vollzogen ist, werden wichtige synaptische Verbindungen gestärkt, irrelevante geschwächt bzw. gänzlich gelöscht. Dieser Mechanismus ist für die

Ausprägung und Verbesserung aller Neuronenverbände im Zentralnervensystem von Bedeutung. Nach Abschluss dieser „kritischen Phase“ ist ein Selektionsprozess nur mehr teilweise, wie z.B. für das sensomotorische System, möglich (Muellbacher, 2006).

4.2 Ontogenetische Entwicklung neuropsychologischer Funktionen

Die Entwicklungsneuropsychologie unterscheidet sich wesentlich von der Neuropsychologie des Erwachsenenalters. Während im Modell für Erwachsene kognitive Funktionen im Gehirn durch spezifische Module repräsentiert und die Zusammenhänge zwischen Gehirn und Verhalten entwickelt und ausgereift sind, werden die kognitiven Funktionen im Entwicklungsmodell durch Netzwerke repräsentiert. Die neurobehaviorale Entwicklung nimmt keinen linearen, sondern einen dynamischen und umfassenden Verlauf und unterliegt einer individuellen Variation, wobei die Zusammenhänge zwischen Gehirn und Verhalten einer laufenden Veränderung unterzogen werden (Mrakotsky, 2007). Daher bedarf es dynamischer Entwicklungsmodelle, um die Wechselwirkung von strukturellen Gegebenheiten, kognitiven und behavioralen Funktionen und Umweltgegebenheiten erfassen zu können (Kaufmann, Mrakotsky & Proksch, 2006). Des Weiteren ist auch die Plastizität zu berücksichtigen, die ihren Höhepunkt vor allem im frühen Kindesalter hat, aber über die gesamte Lebensspanne andauert. Die Zusammenhänge zwischen Gehirn und Verhalten sind einerseits positiv veränderbar, aber auch vulnerabel gegenüber negativen Einflüssen (Mrakotsky, 2007).

4.2.1 Entwicklung neuronaler Strukturen

Im Laufe der pränatalen Entwicklung werden mehr Neuronen entwickelt, als nötig sind. In der Phase der Apoptose werden diese eliminiert. Wie schon erwähnt, erfolgt die selektive Löschung irrelevanter synaptischer Verbindungen danach postnatal. Auch die pränatal initiierte Entwicklung neuroanatomischer Strukturen wird postnatal fortgesetzt und verläuft je nach Entwicklungsphase unterschiedlich. So entwickelt sich zuerst (0-12 Monate) das Stammhirns mit der Formatio reticularis, die für die Aktivierung zuständig ist. Gleichzeitig wird das Wachstum der primären Kortexregionen, die visuelle, auditorische, somatosensorische und motorische Reize verarbeiten, beschleunigt. Zeitgleich mit der Entwicklung der sekundären Assoziationsfelder (1-5 Jahre) bildet sich auch die Lateralisierung von Funktionen aus. Tertiäre Assoziationsfelder der

Parietalregion entfalten sich im Alter von 5. bis 8. Jahren. Und zu guter Letzt entwickelt sich, im Alter von 12 bis 14 Jahren, der präfrontale Kortex, der mit Handlungsplanung und Antizipation in Verbindung gebracht wird. Zeitlich ähnlich verläuft die Myelinisierung dieser Areale, wobei eine vermehrte Myelinisierung der Verbindungen zu einer Erhöhung der Nervenleitgeschwindigkeit führt (Heubrock, 2008; Kaufmann et al., 2006).

In welchem Zusammenhang die strukturellen und biochemischen Veränderungen des Gehirns mit dem Entwicklungsverlauf spezifischer Hirnfunktionen stehen, ist noch nicht eindeutig geklärt. Die Reifungshypothese besagt beispielsweise, dass die Entwicklung eines bestimmten Areals in einem definierten Altersabschnitt zur Entwicklung einer spezifischen Funktion beiträgt. Dynamische Modelle gehen hingegen von der Wechselwirkung zwischen Organismus und Umweltgegebenheiten wie Erfahrung auf die Entwicklung der Hirnfunktionen aus (Mrakotsky, 2007).

4.2.2 Entwicklung der Aufmerksamkeit

Das basale, passive System der Aufmerksamkeitsaktivierung, welches vor allem mit dem „Aszendierenden Retikulären Aktivierungs-System“ (ARAS) in Verbindung gebracht wird, scheint sich schon beim Säugling zu entwickeln, während das höhere, kognitive System, welches rechtshemisphärisch-frontal und parietal im Kortex lokalisiert ist und das basale System moduliert, erst im Kindes- und Jugendalter reift. Demnach scheinen sich Intensitätsaspekte (tonische bzw. phasische Alertness und Vigilanz) und selektive Aufmerksamkeitsfunktionen, die eher mit posterioren bzw. subkortikalen Regionen in Verbindung gebracht werden, rascher zu entwickeln. Auch reflexive Blickbewegungen (fixieren eines externen Reizes und Rückkehr zum Ausgangspunkt) dürften schon beim Neugeborenen vorhanden sein, weisen jedoch eine deutliche altersabhängige Verbesserung ab dem 8. bis zum 25. Lebensjahr auf. Willkürliche Blickbewegung (entgegengesetzte Blickrichtung weg vom Reiz), Inhibition und Aufmerksamkeitsteilung werden ebenfalls eher später ausgebildet. Diese Aspekte werden mit frontalen Regionen in Verbindung gebracht und als Teile eines exekutiven Aufmerksamkeitsnetzwerkes betrachtet. Was die geteilte Aufmerksamkeit anbelangt, so ist diese Funktion erst bis zum 16. Lebensjahr voll ausgeprägt. Diese Entwicklung entspricht auch der strukturellen Entwicklung des Gehirns, wonach die Entwicklung des präfrontalen Kortex erst im Jugendalter bzw. frühen Erwachsenenalter abgeschlossen ist (Fimm, 2007).

4.2.3 Entwicklung des Gedächtnisses

Bezüglich des Gedächtnisses besteht Evidenz für eine linear steigende Verbesserung der Gedächtnisleistung mit dem Alter, die auf verschiedene Ursachen zurückzuführen ist. Implizite Gedächtnisleistungen wie Konditionierung, prozedurales Gedächtnis, Priming und nicht-assoziatives Lernen scheinen gegenüber Alterseffekten invariat zu sein und sich auch am schnellsten zu entwickeln bzw. schon bei der Geburt ausgebildet zu sein. Was das explizite Gedächtnis anbelangt, so entwickeln sich zuerst reflexhafte, auf dem Mechanismus des Wiedererkennens beruhende, prä-deklarative Leistungen. Gegen Ende des ersten Lebensjahres werden komplexere deklarative Gedächtnisleistungen möglich. Mit steigendem Alter bis zur mittleren Adoleszenz verbessern sich die explizite Gedächtnisleistung und das Quellengedächtnis stetig. Ursachen dieser besseren Leistungen liegen im Zuwachs an Gedächtnisstrategien, inhaltlichem Wissen, dem Metagedächtnis (das Wissen über Lernen und Gedächtnis) und im kognitiven Verarbeitungstempo (Gleissner, 2007).

Strukturen, die für das Gedächtnis relevant sind, scheinen sich regional in unterschiedlicher Geschwindigkeit zu entwickeln. Bezüglich der funktionellen Organisation des Temporallappens konnten zwar keine Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen gefunden werden, bei bilateraler-hippocampaler Schädigung kommt es bei Kindern jedoch zu geringeren Defiziten im semantischen Gedächtnis. Aus Schädigungen resultierende Beeinträchtigungen scheinen bei Kindern generell geringer auszufallen bzw. scheinen sich die Kinder danach schneller zu erholen (Gleissner, 2007).

Was die Entwicklung des Arbeitsgedächtnisses anbelangt, zeigt sich eine stetige Leistungsverbesserung hinsichtlich der unmittelbaren Gedächtnisspanne bis ins junge Erwachsenenalter. Die Ursache für Altersunterschiede in der verbalen Gedächtnisspanne basiert auf Altersunterschieden hinsichtlich der Effizienz und Geschwindigkeit des „inneren Nachsprechens“ im Sinne eines Kontrollprozesses. Dieses mentale Nachsprechen wird ab dem 6. bzw. 7. Lebensjahr automatisch aktiviert, nimmt bis zur Adoleszenz zu und verringert sich im Erwachsenenalter wieder. Im Gegensatz dazu scheint sich die visuell-räumliche Gedächtnisspanne ab dem 4. Lebensjahr nicht mehr zu verbessern. Bezüglich der neuronalen Korrelate des Arbeitsgedächtnisses stellte man eine positive Korrelation der Entwicklung des Arbeitsgedächtnisses mit Umgestaltungen in den präfrontal-parietalen Verbindungen fest (Konrad, 2007).

4.2.4 Entwicklung räumlicher Fähigkeiten

Die für die räumliche Informationsverarbeitung notwendigen Systeme sind schon sehr früh in der Ontogenese funktional. Räumliche Lokalisation und räumliche Aufmerksamkeit, welche beide mit dem dorsalen Pfad (siehe Abschnitt 2.5) assoziiert werden, sind schon ab einem Alter von 4 Monaten möglich. Das ventrale System ist für räumlich-analytische und räumlich-konstruktive Fertigkeiten zuständig und auch hier ist die räumlich-analytische Funktion schon bei Kleinkindern entwickelt. Sogar bei prä- und perinatalen Hirnschädigungen zeigen sich schon Defizite in räumlich-analytischen Fertigkeiten. Eine Differenzierung der Hemisphären ist schon bei kleinen Kindern erkennbar, wonach räumlich-analytische Funktionen vor allem mit links-temporal posterioren Regionen und räumlich-konstruktive Fähigkeiten vor allem mit rechts-temporal posterioren Arealen in Verbindung gebracht werden. Im Verlauf des Vorschul- und Schulalters kommt es zu einer Veränderung hinsichtlich der Komplexität und Sensitivität der räumlich-analytischen Verarbeitung, da sich die visuellen Organisationsstrategien ändern. Was räumlich-konstruktive Aufgaben anbelangt, unterscheiden sich Kinder mit rechts- bzw. linkshemisphärischer Hirnschädigung vor allem hinsichtlich ihrer Verarbeitungsstrategie. Im Laufe der Entwicklung sind nach Läsionen sogar Verbesserungen der Leistung erkennbar. Analysiert man jedoch die Bearbeitungsstrategien, so ergeben sich persistierende Defizite. Generell kann gesagt werden, dass die frühe Spezialisierung der Funktion nicht mit der endgültigen funktionellen Organisation einhergeht, frühe Läsionen jedoch zu persistierenden Defiziten in räumlichen Funktionen führen. Im Vergleich zu Erwachsenen sind diese Defizite jedoch weniger schwerwiegend (Stiles, 2007).

4.2.5 Entwicklung der Sprache

Die Wahrnehmung der Sprache beginnt bereits intrauterin ab der 27. Woche. Im ersten Lebensjahr ist vor allem die Entwicklung der Wahrnehmung von Phonemen und der Prosodie von Bedeutung, um die Basis für das Erlernen von Wörtern und Grammatik zu schaffen. Bezüglich der Sprachproduktion unterscheidet man im ersten Lebensjahr die Schreiphase und die Lallphase, die ebenfalls zur Entwicklung von Lauten dienen.

Der Erwerb des Wortschatzes beginnt mit dem Alter von ca. 11-14 Monaten. Bis zum 18. Monat entwickelt sich dieser eher langsam, ab dem 18. Lebensmonat bzw. ab der

Erreichung der 50-Wortgrenze kommt es zu einer Beschleunigung der Wortschatzentwicklung. Was den Grammatikerwerb anbelangt, ist die syntaktische Produktion nach Erreichen des ersten Lebensjahres auf Einwortäußerungen beschränkt. Zwischen dem 18. und 24. Monat beginnt die Kombination der Wörter. Grammatikregeln werden meist im Alter zwischen 2,5 und 3 Jahren angeeignet (Siegmüller, 2007).

Der rechten Hemisphäre wird eine besondere Bedeutung für die frühe Sprachentwicklungsphase zugesprochen. Die Verarbeitung der prosodischen Inhalte ist bei Kleinkindern so wie beim Erwachsenen höchstwahrscheinlich rechtshemisphärisch lokalisiert. Prosodische Aspekte auf Silben- und Wortebene werden im Kleinkindalter ebenfalls zunächst in der rechten Hemisphäre verarbeitet, wobei nach lexikalischer Bindung dieser Information die Verarbeitung linkshemisphärisch erfolgt. Phonemische Information führt hingegen zuerst zu einer bilateralen Aktivierung und wird später ebenfalls in der linken Hemisphäre verarbeitet. Sowohl mit dem Erwerben von Wörtern mit phonologischer Struktur und Bedeutung als auch mit dem Erwerb der Syntax, werden zunächst links temporale Regionen, später jedoch zusätzlich links frontale Regionen in Zusammenhang gebracht (Penner, Weissenborn, Friederici, 2006).

Wann die Sprachentwicklung tatsächlich abgeschlossen ist, ist unklar. Es besteht noch sehr lange die Möglichkeit, einzelne Teilleistungen im Gehirn umzustrukturieren, wenn Funktionen betroffen sind, die vor der Schädigung noch nicht entwickelt waren (Siegmüller, 2007).

4.2.6 Entwicklung der Exekutivfunktionen

Obwohl davon ausgegangen wird, dass sich die Hirnareale, die für höhere kognitive Funktionen wie Exekutivfunktionen zuständig sind, erst später entwickeln und die Reifungsprozesse erst in der späten Adoleszenz abgeschlossen sind, verfügen schon Kinder im Alter zwischen zwei und vier Jahren über grundlegende Mechanismen für kognitiv höhere Aufgaben. Schon in frühem Kindesalter sind deutliche Verbesserungen in exekutiven Funktionen möglich, die andauern, bis die späte Adoleszenz erreicht ist. Dies entspricht der späten Entwicklung des präfrontalen Kortex. Was die neuronalen Netzwerke für exekutive Funktionen anbelangt, so scheinen Kinder ein breiteres weitläufigeres Netzwerk zu aktivieren. Im Laufe der Ontogenese kommt es aufgrund einer Veränderung in den funktionellen und strukturellen Verbindungsmustern zu einer

besseren, für die Leistung spezifischeren Aktivierung eines für die jeweilige Funktion relevanten Areals (Konrad, 2007).

4.2.7 Entwicklung emotionaler Funktionen

Bezüglich des *Emotionsempfindens* besitzt der Säugling schon bei seiner Geburt verschiedene emotionale Ausdrucksverhaltensweisen wie Distress, Ekel, Erschrecken, Interesse und Wohlbehagen, die seine derzeitigen Bedürfnisse widerspiegeln. Ob ein Säugling bereits fähig ist, Emotionen zu empfinden, ist umstritten. Man geht aber davon aus, dass sie subjektive Repräsentationen des emotionalen Zustandes besitzen, diese jedoch noch ungerichtete Körperempfindungen darstellen und noch keiner Kategorisierung unterzogen wurden. Des Weiteren verfügt der Säugling über sensomotorische Fähigkeiten wie das motorische Mimikry (Nachahmung der Mimik), wodurch der Säugling fähig ist, wahrgenommene Bewegungen in die adäquaten propriozeptiven Muster umzuwandeln. Im Alter vom 1. bis zum 2. Lebensjahr sind die Bezugspersonen vor allem bemüht, die Emotionen der Kinder zu regulieren. Durch die Spiegelung des Ausdrucksverhaltens des Säuglings durch den Erwachsenen kann das Kind Muster zur Einschätzung anderer Situationen entwickeln und erlernt Kontingenzen zwischen Ausdruck, Gefühl und Konsequenzen, die handlungsregulierend wirken. Anhand dieser Mechanismen werden die Ausdrucksreaktionen in Ausdruckszeichen umgewandelt, die wiederum über das intero- und propriozeptive Körperfeedback die interne Gefühlswahrnehmung in emotionsspezifische Kategorien (Freude, Wut, ...) gliedern, wodurch bewusste Gefühlswahrnehmung ermöglicht wird. Bis zum Alter von zwei Jahren haben sich auch bereits die Basisemotionen und einige zusätzliche Facetten entwickelt. Im Kleinkind- und Vorschulalter lernt das Kind, seine emotionalen Handlungen mit Hilfe der bisher erlernten Ausdruckszeichen selbst zu regulieren, was aufgrund der Entwicklung sprachlicher Fähigkeiten auch vermehrt mit Hilfe verbaler Kommunikation geschieht. Ab dem 6. Lebensjahr werden Körper- und Ausdrucksreaktionen internalisiert und in mentale Ausdruckszeichen umgewandelt. Durch die Desomatisierung der Emotionen (emotionales Empfinden löst sich vom sichtbaren Ausdrucksverhalten) können sie lediglich durch subjektive Ausdrucks- und Körperempfindungen erfasst werden. Subjektives Gefühlsempfinden beruht somit nicht mehr auf dem tatsächlichen Ausdrucks- und Körperfeedback, sondern auf der

somatosensorischen Repräsentation dieser (siehe auch Abschnitt 2.7.3 „as if body loop“) (Holodynski, 2006).

Was die *Entwicklung der Gesichtswahrnehmung* generell anbelangt, so besteht schon direkt nach der Geburt eine Präferenz für Gesichter. Details können aber erst ab einem Alter von drei bis sechs Monaten wahrgenommen werden. Im Laufe der folgenden Monate erfolgt eine zunehmende Differenzierung der Gesichterinformation, wobei Gesichter zu spezifischen Klassen zugeordnet werden können und die Individualität bekannter Personen wahrgenommen werden kann. Zwischen dem 6. und 9. Lebensmonat geht man von einer besonders sensiblen Phase für die Spezialisierung der Gesichterwahrnehmung aus. Mit zunehmender Differenzierung sind auch die Wahrnehmung des Gesichtsausdrucks und die spezifische Reaktion auf fröhliche und traurige Gesichter möglich (Zoelch & Kerkhoff, 2007). Ab einem Alter von drei bis vier Lebensmonaten können Säuglinge auch Emotionen auf Fotos differenzieren. Im Alter von vier bis sechs Monaten erfolgt zwar die erste grobe Diskriminierung unterschiedlicher emotionaler Gesichtsausdrücke, wobei sich die Kinder noch an einzelnen Merkmalen (z.B. Mund) orientieren. Ab einem Alter von ca. zehn Monaten sind Kinder imstande, überdauernde Kategorisierungen positiver und negativer Emotionsausdrücke zu bilden. Erste Emotionswörter werden ab einem Alter von ein bis zwei Jahren erlernt und Wissen über Emotionen entwickelt. Im Alter von zwei bis vier Jahren werden zuerst die Begriffe „fröhlich“ und „traurig“, im Alter von vier bis sechs „Ärger“ und „Überraschung“ und etwa ab dem 6. Lebensjahr „Ekel“ und „Angst“ erlernt. Die Fähigkeit, Emotionen bewusst zu erkennen und zu kategorisieren, ist aber erst im mittleren Schulalter entwickelt und geht mit zunehmender Erfahrung in der Gesichterverarbeitung einher. „Ekel“ ist beispielsweise noch im Alter von 10 Jahren schwierig in den Gesichtern zu erkennen (Drechsler, 2007).

Was die Entwicklung der neuronalen Korrelate anbelangt, geht man davon aus, dass die spezifischen neuronalen Netzwerke schon bei Kindern existieren, diese jedoch noch nicht gezielt benutzt werden können. Erst mit zunehmender Reifung des Gehirns ist es möglich, die Verarbeitung emotionaler Reize zu steuern und die spezifischen Hirnareale zu aktivieren. Ein wesentliches neuronales Korrelat für die Wahrnehmung und das Nacherleben von Emotionen scheint ein intaktes frontales Spiegelsystem darzustellen. Bezüglich der Diskussion, inwiefern die Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks angeboren oder durch Erfahrung erlernt ist, besteht noch keine Einigkeit (Drechsler, 2007).

4.3 Conclusio

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bestimmte neuropsychologische Funktionen spezifischen Entwicklungsverläufen unterliegen, die selbst wiederum von der Reifung und Verschaltung der ihnen zu Grunde liegenden neuroanatomischen Strukturen abhängen. In diesem Zusammenhang ist daher auch die Neuroplastizität zu berücksichtigen, die gestörte Prozesse im Laufe der Entwicklung auf andere Art und Weise kompensieren kann.

5 Das Cerebellum

Im folgenden Abschnitt sollen die anatomischen Grundlagen und Verschaltungsprinzipien des Cerebellums erörtert werden. Darauf aufbauend wird auf die Rolle des Cerebellums in Motorik, Kognition und Emotion eingegangen und hierzu werden zwei integrative Theorien zur Funktionalität des Cerebellums vorgestellt.

5.1 Anatomie und neuronale Verbindungen des Cerebellums

5.1.1 Anatomie

Das Cerebellum liegt in der hinteren Schädelgrube (siehe Abb. 5.1) und grenzt an die Medulla oblongata und den Pons an. Vom Großhirn wird das Cerebellum mittels Tentorium cerebelli abgetrennt. Das superiore und inferiore Kleinhirnsegel (Velum medullare superius und inferius) verläuft zur Medulla oblongata und zum Mesencephalon und stellt das Dach des 4. Ventrikels dar (Trepel, 2008).

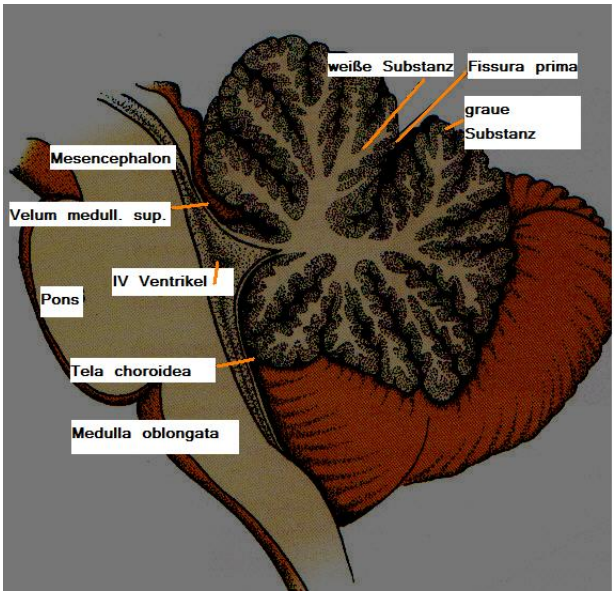


Abb. 5.1 Medianer Sagittalschnitt durch das Cerebellum (Vermis durchtrennt, Hemisphären erhalten) (modifiziert nach Trepel, 2008)

Unterteilt wird das Cerebellum in die beiden Hemisphären und dem dazwischen lokalisierten Wurm (Vermis) (siehe Abb. 5.2). Neben dem Vermis befinden sich, zu den cerebellären Hemisphären gehörend, die beiden Kleinhirntonsillen, welchen eher eine klinische (keine funktionelle) Bedeutung beigemessen wird, da sie bei Hirndruck

zwischen Medulla oblongata und knöchernen Strukturen eingeklemmt werden und dadurch zu einer Störung lebenswichtiger Funktionen führen können (Trepel, 2008). Des Weiteren besitzt das Cerebellum mehrere Kerne (Nucleus dentatus, Nucleus emboliformis, Nucleus globosus, Nucleus fastigii), welche die Ausgangsstationen des Kleinhirns darstellen (Birbaumer & Schmidt, 2006; Trepel, 2008).
Auf mikroanatomischer Ebene besitzt das Cerebellum mit mehr als 5 Milliarden Neuronen mehr als das Großhirn. Die Mehrzahl dieser Neuronen befindet sich in der cerebellären Rinde (Trepel, 2008).

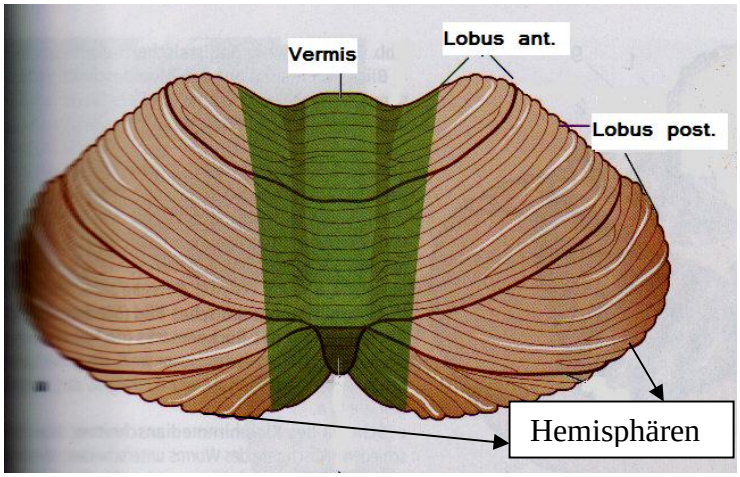


Abb. 5.2 Außenansicht des Cerebellums: Spinocerebellum (grün), Pontocerebellum (braun), Vestibulocerebellum auf der Innenseite über beide Hemisphären verlaufend (modifiziert nach Trepel, 2008)

Funktionell wird das Cerebellum in das Vestibulocerebellum, das Spinocerebellum und das Pontocerebellum eingeteilt (siehe Abb. 5.2). Die beiden erstgenannten weisen funktionell viele Gemeinsamkeiten auf und werden auch dem Vermis zugeordnet (Trepel, 2008). *Das Vestibulocerebellum* wird von vestibulären Bahnen versorgt und dessen Projektionen verlaufen ausschließlich ins Stammhirn retour (Birbaumer & Schmidt, 2006). *Das Spinocerebellum* setzt sich aus dem Vermis und der paravermalen (intermediären) Zone zusammen (Trepel, 2008) und erhält afferente Verbindungen vom Rückenmark und den Sinnessystemen (Birbaumer & Schmidt, 2006). *Das Pontocerebellum* entspricht den beiden cerebellären Hemisphären und erhält seine afferenten Verbindungen von den Nuclei pontis, wodurch es über den Pons in funktioneller Beziehung mit dem Großhirn steht und daher auch als Cerebrocerebellum bezeichnet wird (Trepel, 2008). Nach phylogenetischen Aspekten wird das Kleinhirn auch in das Archicerebellum (Vestibulocerebellum), das Paläocerebellum

(Spinocerebellum) und das Neocerebellum (Pontocerebellum) unterteilt (Poeck & Hacke, 2006).

5.1.2 Afferente und efferente Verbindungen des Cerebellums

Was das grobe Verschaltungsprinzip des Kleinhirns anbelangt, so ziehen die Afferenzen in die Kleinhirnrinde, wobei sie zuvor Kollateralen an die cerebellären Kerne abgeben. Von der Kleinhirnrinde wird die verarbeitete Information mittels Purkinje-Zellen an die Kleinhirnkerne gesandt, die in die nachgeschalteten extracerebellären Zielareale projizieren. Die Afferenzen und Efferenzen des Cerebellums verlaufen über einen der drei Kleinhirnstiele (Pedunculus cerebellaris superior, medius und inferior), die das Cerebellum mit dem Pons verbinden, und zu einem geringen Anteil auch über das superiore Kleinhirnsegel (Trepel, 2008).

Das Cerebellum ist durch seine Funktion als Schaltstelle für viele neuronale Kreisläufe in den Kontrollprozess verschiedener physiologischer Funktionen involviert. *Vestibulo-cerebellar-vestibulare Schleifen* regulieren das Gleichgewicht und die Augenbewegungen, während *reticulo-cerebello-reticulare Schleifen* den Muskeltonus, die Körperhaltung und viele vegetative Funktionen regulieren. *Spino-cerebello-rubro-spinale Schleifen* dienen der Regulation des motorischen Apparates und des Rückenmarklevels (Fabbro, 2000). *Hypothalamo-cerebello-hypothalamische Schleifen* sind für die Regulation visceraler Funktionen zuständig (Fabbro, 2000; Zhu, Yung, Chow, Chan & Wang, 2006).

Die wichtigsten Schleifen für die Regulation volitionaler Bewegung und kognitiver und sprachlicher Funktionen sind die c*erebrocortico-ponto-cerebellocortico-dentato-thalamo-cerebrocorticalen* und die *cerebrocortico-rubro-olivo-neodentato-cerebrocorticalen Schleifen* (Fabbro, 2000). Die zweite Schleife scheint größtenteils motorische und sensorische Information des Kortex zum Cerebellum zu leiten (Schmahmann, 1996). Die wichtigsten Afferenzen der ersten Schleife entspringen einerseits im superioren und inferioren Parietallappen, der mit Vigilanz, Aufmerksamkeit und der Analyse und Integration somatosensorischer, visueller, auditorischer und vestibularer Information in Verbindung gebracht wird. Weitere Afferenzen ziehen vom Temporallappen, der ebenfalls sensorische Informationen analysiert und integriert, vom Frontal- und

Präfrontallappen und von Arealen des Limbischen Systems zum Cerebellum (Fabbro, 2000; Schmahmann & Pandya, 1997; Schmahmann & Sherman, 1998).

Die Grundstruktur der cerebro-cerebellaren Verbindungen verläuft nach Taber, Strick und Hurley (2005) beginnend in den Pyramidenzellen des Kortex über den Pons zu den Purkinjezellen des Cerebellums. Die cerebelläre Feedbackschleife verläuft dann von den Purkinjezellen über den Nucleus dentatus zum Thalamus und von dort zum cerebralen Kortex zurück, wo motorische und kognitive Operationen beeinflusst werden. Diese Feedbackschleife scheint zu den gleichen Regionen zu verlaufen, von welchen die Feedforwardschleife entspringt (Middleton & Strick, 2001; Taber et al., 2005).

Was die *Lateralisierung* anbelangt, so erhält und sendet jede cerebelläre Hemisphäre die Information von bzw. zur kontralateralen cerebralen Hemisphäre (Fabbro, 2000; Schmahmann, 1996).

5.2 Funktionen des Cerebellums

Die im vorigen Abschnitt erwähnten Verbindungen lassen vermuten, dass das Cerebellum in die neuronalen Systeme, welche motorische, aber auch höhere kognitive und soziale Funktionen bedingen, involviert ist (Ramnani, 2006; Schmahmann & Sherman, 1998; Taber et al., 2005). Daher könnten Störungen nach Läsionen des Cerebellums mit Unterbrechungen dieser anatomischen Verbindungen in Zusammenhang stehen (Parvizi et al., 2001; Ramnani, 2006; Riva & Giorgi, 2000; Schmahmann & Sherman, 1998).

5.2.1 Motorik

Bezüglich seiner Funktionalität wurde das Cerebellum lange Zeit vor allem mit motorischen Funktionen in Verbindung gebracht. Nach Birbaumer und Schmidt (2006) stellt das Cerebellum ein Bindeglied zwischen assoziativem und primär motorischem Kortex dar. Zu den wesentlichen motorischen Aufgaben des Cerebellums (Birbaumer & Schmidt, 2006; Trepel, 2008) zählen die Steuerung, Feinabstimmung und das Erlernen der stützmotorischen Aspekte der Körperhaltung und Bewegung (Vestibulocerebellum, Spinocerebellum), der im Großhirn entwickelten willkürlichen Zielmotorik (Pontocerebellum) und der Okulomotorik (Vestibulocerebellum).

Bewegung entsteht prinzipiell aus einem Antrieb heraus im limbischen System (siehe Abb. 5.3), welches den Impuls an den Assoziationskortex (prämotorischer Kortex)

weiterleitet, der einen Bewegungsplan erstellen soll. Da dieser Plan noch nicht ausführbar ist, wird dieser Entwurf noch an die Basalganglien und das Cerebellum übermittelt. Diese Verbindung zum Cerebellum erfolgt über den corticopontinen Schaltkreis, wodurch das Cerebellum aufgrund der gekreuzten Verschaltung (siehe Abschnitt 5.1.2.1) die motorischen Pläne der kontralateralen cerebralen Hemisphäre erhält. Das Kleinhirn dient nun der Modulation und Feinabstimmung des Bewegungsplans und der Koordination, der an der Bewegung beteiligten Muskeln. Der veränderte Bewegungsplan wird danach vom Cerebellum und von den Basalganglien über den Thalamus zum motorischen Kortex gesandt. Von dort wird der Bewegungsentwurf via Pyramidenbahn zu den Motoneuronen des Rückenmarks gesandt, wo die Bewegung initiiert wird. Auf dem Weg ins Rückenmark sendet die Pyramidenbahn jedoch Kollateralen an die Olive ab, wodurch das Cerebellum eine Art Kopie des aktuellen Bewegungsplans erhält und erneut eine Korrektur vornehmen kann, da es verarbeitete Informationen aus den sensorischen Arealen des Kortex und Informationen über die aktuelle Position und Geschwindigkeit der Körperteile über spinale Afferenzen erhält (Konczak, 2006; Trepel, 2008).

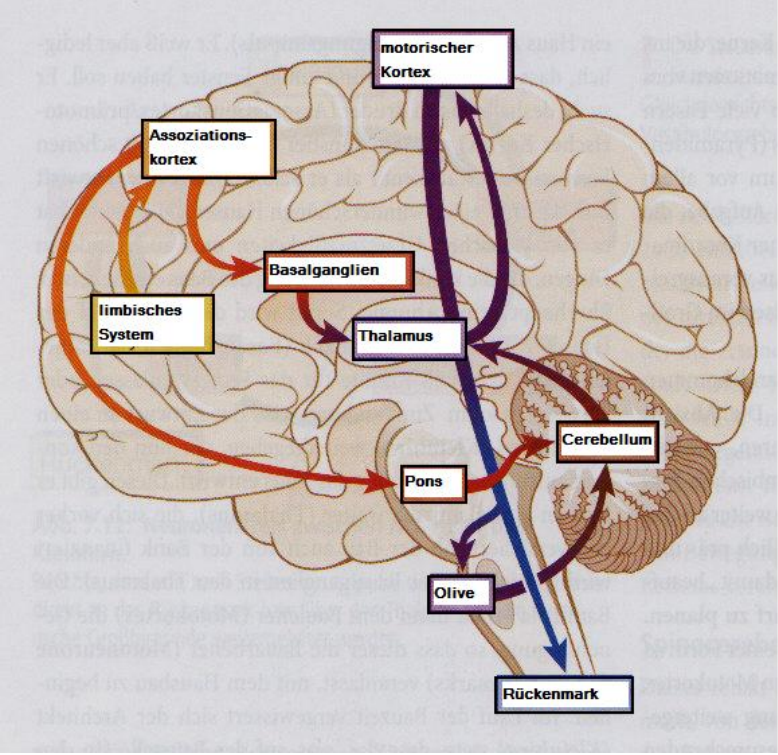


Abb. 5.3 Verschaltung der am Entwurf und an der Ausführung motorischer Impulse beteiligten Strukturen (modifiziert nach Trepel, 2008)

Neben dem Erlernen motorischer Programme wird aber auch die Rolle des Cerebellums für die zeitliche Abfolge von Bewegungssequenzen diskutiert (Birbaumer & Schmidt, 2006) und das Cerebellum mit der Fähigkeit in Verbindung gebracht, Assoziationen zwischen konditioniertem Reiz und einer konditionierten motorischen oder visceralen Antwort zu ermöglichen. Des Weiteren ist das Cerebellum auch in die sensorische Repräsentation und mentale Imagination des eigenen Körpers involviert (Fabbro, 2000).

5.2.2 Kognition

Seit einiger Zeit wird dem Cerebellum aber auch eine Modulator-Funktion von kognitiven und emotionalen Prozessen zugeschrieben (Andreasen et al., 1999; Schmahmann, 2000, 2004; Riva & Giorgi, 2000). Für eine kognitive Rolle des Cerebellums spricht auch das Ergebnis, dass im Gegensatz zu Tieren, bei welchen motorische Areale die stärksten Verbindungen zum Cerebellum aufweisen, beim Menschen die Afferenzen vom Präfrontalkortex zum Cerebellum überwiegen (Ramnani, 2006).

Einerseits scheint das Cerebellum eine wesentliche Rolle beim Lösen und Speichern *visuell-räumlicher Aufgaben* zu spielen (Fabbro, 2000; Kalashnikova et al., 2005). Gründe für visuell-räumliche Defizite nach cerebellären Läsionen werden in der Veränderung der cerebellär-thalamo-cortikalen Schleife gesehen, die das Cerebellum mit dem Parietallappen verbindet, der selbst sensorische Information über visuell-räumliche Aspekte zum Cerebellum leitet (Fabbro, 2000).

Cerebelläre Läsionen führen auch zu Defiziten in *Aufmerksamkeitsprozessen* (Fabbro, 2000; Kalashnikova et al., 2005) und zu einer Verringerung der *Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit* (Fabbro, 2000). Ursache hierfür scheint wiederum die Veränderung der cerebello-thalamo-cortikalen Schleifen zu sein, die eine Veränderung der mit der Organisation von Aufmerksamkeit und Denkprozessen betrauten kortikalen Areale bedingen (Fabbro, 2000). Schoch et al. (2004) konnten in ihrer Studie jedoch keine Defizite in der Aufmerksamkeitsverschiebung feststellen und führen etwaige, in anderen Studien auftretende, Defizite auf indirekte Folgen von motorischen Defiziten und die motorischen Anforderungen der Aufgaben zurück.

Das Cerebellum spielt auch eine wesentliche Rolle im *verbalen Kurzzeitgedächtnis*, und zwar im phonologischen Outputpuffer, welcher eine Komponente des Kontrollsystems darstellt (siehe Abschnitt 2.3) und für die innere Wiederholung verbaler Information zuständig ist (Silveri, Di Betta, Filippini, Leggio & Molinari, 1998).

Diese Funktion ist auch wesentlich für die Planung der Sprachproduktion, weshalb das Cerebellum auch mit *sprachlichen Funktionen* in Verbindung gebracht wird (Connor et al., 2006; Fabbro, 2000; Kalashnikova et al., 2005; Marien, Engelbourghs, Fabbro & De Deyn, 2001; Silveri et al., 1998). Als Ursache für Defizite in sprachlichen Funktionen werden ebenfalls die cortico-ponto-cerebellären Schleifen zu frontalen Arealen angenommen, die für die Planung und Ausführung verbaler und sequentieller Prozesse zuständig sind (Fabbro, 2000; Riva, 1998). Neben der verdeckten Artikulation im Sinne des oben erwähnten artikulatorischen Programms des phonologischen Outputpuffers ist das Cerebellum jedoch auch in die offenkundige Sprachproduktion involviert. Ackermann, Gräber, Hertrich und Daum (1997) erwähnen auch die Rolle des Cerebellums als eine Art interne Uhr, die sowohl für motorisches als auch perzeptionelles Timing bei der Sprachwahrnehmung zuständig ist.

Eine wesentliche Rolle scheint das Cerebellum auch bei *Exekutivfunktionen* wie Wortgenerierung, verbale und semantische Flüssigkeit, lexikalische Suchprozesse und Planung und Kontrolle von Handlungen zu spielen. Als Ursache hierfür werden die Verbindungen des Cerebellums mit frontalen Regionen angenommen (Connor et al., 2006; Kalashnikova et al. 2005; Karatekin et al., 2000). Karatekin et al. (2000) bringen das Cerebellum nicht mit dem Formen von Konzepten und dem Beachten von Regeln, sondern mit der Fähigkeit, Feedback systematisch zu nutzen, um neue Regeln zu generieren und zu testen, in Verbindung.

5.2.3 Emotion

Einige Strukturen des Kleinhirns sind auch in die Regulation wesentlicher vegetativer Funktionen wie Respiration, Herzschlag, Blutdruck usw. und in den Schlaf-Wach-Rhythmus involviert. Außerdem scheint das Cerebellum viele Aspekte emotionalen Verhaltens zu regulieren (Fabbro, 2000). So kann beispielsweise Stimulation des Cerebellums unterschiedliche Stimmungen im Menschen induzieren. Auch die Ähnlichkeit der Symptome des *Posterior Fossa Syndroms* (siehe Abschnitt 6.2.1.1 bzw. 7.1), welches nach Operationen an cerebellären Tumoren auftritt, mit jenen von Autismus (Riva & Giorgi, 2000) und Störungen im sozialen und affektiven Verhalten nach cerebellären Läsionen (Schmahmann & Sherman, 1998) sprechen für die Rolle des Cerebellums bei der Modulation von sozialem und emotionalem Verhalten (Critchley et al., 2000).

Anatomische Ursachen für Störungen vegetativer und emotionaler Funktionen werden in einer Veränderung der hypothalamo-cerbello-hypothalamischen und cerebello-thalamo-cortikalen Schleifen, die Areale des limbischen Systems beinhalten, gesehen (Fabbro, 2000). Auch Turner et al. (2007) nennen als anatomische Grundlage für die Rolle des Cerebellums in der Affektmodulation bidirektionale Verbindungen des Cerebellums mit Regionen, die der Wahrnehmung sozial relevanter Informationen dienen (Präfrontalkortex, posteriorer Parietalkortex), Verbindungen zum limbischen System und reziproke Verbindungen zu Regionen im Hirnstamm, welche über Neurotransmitter an der Stimmungsregulation beteiligt sind.

Emotionserkennung und Emotionsempfinden

Turner et al. (2007) und Annoni, Ptak, Caldara-Schnetzer, Khateh und Pollermann (2003) konnten bei Patienten mit cerebellärem Infarkt zwar keine Störungen der Emotionserkennung bzw. der kognitiven Evaluation emotionaler Reize nachweisen, jedoch eine Störung, *Emotionen zu empfinden*.

Das Defizit Freude zu empfinden, bei erhaltenem Emotionsempfinden von Furcht, resultiert nach Turner et al. (2007) aus der Aktivierung anderer neuronaler Strukturen bei angstauslösenden Reizen bei Patienten im Gegensatz zur Kontrollgruppe, was darauf schließen lässt, dass alternative Strukturen das evolutionär wichtige Empfinden von Furcht übernehmen. Eine weitere Ursache für das Ausbleiben positiven Emotionserlebens trotz Bestehenbleibens des Erlebens von Furcht könnte aber nach Turner und Mitarbeiter auch in einer reduzierten Aktivierung der Belohnungssysteme (dopaminerges, noradrenerges und serotonerges System), die mit dem Cerebellum in Zusammenhang stehen, liegen.

Im Gegensatz dazu sehen Annoni et al. (2003) als Ursache für den Verlust der Emotionsempfindung ein Defizit im autonomen System, auf positive und negative externe Stimuli, gemessen mit dem „Gambling Task“, unterschiedliche Erregungsantworten zu generieren. Diese Theorie wird auch durch die Verbindungen des Cerebellums mit dem Hypothalamus, welche für die Integration somatisch-visceraler Information zuständig sein könnten (Zhu et al., 2006), gestärkt. Ausgehend von diesen Ergebnissen postulieren Annoni et al. (2003) daher als Aufgabe des Cerebellums die Generierung emotional kongruenter, autonomer Reaktionen. Dies steht auch im Einklang mit den Ergebnissen zur Beteiligung des Cerebellums in exekutiven Funktionen von Karatekin et al. (2000) (siehe

Abschnitt 5.2.2), wonach Patienten mit cerebellären Läsionen nicht fähig sind, Feedback systematisch zu nutzen.

An dieser Stelle ist auch die Verbindung des Cerebellums mit den in Abschnitt 2.7 angeführten Emotionstheorien von James (1894), Damasio (Bachara & Damasio, 2005; Damasio, 1998) und LeDoux (2001) zu erwähnen, da das Cerebellum aufgrund seiner Verbindungen und seiner topographischen Struktur auch somatische Informationen verarbeitet (Fabbro, 2000; Zhu et al., 2006).

Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Annoni et al. (2003) gehen Parvizi et al. (2001) in ihrer „Theorie des Pathologischen Lachens und Weinens“ (PLC) (siehe Abschnitt 2.7.2) von einer Störung in der *kognitiven Evaluation emotionaler Situationen,* durch die Unterbrechung der Verbindung des Cerebellums mit telencephalen Strukturen, aus.

Evidenz für die Rolle des Cerebellums beim Erkennen von Emotionen ergibt sich auch aus der geringeren Aktivierung cerebellärer Strukturen (linke Hemisphäre und Vermis) bei Autisten bei der *impliziten (unbewussten) Verarbeitung von emotionalen Gesichtsausdrücken,* während bei der expliziten (bewussten) Bewertung der emotionalen Gesichtsausdrücke keine Unterschiede in der Aktivierung des Cerebellums ersichtlich waren. Die Ergebnisse könnten durch abnormale cerebelläre Strukturen oder durch abnormale serotonerge Funktion in cerebellär-thalamo-kortikalen Verbindungen erklärt werden (Critchley et al., 2000). Das Wiedererkennen von Gesichtern und das Bewerten emotionaler (freudiger, nicht freudiger) Situationen bei Schizophrenen stehen ebenfalls in Zusammenhang mit geringerer Aktivierung cerebellärer Regionen (Andreasen et al., 1999).

5.2.4 Psychische Störungen

Evidenz für die Rolle des Cerebellums in der Modulation von Emotionen ergibt sich auch aus den Ergebnissen bezüglich Anomalien des Cerebellums bei *psychischen Störungen* (Konarski, McIntyre, Grupp & Kennedy, 2005) wie der Schizophrenie, Unipolarer und Bipolarer Störungen, und Posttraumatischen Belastungsstörungen bzw. bei *autistischen Störungen* (Bauman & Kemper, 2005; Critchley et al., 2000; Palmen, van England, Hof & Schmitz, 2004).

Die häufig mit cerebellären Läsionen in Verbindung gebrachten Symptome (Abflachen oder Abstumpfen des Affekts und ungehemmtes, unangepasstes Verhalten bzw. kognitive Störungen) sind den Symptomen psychischer Störungen sehr ähnlich (Konarski

et al., 2005). Diese Ergebnisse sind dennoch aufgrund der Medikation von Patienten mit psychischen Störungen kritisch zu betrachten (Lautenbacher & Möser, 2004).

5.3 Funktionelle Topographie und Lateralisierung cerebellärer Funktionen

Die Ähnlichkeit der kognitiven und affektiven Störungen, verursacht durch Läsionen des Cerebellums, mit Defiziten, welche durch Läsionen des cerebralen Kortex, vor allem der Assoziationsareale, paralimbischer Strukturen oder subkortikaler Strukturen, verursacht werden, lassen vermuten, dass die Verschaltung des Cerebellums mit dem Kortex funktional topographisch geordnet ist (Schmahmann, 1996, 2000, 2004; Schmahmann & Sherman, 1998).

Die *Hemisphären* - vor allem die posterioren Lappen - werden mit kognitiven Funktionen (Schmahmann & Sherman, 1998; Willert, Schaumann-Kuchling, Adamaszek & Spitzer, 2005) der *Vermis* mit Affektregulation und komplexem sozialem und emotionalem Verhalten in Verbindung gebracht (Aarsen et al., 2004; Beckwitt-Turkel et al., 2004; Levisohn et al., 2000; Riva & Giorgi, 2000; Steinlin et al., 2003). Als Ursache für das Auftreten von autistischen Verhaltensweisen im Rahmen des cerebellären Mutismus nach Operationen an cerebellären Tumoren (siehe Abschnitt 7.1) sehen Riva und Giorgi (2000) die Durchtrennung der Verbindungen des Vermis mit jenen Strukturen, die für soziales Verhalten und Emotionen eine Rolle spielen. Im Gegensatz dazu schreiben Turner et al. (2007) dem Vermis die Steuerung primitiver Emotionen, den cerebellären Hemisphären jedoch die Steuerung des Erlebens von Emotionen höherer Ordnung zu. Konczak, Schoch, Dimitrova, Gizewski & Timmann (2005) sehen die Funktion des Vermis hingegen ausschließlich in der Kontrolle der Körperhaltung.

Mit motorischen Funktionen wird vor allem der *Lobus anterior* des Cerebellums in Verbindung gebracht (Schmahmann & Sherman, 1998). Für eine genauere Aufschlüsselung der funktionellen Topographie von Schmahmann (2004) siehe Tabelle 1. Für die Lokalisation der Areale siehe Abb. 4.1 und 4.2.

Tabelle 1: Funktionelle Topographie des Cerebellums (Schmahmann, 2004)

Sensomotorik	Anteriorer Lappen (Lappen I-V); „sekundäre Repräsentation“ (Lappen VIII, IX)
Kognitiv-affektive Funktionen	Neocerebellum (Lappen VI,VII, Vermis und Hemisphären)
Autonome Regulation, Affekt, emotionale Erinnerungen	Vermis, Nucleus fastigial
Exekutive, visuell-räumliche und sprachliche Funktionen, Lernen und Gedächtnis	Cerebelläre Hemisphären und Nucleus dentatus

Einige Studien postulieren eine cerebelläre Lateralisierung kognitiver Funktionen (Kalashnikova et al., 2005; Levisohn et al., 2000; Marien et al., 2001; Richter et al., 2005a; Riva & Giorgi, 2000). Marien et al. (2001) und Kalashnikova et al. (2005) führen diese Lateralisierung auf gekreuzte cerebro-cerebelläre Verbindungen zurück. Läsionen der linken cerebellären Hemisphäre führen beispielsweise zu Defiziten, die ursprünglich mit Dysfunktionen der rechten cerebralen Hemisphäre in Verbindung gebracht werden und vice-versa (Gross-Tsur, Ben-Bashat, Shalev, Levav & Sira, 2006).

5.4 Theorien zur Funktion des Cerebellums

Fraglich ist, ob das Cerebellum viele domänenspezifische kognitive Funktionen erfüllt oder ob es eine eher generische Funktion besitzt, die Kognition, Emotion und Motorik beinhaltet (Schmahmann & Sherman, 1998).

5.4.1 „Dysmetria of thought" (Schmahmann, 1996)

Mit der „Dysmetrie des Denkens" integriert Schmahmann (1996) sowohl motorische als auch kognitive und affektive Funktionen des Cerebellums. Dieses Konzept besagt, dass das Cerebellum als universeller Transformator agiert und so die automatische Modulation des Verhaltens um eine homöostatische Bezugsgröße erleichtert (Schmahmann, 2000). Informationen über Erregung erhält das Cerebellum vom retikularen System, über autonome Funktionen vom Hypothalamus, über affektive Zustände durch seine Verbindungen mit dem limbischen System und über kognitive und sensomotorische Prozesse aus dem Kortex (Schmahmann, 2000). Diese Information wird über den Pons zum Cerebellum geleitet, dort verarbeitet und danach über den Thalamus wieder zum Kortex zurückgeleitet. Die Mechanismen der Verarbeitung sind für assoziative, paralimbische und sensomotorische Information gleich, nur die verarbeitete Information ist unterschiedlich (Schmahmann, 1996).

Die Aufgabe des Cerebellums in seiner Transformatorfunktion ist jene, die tatsächlichen Konsequenzen von Aktionen mit den erwarteten Ergebnissen - und somit die Realität mit der wahrgenommenen Realität - zu vergleichen (Schmahmann, 2000). Ein Schaden an der cerebellären Komponente des neuronalen Kreislaufes führt zu einer Unterbrechung des universalen cerebellären Transformators und damit zu einer universellen cerebellären Beeinträchtigung, je nachdem welcher Bereich beschädigt ist (Schmahmann, 2004).

Das von Schmahmann & Sherman (1998) postulierte „cerebelläre kognitiv affektive Syndrom“ (CCAS) entsteht, wenn die lateralen Hemisphären des posterioren Cerebellums (kognitive Prozesse) oder der Vermis (limbisches Cerebellum) beschädigt sind und ist durch folgende Störungen charakterisiert:

- Störungen der Exekutivfunktionen (Planen, Konzeptwechsel, abstraktes schlussfolgerndes Denken, Arbeitsgedächtnis und Wortflüssigkeit)
- Beeinträchtigung der räumlich kognitiven Fähigkeiten (räumlich-visuelle Organisation und Gedächtnis)
- Persönlichkeitsveränderung (Abflachen oder Abstumpfen des Affekts und ungehemmtes, unangepasstes Verhalten)
- Sprachliche Schwierigkeiten (Dysprosodie, Agrammatismus und Anomie)

Läsionen des sensomotorischen Areals des Cerebellums führen hingegen zu einer Ataxie (Schmahmann, 2004). Eine ausführlichere Aufschlüsselung der cerebellären Topographie befindet sich in Tabelle 1.

5.4.2 Die „Kontrolltheorie“ (Ramnani, 2006)

In der Literatur geht man davon aus, dass das Cerebellum sensorische und propriozeptive Kontexte zu motorischen Reaktionen verbindet. Es erkennt komplexe sensorische Zustände, selektiert und kontrolliert somit Aktionen. Ein bestimmter Kontext löst somit einen bestimmten mentalen Handlungsplan aus, was eine automatischere, schnellere und präzisere Reaktion ermöglicht (Houk & Barto, 1992, zitiert nach Dolan, 1998, S. 546; Thach, 1996).

Auch die „Kontrolltheorie“ (Ramnani, 2006) postuliert - ähnlich wie die Theorie der „Dysmetrie des Denkens“ von Schmahmann (1996) -, dass das Cerebellum alle Inputs nach demselben Algorithmus verarbeitet, was auch mit der einheitlichen Zytoarchitektur des Cerebellums vereinbar ist. Diese Theorie geht wie die Theorie von Thach (1996) davon aus, dass Kontextinformationen gelernt werden. Ein internales Modell wird durch erfahrungsabhängiges Lernen angeeignet und kann natürliche Prozesse wie z.B. Bewegungen simulieren. Ausgehend von einem Modell zur motorischen Kontrolle (siehe Abschnitt 5.2.1) erweitert Ramnani (2006) die Kontrolltheorie auf den Präfrontalkortex (siehe Abb. 5.4): Während Informationen aus dem Präfrontalkortex zu den Zielarealen

geleitet und zu Informationsoutput und kognitiven Konsequenzen verarbeitet werden, wird eine Kopie der Information über cortico-ponto-cerebelläre Verbindungen zum Cerebellum geleitet und es werden kognitive Konsequenzen vorhergesagt. Die tatsächlichen und vorhergesagten Konsequenzen werden in der Olive verglichen und die Vorhersagen angepasst. Der Output läuft vom Cerebellum entweder zu den präfrontalen Zielarealen oder zum Präfrontalkortex selbst zurück. Sinn dieser cerebellären Schleifen ist es automatische Informationsverarbeitung dadurch schneller, genauer und automatischer ablaufen zu lassen. Diese Verarbeitung ist jedoch nur in Verbindung mit bestimmten Kontexten möglich und daher unflexibel. Die präfrontale Schleife hingegen bleibt für neue Probleme frei und kann flexibel reagieren. Dieses Modell könnte sich möglicherweise auf alle kortikalen Areale ausweiten lassen, die über cortico-ponto-cerebelläre Verbindungen zum Cerebellum projizieren (vgl. CS-Modus Abschnitt 2.4.1).

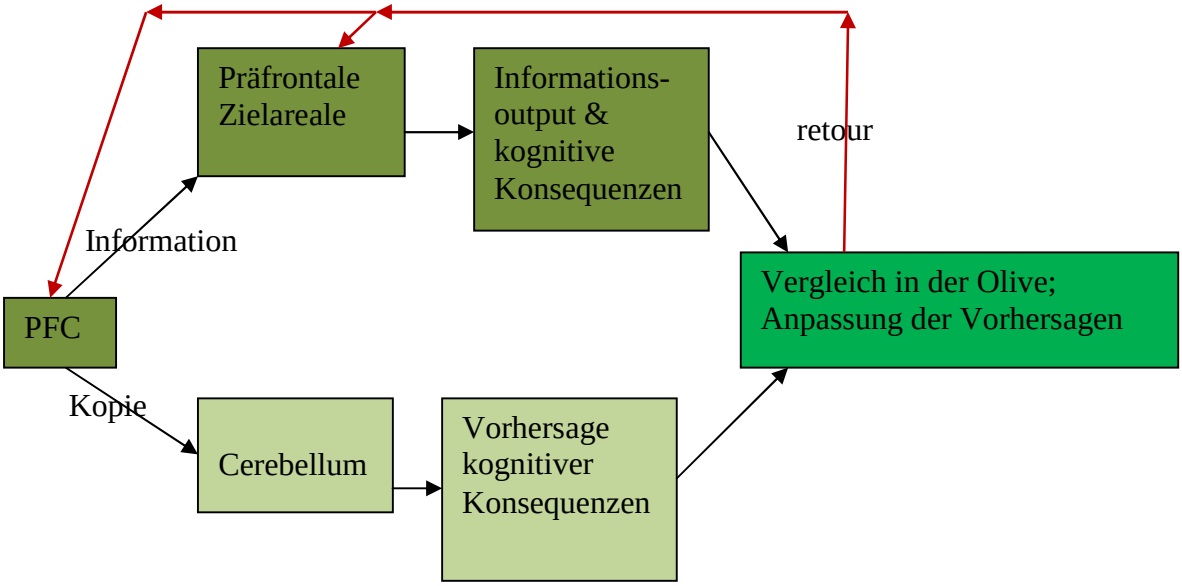


Abb. 5.4: Kognitives Modell der Kontrolltheorie (modifiziert nach Ramnani, 2006)

5.5 Conclusio

Aus den obigen Ergebnissen kann man auf die vielfältige Rolle des Cerebellums für motorische, kognitive und emotionale Funktionen schließen. Erklären lässt sich diese vielseitige Rolle durch die zahlreichen Verbindungen des Cerebellums zu anderen kortikalen Regionen. Den Theorien über die Funktion des Cerebellums ist - ungeachtet der verschiedenen postulierten Verarbeitungsmechanismen (Modulation, Transformation, Kontextlernen…) - gemeinsam, dass Unterbrechungen dieser Verbindungen zu einer Störung der Informationsverarbeitung im Cerebellum und dadurch zu motorischen, kognitiven und affektiven Störungen führen.

6 Klassifikation von Hirntumoren - unter besonderer Berücksichtigung des cerebellären pilozytischen Astrozytoms

Im folgenden Abschnitt wird die Klassifikation der Hirntumore kurz erläutert und differenziert auf das cerebelläre pilozytische Astrozytom eingegangen.

6.1 Klassifikationsrichtlinien von Hirntumoren

Hirntumore können in primäre und sekundäre Hirntumore gegliedert werden, wobei es sich bei primären um vom Neuroepithel, den Ganglienzellen, den Hirnhäuten, den Nervenscheiden, der Hirnanhangsdrüse oder ekopen, intrakraniellen Geweben ausgehende Tumore handelt, während sekundäre Tumore Metastasen von anderen Tumoren und von Tumoren des Schädelknochens darstellen (Poeck & Hacke, 2006). Des Weiteren werden Hirntumore nach ihrer Lokalisation, nämlich supratentoriell und infratentoriell[2], klassifiziert (Delank & Gehlen, 2006). Die WHO teilt Hirntumore aufgrund ihrer histologischen Klassifikation in vier Malignitätsgrade ein, welche auch eine Richtlinie für ihr biologisches Verhalten geben (Poeck & Hacke, 2006).

Tabelle 2: Histologische Kriterien der Hirntumore -WHO (modifiziert nach Poeck und Hacke, 2006)

WHO-Grad	Dignität	Histologische Charakteristika	Tumorarten	Postoperative Überlebenszeit
I	Benigne	Gewebe gut differenziert, keine Metastasen	Pilozytisches Astrozytom, Meningeom, Neurinom, Hypophysenadenom	5 (-50) J.
II	Semibenigne	Einzelne atypische Zellen, Kernatypien, noch gut differenziertes Gewebe, kaum Metastasen	Astrozytom II, Oligodendrogliom, Ependymom, Pinezytom	3-5 J.
III	Semimaligne	Viele atypische Zellen, Ursprungsgewebe erkennbar, aber bereits entdifferenziert, Mitosen	Anaplastisches Astrozytom, anaplastisches Oligodendrogliom, Plexuskarzinom	2-3 J.
IV	Maligne	Gewebe entdifferenziert, viele Mitosen, Nekrosen, Endothelproliferation, Metastasen	Astrozytom IV, Medulloblastom, Meningosarkom, Glioblastom, malignes Lymphom	6 Monate (bis 2 J.)

[2] supratentoriell: oberhalb des Kleinhirnzelts, in der mittleren oder vorderen Schädelgrube liegend; infratentoriell: kaudal des Kleinhirnzelts, in der hinteren Schädelgrube liegend (DocCheck, 2008)

6.2 Tumore der hinteren Schädelgrube (posteriore Fossa Tumore)

80% der bei Erwachsenen auftretenden Tumore sind supratentoriell, d.h. in der vorderen und mittleren Schädelgrube lokalisiert. Gliome, Meningeome und Metastasen treten hierbei am häufigsten auf (Berlit, 2007). Infratentorielle Tumore hingegen kommen vermehrt bei Kindern vor (Delank & Gehlen, 2006), wobei etwa 54% bis 70% der Hirntumore des Kindesalters in der hinteren Schädelgrube lokalisiert sind (Galhom, 2006). Die knöcherne hintere Schädelgrube umfasst das Kleinhirn, die Brücke und das verlängerte Mark (Koch, Chi & Gupta, 2005). Aufgrund des geringen Raumes in der hinteren Schädelgrube und der möglichen Einbeziehung von Kernen des Hirnstamms gelten diese Tumore als gefährlich (Galhom, 2006). Bei Tumoren der hinteren Schädelgrube kann es aufgrund der Lage schon frühzeitig zu einer Steigerung des intrakraniellen Druckes mit Stauungspapillen[3] kommen und es resultieren häufig basale Hirnnervenstörungen, Kleinhirnsymptome und Hirnstammsymptome (Delank & Gehlen, 2006).

Was die *Ätiologie* anbelangt, konnten keine spezifischen Ursachen für die Entstehung von Tumoren der hinteren Schädelgrube gefunden werden. In ihrer Entwicklung könnten jedoch einige Tumor-Suppressorgene (p53) und die Aktivierung von Onkogenen bzw. auch Umweltfaktoren, Strahlen und toxische Stoffe eine Rolle spielen (Galhom, 2006).

Die operative Resektion bei Tumoren der hinteren Schädelgrube erfolgt meist mittels osteoklastischer Kraniotomie[4] (Berlit, 2007).

Zu den *häufigsten Tumoren der hinteren Schädelgrube im Kindes- und Jugendalter* zählen in absteigender Reihenfolge Medulloblastome (MacDonald, 2006a), Ependymome (MacDonald, 2006b) und cerebelläre pilozytische Astrozytome (MacDonald, 2006c), wobei an dieser Stelle nur letzteres erläutert werden soll.

6.2.1 Das pilozytische Astrozytom

Das pilozytische Astrozytom - auch Spongioblastom genannt (Delank & Gehlen, 2006) - zählt zu den langsam wachsenden, gut abgegrenzten Tumoren, welche überwiegend im Kindes- und Jugendalter auftreten. Sie treten hauptsächlich in Strukturen der Mittellinie, im Kleinhirn, im Hirnstamm, im Thalamus oder in Sehnerven auf. Trotz pathologisch-anatomischer Benignität können sie klinisch bösartig sein, wenn ihre Lage operativ nicht zugänglich ist (Poeck & Hacke, 2006).

[3] Stauungspapille: „Verbreiterung und glasige Trübung der Sehnervpapille bei gleichzeitiger Prallfüllung und hochgradiger Schlängelung der Netzhautnerven und Verengung der Arterien (Dierkes, 2000, S. 740)“

[4] Osteoklase: „modellierendes apparatives Umformen bzw. Redressieren von Knochen“ (Dierkes, 2000, S. 564); Kraniotomie: „operative Schädeleröffnung“ (Dierkes, 2000, S. 410)

Symptomatisch kommt es bei der pilozytischen Form relativ früh zu Lokalsymptomen und Hirndruckzeichen (Berlit, 2007). Bei Blockierung der Liquorpassage kann ein Liquorstau resultieren, welcher zu einem Hydrocephalus führen kann (Delank & Gehlen, 2006). Ihren Aufbau betreffend, bestehen sie häufig aus einem soliden und einem zystischen Anteil (Poeck & Hacke, 2006).

6.2.1.1 Das cerebelläre pilozytische Astrozytom

Das pilozytische Astrozytom des Cerebellums (siehe Abb. 6.1) stellt etwa 1/3 der Tumore der hinteren Schädelgrube dar (Koch et al., 2005). Cerebelläre pilozytische Astrozytome sind gutartige Tumore (WHO-Grad I) des Kindes- und Jugendalters und treten am häufigsten im Alter von 7 bis 17 Jahren auf. Meist vom Kleinhirnwurm ausgehend, breitet es sich oft mit großen Zysten in eine der Kleinhirnhemisphären aus. Im weiteren Verlauf besteht die Möglichkeit, dass der Tumor sich rostral ausbreitet oder zur Einklemmung des Mittelhirns im Tentoriumschlitz führt (Poeck & Hacke, 2006).

Was die *Symptomatik* anbelangt, so treten neurologische Symptome im Gegensatz zu der oben erwähnten frühen Symptomatik anderer pilozytischer Astrozytome beim cerebellären pilozytischen Astrozytom des Kindes- und Jugendalters oft erst dann in Erscheinung, wenn der Tumor schon sehr groß ist und es zu vorübergehenden Einklemmungserscheinungen (Poeck & Hacke, 2006) und Hirndruckerscheinungen, verursacht durch die Verlegung der Liquorwege (Delank & Gehlen, 2006), kommt. Als häufige Symptome werden Schmerzen im Nacken, im Hinterkopf und in der Stirn genannt. Aufgrund des häufigen Drucks des Tumors auf die Medulla oblongata kann es aber auch zu zerebralem Erbrechen kommen. Der Kopf weist eine Neigung zur Herdseite auf, das Kinn ist hierbei ein wenig zur Gegenseite angehoben. Beim Gehen und Stehen kommt es zur Fallneigung und zum Abweichen in Richtung der Herdseite. Nystagmus[5] und cerebelläre Ataxie treten fast immer auf. Tumore des Vermis verursachen Störungen des Körpergleichgewichts (Poeck & Hacke, 2006).

Was die *Diagnostik* anbelangt, erkennt man bei diesen Tumoren im CT und MRT einen scharf begrenzten Tumor mit Zystenbildung und Verkalkungen (Poeck & Hacke, 2006).

---

[5] Nystagmus: „unwillkürliche, rhythmische Bewegung eines Organs (Dierkes, 2000, S. 546)“

Abb. 6.1 Infratentorielles pilozytisches Astrozytom: 21 Monate alter Junge; Ausgedehnter, größtenteils zystischer, teils solider infratentorieller Hirntumor mit konsekutivem Verschlußhydrocephalus und Druckzeichen (modifiziert nach Hahn,2004)

Therapeutisch ist bei cerebellären pilozytischen Astrozytomen meist eine Resektion indiziert, da sie operativ gut zu entfernen sind (Poeck & Hacke, 2006). Die Lokalisation des Tumors ist bei dem chirurgischen Eingriff jedoch zu berücksichtigen, da es vor allem bei niedriggradigen Tumoren durch die Resektion verursachte, neurologische Defizite zu vermeiden gilt (Berlit, 2007). Nach dem Eingriff tritt rasche Besserung der Symptome und rasche Kompensierung der Koordinationsstörungen ein. Rezidive müssen bei einer operativen Entfernung nicht befürchtet werden, wobei auch die Durchführung einer zweiten Operation möglich wäre (Poeck & Hacke, 2006).

Als typische *Komplikation nach Operationen* von Kleinhirn-Tumoren wird eine als cerebellarer Mutismus, allgemeiner als „Posterior Fossa Syndrom“, bezeichnete Störung beschrieben (Rekate, Grubb, Aram, Hahn, & Ratcheson, 1985).

Im Unterschied zu den anderen Tumoren der hinteren Schädelgrube des Kindes- und Jugendalters (Medulloblastome, Ependymome) ist Strahlen- und/oder Chemotherapie bei diesen Tumoren nur ausnahmsweise indiziert. Die Kontrolle von Kindern und Jugendlichen nach Operationen niedergradiger Gliome erfolgt in regelmäßigen Abständen (Koch et al., 2005).

7 Neuropsychologische Folgen nach Operationen an Tumoren der hinteren Schädelgrube

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse bisheriger Studien zu neuropsychologischen Defiziten nach Operationen an Tumoren der hinteren Schädelgrube erörtert und aus der kritischen Betrachtung dieser Studien bzw. der Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse zur Funktionalität des Cerebellums Schlüsse für zukünftige Studien gezogen.

7.1 Neuropsychologische Defizite nach Operationen an Tumoren der hinteren Schädelgrube

Zu den häufigsten Tumoren der hinteren Schädelgrube im Kindes- und Jugendalter zählen, wie schon erwähnt, Medulloblastome, Ependymome und cerebelläre pilozytische Astrozytome (MacDonald, 2006a-c), weshalb die Mehrzahl der Studien zu diesen Tumoren eben diese Patientengruppen zu einer Stichprobe zusammenfassen.

Als typische postoperative Folgeerscheinung nach Operationen an Tumoren der hinteren Schädelgrube wird, wie schon erwähnt, das „Posterior Fossa Syndrom“ (Rekate et al., 1985) angeführt, welches aus vergänglichen kurzzeitigen Defiziten besteht, die 1 bis 6 Tage nach der Operation beginnen und über Monate andauern können. Häufige Symptome sind Mutismus mit nachfolgender Dysarthrie (MSD-Syndrom), oropharyngeale (= Mund, Rachen) Dyspraxie, emotionale Labilität, Inkontinenz und bizarre Persönlichkeitsveränderungen. Diese Verhaltensauffälligkeiten - teils mit autistischen Zügen - werden mit Läsionen des Vermis in Verbindung gebracht (Aarsen et al., 2004; Beckwitt-Turkel et al., 2004; Levisohn et al., 2000; Riva & Giorgi, 2000; Steinlin et al., 2003). Neben dem Posterior Fossa Syndrom können kurz nach der Operation auch Störungen der Aufmerksamkeit und der Exekutivfunktionen auftreten (Riva & Giorgi, 2000). Störungen der Motorik finden sich bei Beckwitt-Turkel et al. (2004).

Die Ergebnisse von Aarsen et al. (2004) lassen vermuten, dass die auftretenden neuropsychologischen Störungen im Laufe der Zeit zwar geringer werden, jedoch nie ganz zurückgehen. Evidenz hierfür besteht auch im Bedarf an spezieller schulischer Betreuung für 24% der Kinder.

Defizite zeigen sich auch noch einige Jahre nach der Operation in sprachlichen Funktionen (Aarsen et al., 2004; Levisohn et al., 2000), in der Aufmerksamkeit (Aarsen et al., 2004; Steinlin et al., 2003), in visuell-räumlichen Fähigkeiten (Aarsen et al., 2004; Levisohn et al., 2000; Steinlin et al., 2003), in Exekutivfunktionen, in Gedächtnisfunktionen (Aarsen et al., 2004; Karatekin et al., 2000; Levisohn et al., 2000; Steinlin et al., 2003) und in der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit (Steinlin et al., 2003). Richter et al. (2005b) konnten hingegen keine Störungen der Sprache (Aphasie) und keinen Neglekt feststellen. Schoch et al. (2004) konnten ebenfalls keine Defizite in der Aufmerksamkeitsverschiebung bei Kindern mit cerebellären Läsionen unterschiedlicher Ursache finden und führen die bisher postulierten Aufmerksamkeitsstörungen auf motorische Anforderungen der Aufgaben zurück.

Im Gegensatz zu den obigen Ergebnissen konnten auch Daum et al. (1993) bei Patienten mit cerebellärer Pathologie keine Beeinträchtigung des Gedächtnisses oder visuo-konstruktiver Fähigkeiten finden. Diese traten nur auf, wenn auch Strukturen des Hirnstamms beschädigt waren. Störungen der Motorik fanden Aarsen et al. (2004), Levisohn et al. (2000) und Konczak et al. (2005). Verhaltensauffälligkeiten der Patienten zeigten sich in Affektregulationsstörungen und ungehemmtem, unangepasstem Verhalten (Aarsen et al., 2004; Levisohn et al., 2000; Steinlin et al., 2003). Außerdem besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, psychische Störungen wie Sucht, Anorexie, Phobien oder Affektregulationsstörungen zu entwickeln (Steinlin et al., 2003).

Was das Konzept des CCAS von Schmahmann und Sherman (1998) betrifft, so wurde dies für Kinder mit Tumoren der hinteren Schädelgrube von Levisohn et al. (2000) und von Riva und Giorgi (2000) bestätigt. Beckwitt-Turkel et al. (2004) bestätigen das CCAS ebenfalls bei Kindern und bezeichnen das Posterior Fossa Syndrom als akute Manifestation des CCAS.

7.1.1 Entwicklung des Cerebellums im Kindes- und Jugendalter

Riva und Giorgi (2000) postulieren eine frühe Entwicklung und Spezialisierung des Cerebellums und nehmen an, dass die reziproke cerebro-cerebelläre Verbindung auch schon bei Kindern vorhanden ist. Evidenz dafür sehen sie in der Ähnlichkeit von cerebellären und kortikalen Störungen bei Kindern und Erwachsenen. Richter et al. (2005a) postulieren z.B. ebenfalls eine ähnliche Lokalisation der Sprachfunktionen im Cerebellum bei Kindern und Erwachsenen. Im Gegensatz dazu vermuten Aarsen et al.

(2004), dass die Lateralisation der cerebro-cerebellären Bahnen bei Kindern noch nicht abgeschlossen ist.

Steinlin et al. (2003) konnten keinen inversen Zusammenhang zwischen dem Alter des Kindes zum Zeitpunkt der cerebellären Läsion und dem Schweregrad der Folgen bestätigen. Ein kritisches Alter mit erhöhter Vulnerabilität scheint aber zwischen dem 5. und 10. Lebensjahr zu bestehen. Alter zum Zeitpunkt der Operation, Zeit seit der Operation und Läsionsvolumen sind für Konczak et al. (2005) ebenfalls nur schwache Prädiktoren für motorische und kognitive Besserung. Eine Operation bei jüngeren Kindern führt zu keiner besseren Kompensation der Störungen. Levisohn et al. (2000) hingegen fanden einen Zusammenhang zwischen Alter und Zeit nach der Operation mit neurobehavioralen Folgen. Je älter die Kinder bei der Operation sind, desto schwerwiegender sind die Verhaltensauffälligkeiten. Verfälscht wird dieses Ergebnis jedoch dadurch, dass gerade die jüngeren nicht an Medulloblastomen operiert wurden. Was die Plastizität des Cerebellums generell nach cerebellären Läsionen anbelangt, weisen Patienten nach cerebellären Infarkten eine gute Erholung von den neuropsychologischen Defiziten auf, da kein Absterben der Zellen sondern nur ein Missklang in ihrer Zusammenarbeit - aufgrund der Störung der koordinativen Rolle des Cerebellums - für die Defizite verantwortlich ist. Aufgrund der Bildung von neuen synaptischen Verbindungen können kognitive, vestibuläre und motorische Defizite kompensiert werden (Kalashnikova et al., 2005).

7.1.2 Kritik an bisherigen Studien

Grundsätzlich lässt sich an der geringen Stichprobengröße der Studien (12-26 Personen) Kritik üben. Nach Levisohn et al. (2000) ist es aufgrund einer geringen Stichprobengröße schwierig, andere Variablen zu kontrollieren, die zu kognitiven Störungen führen könnten. Einen solchen Zusammenhang fanden Aarsen et al. (2004) beispielsweise bezüglich des Schweregrades, nicht aber der Dauer des präoperativen Hydrocephalus mit geringeren visuell-räumlichen Fertigkeiten. Auch Konczak et al. (2005) führen Störungen des Arbeitsgedächtnisses auf die zuvor durchgeführte Chemotherapie zurück. Levisohn et al. (2000) erwähnen auch den Einfluss von Medikamenten auf kognitive Funktionen. In den oben genannten Studien wurden, außer in den Studien von Aarsen et al. (2004) und Levisohn et al. (2000), Radio- und Chemotherapie bzw. Hydrocephalus nur teilweise oder überhaupt nicht berücksichtigt, was aufgrund der Zusammenhänge mit kognitiven Funktionen auf eine Reduzierung der Aussagekraft der Studien schließen lässt. Des

Weiteren ist an den meisten Studien die Verwendung heterogener Stichproben zu kritisieren, da diese andere Tumore der hinteren Schädelgrube mit einbeziehen. Nur Aarsen et al. (2004) und Richter et al. (2005b) untersuchten eine homogene Stichprobe von Patienten mit cerebellärem pilozytischem Astrozytom. Aber auch diese Studien können nicht den Anspruch erheben, Langzeitfolgen zu untersuchen, da einige Patienten schon ein Jahr nach der Operation untersucht wurden. Des Weiteren wurden in den bisherigen Studien zu Tumoren der hinteren Schädelgrube nur Kinder und junge Erwachsene untersucht, wodurch der Aspekt der Entwicklung und der Plastizität nicht berücksichtigt werden konnte.

Eine weitere Kritik bezüglich der Rolle des Cerebellums für kognitive Funktionen betrifft die motorische Beeinträchtigung, welche die Testergebnisse beeinflussen könnten (Willert et al., 2005). Des Weiteren könnte die Aktivierung des Cerebellums durch die motorische Antwortpräparation zustande kommen (Dolan, 1998). Glickstein (2006) vertritt überhaupt die ursprüngliche Ansicht, dass das Cerebellum nur von Kortexarealen Input erhält, die mit Bewegung in Verbindung stehen und daher nur für die Kontrolle der Motorik zuständig ist.

Am Konzept des CCAS ist zu kritisieren, dass es an erwachsenen Patienten mit cerebellären Läsionen heterogener Ursache entwickelt wurde. Außerdem fehlt das gemeinsame Vorkommen aller Kernsymptome sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern, was gegen ein Syndrom spricht (Aarsen et al., 2004).

Die kontroversen Ergebnisse bezüglich der Funktion des Cerebellums in den verschiedenen Studien, die in Abschnitt 5.2 und 7.1 erörtert wurden, sind ebenfalls immer unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Störvariablen wie Radio- und Chemotherapie, Medikation, heterogene Läsionen in den verschiedenen Patientengruppen aber auch unter der Verwendung unterschiedlicher Verfahren zu sehen.

7.2 Conclusio

Aus der bidirektionalen Verschaltung des Cerebellums mit sämtlichen Ebenen des Zentralnervensystems und den Theorien zu einer integrativen Funktion des Cerebellums zur Modulation von kognitiven, emotionalen und motorischen Fähigkeiten (siehe Abschnitt 5) ergibt sich die Relevanz weiterer Studien, welche die Rolle des Cerebellums genauer durchleuchten. Aufgrund dessen, aber auch aufgrund der eben genannten Kritikpunkte bezüglich der bisherigen Studien, ist es von Interesse, sämtliche kognitive

neuropsychologische Störungen, die bisher in unterschiedlichen Studien untersucht wurden, in einer homogenen Patientenstichprobe, konkret bei Patienten mit cerebellärem pilozytischem Astrozytom, zu untersuchen. Berücksichtigung sollten in weiteren Studien auch Störvariablen wie der präoperative Hydrocephalus, die Chemo- und Strahlentherapie, aber auch motorische Defizite finden, um etwaige Einflüsse auszuschließen.

Da das Konzept des CCAS an einer heterogenen Stichprobe entwickelt wurde und bisherige Studien zu kontroversen Schlüssen bezüglich der Gültigkeit gelangt sind, bedarf es auch einer weiteren Abklärung der Gültigkeit des CCAS in einer homogenen Stichprobe.

Außerdem ist auch aufgrund der Plastizität des menschlichen Gehirns von wesentlichem Interesse, inwieweit Patienten mit cerebellärem pilozytischen Astrozytom einige Jahre nach der Operation Defizite in kognitiven und emotionalen Funktionen aufweisen, um Aussagen über die Entwicklung dieser Patientengruppe treffen und etwaige Fördermaßnahmen schon im Kindesalter ergreifen zu können. Ebenfalls aus prognostischen Gründen sollte der Einfluss des Alters zum Zeitpunkt der Operation auf die Entwicklung von neuropsychologischen Defiziten Berücksichtigung finden.

Aus den Ergebnissen anderer Studien ergibt sich auch die Relevanz emotionale Funktionen, wie das Erkennen von Emotionen in Gesichtern und das Emotionsempfinden bei dieser Patientengruppe zu untersuchen, da das Cerebellum aufgrund seiner Verbindungen auch Informationen über physiologische Veränderungen erhält, die nach den Theorien von James (1894), Damasio (Damasio, 1998; Bachara & Damasio, 2005) und LeDoux (2001) für das Entstehen von Emotionen notwendig sind. Dadurch könnten diese Theorien auch in der Erforschung der Rolle des Cerebellums für die Entstehung von Emotionen wieder Berechtigung finden. Außerdem wurde bisher bei Patienten mit cerebellären pilozytischen Astrozytomen keine systematische Erhebung emotionaler Funktionen durchgeführt (wenn überhaupt, wurden emotionale Funktionen anhand von Verhaltensbeobachtungen und Befragungen erhoben).

Da in der Literatur (Filipp & Ferring, 1991) bei verschiedenen Patientengruppen auch Unterschiede zwischen objektivem Befund und subjektivem Befinden postuliert werden und im Laufe der Zeit eine Kompensation der Defizite möglich wäre, wäre es auch von Interesse, die Übereinstimmung von objektiven Langzeitfolgen und subjektiven Beeinträchtigungen bei Patienten nach Operationen an cerebellären pilozytischen Astrozytomen zu überprüfen.

II EMPIRIETEIL

8 Zielsetzungen und Fragestellungen der vorliegenden Studie

Im folgenden Abschnitt werden die Zielsetzungen der Studie dargelegt und die daraus abgeleiteten Fragestellungen konkretisiert.

8.1 Zielsetzungen der vorliegenden Studie

Aus den in Abschnitt 5 und 7 erörterten Ergebnissen bisheriger Studien kann man auf die vielfältige Rolle des Cerebellums für motorische, kognitive und emotionale Funktionen schließen.

Aus Abschnitt 7 geht hervor, dass auch Operationen an Tumoren der hinteren Schädelgrube zu Defiziten in diesen Funktionsbereichen führen können. Bisher konnten jedoch aufgrund einiger Mängel der Studien noch keine konkreten Aussagen bezüglich der Langzeitfolgen nach Operationen an cerebellären pilozytischen Astrozytomen getroffen werden. Daher ist es Ziel dieser Studie, alle bisher in verschiedenen Studien untersuchten kognitiven und emotionalen Störungen bzw. auch psychische Belastungen in einer Studie zu erfassen, um abzuklären, ob Patienten nach Operationen an cerebellären pilozytischen Astrozytomen auf lange Sicht gesehen Störungen in kognitiven und emotionalen Funktionen bzw. psychische Belastungen entwickeln. Hierbei soll auch ein Schwerpunkt auf die Erfassung des Emotionsempfindens und Emotionserkennens - Funktionen, welche bisher bei dieser Patientengruppe noch nicht untersucht wurden - gelegt werden, um auch Aussagen über die vermutete Lokalisation der emotionalen Funktionen treffen zu können.

Ursprünglich wäre auch die Erhebung von MRT-Daten geplant gewesen (siehe Einleitung), welche jedoch leider nicht realisiert werden konnte.

Ein weiteres Ziel dieser Studie ist es auch, die Information bezüglich der Auswirkungen des Tumors für neue Patienten der Universitätsklinik für Neurochirurgie des AKH der Stadt Wien bzw. deren Angehörige besser gestalten und konkretisieren zu können, um Ängste zu nehmen bzw. etwaigen Defiziten präventiv vorbeugen zu können.

Als wesentliche Stärke dieser Studie kann der Ausschluss von Strahlen- und Chemotherapie, die Berücksichtigung des präoperativen Hydrocephalus und die Erhebung

feinmotorischer Defizite, welche für die Bewältigung einiger kognitiver Verfahren erforderlich sind, angesehen werden.
Durch die Erfassung des präoperativen Hydrocephalus ist es möglich, auch dessen Auswirkungen auf visuell-räumliche Funktionen zu untersuchen.
Aufgrund der Entwicklung des Gehirns im Laufe des Kindes- und Jugendalters (siehe Abschnitt 4.2), aber auch aufgrund der Fähigkeit des Gehirns, sich bei Läsionen neu zu organisieren (siehe Abschnitt 4.1), soll auch der Einfluss des Alters zum Zeitpunkt der Operation erfasst werden.
Insbesondere gilt es auch als Ziel dieser Studie, die Gültigkeit des CCAS in einer Gruppe von Patienten mit homogener cerebellärer Pathogenese zu überprüfen, da das Konzept des CCAS von Schmahmann und Sherman (1998) an Patienten mit heterogener Pathogenese entwickelt wurde und die Ergebnisse bisheriger Studien keine eindeutige Bestätigung des CCAS zulassen (Aarsen et al., 2004; Beckwitt-Turkel et al., 2004; Levisohn et al., 2000; Riva & Giorgi, 2000).
Zusätzlich ist auch in dieser Patientengruppe von Interesse, inwieweit subjektive Beeinträchtigungen im Alltag mit objektiv erfassten Beeinträchtigungen in Zusammenhang stehen.

8.2 Fragestellungen der vorliegenden Studie

Aus den oben genannten Zielen leiten sich folgende Fragestellungen ab:

Fragestellung 1: *Unterscheiden sich die Patienten, welchen ein cerebelläres pilozytisches Astrozytom entfernt wurde, hinsichtlich kognitiver (intellektueller, exekutiver, attentionaler, mnestischer, visuell-räumlicher und verbaler) und emotionaler (Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke, Emotionsempfinden) Funktionen bzw. hinsichtlich psychischer Belastungen von der Normpopulation?*

Fragestellung 2: *Gibt es Unterschiede in kognitiven (intellektuellen, exekutiven, attentionalen, mnestischen, visuell-räumlichen und verbalen) und emotionalen (Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke, Emotionsempfinden) Funktionen bzw. psychischen Belastungen zwischen Patienten, welchen bis zur Vollendung des 10. Lebensjahres bzw. ab dem 11. Lebensjahr ein cerebelläres pilozytisches Astrozytom exstirpiert wurde?*

Fragestellung 3: *Gibt es Unterschiede in visuell-räumlichen Funktionen zwischen Patienten, welche einen präoperativen Hydrocephalus entwickelten und Patienten, die keinen präoperativen Hydrocephalus entwickelten?*

Fragestellung 4: *Gibt es Unterschiede in emotionalen (Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke, Emotionsempfinden) Funktionen bzw. hinsichtlich psychischer Belastungen zwischen Patienten, welchen bei der Operation auch Teile des Vermis entfernt wurden und Patienten, welchen nur Teile der cerebellären Hemisphären exstirpiert wurden?*

Fragestellung 5: *Treten Störungen der verbalen Fähigkeiten, der visuell-räumlichen Funktion, der Exekutivfunktionen sowie der Affektregulation bei Patienten nach Operationen an cerebellären pilozytischen Astrozytomen im Sinne eines CCAS mit der Wahrscheinlichkeit von $p = 0.6$ auf?*

Fragestellung 6: *Gibt es eine Übereinstimmung zwischen den objektiv erfassten neuropsychologischen Störungen und den von den Patienten im Alltag subjektiv empfundenen Störungen dieser neuropsychologischen Funktionen?*

9 Statistische Hypothesenformulierung

Um dem Leser ein monotones Ablesen unzähliger Seiten mit Hypothesen zu ersparen, wurde an dieser Stelle nur eine Musterhypothese je Fragestellung formuliert.

9.1 Hypothesen zu Fragestellung 1: Vergleich zur Normpopulation

$H_{0.1.1}$: *Patienten, welchen ein cerebelläres pilozytisches Astrozytom entfernt wurde, unterscheiden sich hinsichtlich der nonverbalen Intelligenz nicht signifikant von der Normpopulation.*

$H_{1.1.1}$: *Patienten, welchen ein cerebelläres pilozytisches Astrozytom entfernt wurde, unterscheiden sich hinsichtlich der nonverbalen Intelligenz signifikant von der Normpopulation.*

In Analogie zum Musterhypothesenpaar werden weitere Hypothesenpaare

- der *semantischen, formal-lexikalischen Wortflüssigkeit* und *figuralen Flüssigkeit* ($H_{2.1}$-$H_{2.3;}$ Exekutivfunktionen);
- der *kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit, geteilten Aufmerksamkeit* und *selektiven Aufmerksamkeit* ($H_{3.1}$-$H_{3.3;}$ attentionale Funktionen);
- des *verbalen KZG, bildhaften KZG, des Arbeitsgedächtnisses,* der *Lern-, Gedächtnis-* und *Wiedererkennensleistung* ($H_{4.1}$-$H_{4.6;}$ mnestische Funktionen);
- der *visuell-räumlichen Funktion* ($H_{5.1}$);
- des *Aphasie-Gesamtwertes,* des *auditiven Verständnisses für abstraktes Material,* der *semantischen* bzw. *lexikalischen Wortgenerierung,* des *Benennens,* des *Lesens,* des *Lesesinnverständnisses,* des *auditiven Sprachverständnisses,* des *Schreibens nach Diktat* und des *Nachsprechens* ($H_{6.1}$- $H_{6.10}$; verbale Funktionen);
- des *Vert-K-Gesamtwertes* bzw. des *Erkennens freudiger, ängstlicher, wütender, trauriger, sich ekelnder* und *neutraler Gesichtsausdrücke* ($H_{7.1}$-$H_{7.7}$; Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke);
- des *Empfindens von Emotionen* bei *positiv/stark-aktivierenden, negativ/stark-aktivierenden* und *neutralen Bildern* ($H_{8.1}$-$H_{8.3;}$ Emotionsempfinden);
- und der *aktuellen psychischen Belastung* ($H_{9.1}$)

formuliert.

9.2 Hypothesen zu Fragestellung 2: Alter zum Zeitpunkt der Operation

$H_{0.10.1}$: *Patienten, welchen bis zum 10. Lebensjahr ein cerebelläres pilozytisches Astrozytom entfernt wurde, unterscheiden sich hinsichtlich der nonverbalen Intelligenz nicht signifikant von der Gruppe der Patienten, welche ab dem 11. Lebensjahr operiert wurden.*

$H_{1.10.1}$: *Patienten, welchen bis zum 10. Lebensjahr ein cerebelläres pilozytisches Astrozytom entfernt wurde, unterscheiden sich hinsichtlich der nonverbalen Intelligenz signifikant von der Gruppe der Patienten, welche ab dem 11. Lebensjahr operiert wurden.*

In Analogie zum Musterhypothesenpaar werden weitere Hypothesenpaare

- der *semantischen, formal-lexikalischen Wortflüssigkeit* und *figuralen Flüssigkeit* ($H_{11.1}$-$H_{11.3;}$ Exekutivfunktionen);
- der *kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit, geteilten Aufmerksamkeit* und *selektiven Aufmerksamkeit* ($H_{12.1}$-$H_{12.3;}$ attentionale Funktionen);
- des *verbalen KZG, bildhaften KZG, des Arbeitsgedächtnisses,* der *Lern-, Gedächtnis-* und *Wiedererkennensleistung* ($H_{13.1}$-$H_{13.6;}$ mnestische Funktionen);
- der *visuell-räumlichen Funktion* ($H_{14.1}$);
- des *Aphasie-Gesamtwertes,* des *auditiven Verständnisses für abstraktes Material,* der *semantischen* bzw. *lexikalischen Wortgenerierung,* des *Benennens,* des *Lesens,* des *Lesesinnverständnisses,* des *auditiven Sprachverständnisses,* des *Schreibens nach Diktat* und des *Nachsprechens* ($H_{15.1}$-$H_{15.10}$; verbale Funktionen);
- des *Vert-K-Gesamtwertes* bzw. des *Erkennens freudiger, ängstlicher, wütender, trauriger, sich ekelnder* und *neutraler Gesichtsausdrücke* ($H_{16.1}$-$H_{16.7}$; Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke);
- des *Empfindens von Emotionen* bei *positiv/stark-aktivierenden, negativ/stark-aktivierenden* und *neutralen Bildern* ($H_{17.1}$-$H_{17.3;}$ Emotionsempfinden);
- und der *aktuellen psychischen Belastung* ($H_{18.1}$)

formuliert.

9.3 Hypothesen zu Fragestellung 3: Präoperativer Hydrocephalus

$H_{0.19.1}$: *Patienten, welche einen präoperativen Hydrocephalus entwickelten, unterscheiden sich hinsichtlich der visuell-räumlichen Funktion nicht signifikant von der Gruppe der Patienten, welche keinen präoperativen Hydrocephalus entwickelten.*

$H_{1.19.1}$: *Patienten, welche einen präoperativen Hydrocephalus entwickelten, unterscheiden sich hinsichtlich der visuell-räumlichen Funktionen signifikant von der Gruppe der Patienten, welche keinen präoperativen Hydrocephalus entwickelten.*

9.4 Hypothesen zu Fragestellung 4: Lokalisation der Läsion

$H_{0.20.1}$: *Patienten, welchen bei der Operation auch Teile des Vermis entfernt wurden, unterscheiden sich hinsichtlich der Fähigkeit, emotionale Gesichtsausdrücke zu erkennen, nicht signifikant von der Gruppe der Patienten, welchen nur Teile der cerebellären Hemisphären exstirpiert wurden?*

$H_{1.20.1}$: *Patienten, welchen bei der Operation auch Teile des Vermis entfernt wurden, unterscheiden sich hinsichtlich der Fähigkeit, emotionale Gesichtsausdrücke zu erkennen, signifikant von der Gruppe der Patienten, welchen nur Teile der cerebellären Hemisphären exstirpiert wurden?*

In Analogie zum Musterhypothesenpaar werden weitere Hypothesenpaare

- des *Erkennens freudiger, ängstlicher, wütender, trauriger, sich ekelnder* und *neutraler Gesichtsausdrücke* ($H_{20.1}$-$H_{20.7}$; Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke);
- des *Empfindens von Emotionen* bei *positiv/stark-aktivierenden, negativ/stark-aktivierenden* und *neutralen Bildern* ($H_{21.1}$-$H_{21.3;}$ Emotionsempfinden);
- und der *aktuellen psychischen Belastung* ($H_{22.1}$)

formuliert.

9.5 Hypothese zu Fragestellung 5: CCAS (cerebellar cognitive affective syndrome)

$H_{0.23.1}$: *Die Verteilungsfunktion des CCAS bei Patienten, die an einem cerebellären pilozytischen Astrozytom operiert wurden, entspricht der durch die Hypothese festgelegten Verteilungsfunktion von p = 0.6.*

$H_{1.23.1}$: *Die Verteilungsfunktion des CCAS bei Patienten, die an einem cerebellären pilozytischen Astrozytom operiert wurden, entspricht nicht der durch die Hypothese festgelegten Verteilungsfunktion von p = 0.6.*

9.6 Hypothesen zu Fragestellung 6: Subjektive vs. objektive Beeinträchtigung

$H_{0.24.1}$: *Die objektiv erfasste Störung der Exekutivfunktionen und die subjektive Einschätzung einer Beeinträchtigung der Exekutivfunktionen durch die Patienten sind voneinander unabhängig.*

$H_{1.24.1}$: *Die objektiv erfasste Störung der Exekutivfunktionen und die subjektive Einschätzung einer Beeinträchtigung der Exekutivfunktionen durch die Patienten sind voneinander abhängig.*

In Analogie zum Musterhypothesenpaar werden weitere Hypothesenpaare für eine Störung

- der *attentionalen Funktionen* ($H_{24.2}$),
- der *mnestischen Funktionen* ($H_{24.3}$),
- der *verbalen Funktionen* ($H_{24.4}$),
- der *visuell-räumlichen Funktion* ($H_{24.5}$),
- des *Erkennens emotionaler Gesichtsausdrücke* ($H_{24.6}$),
- und des *Empfindens von Emotionen* ($H_{24.7}$)

formuliert.

10 Methodik

Im folgenden Abschnitt soll detailliert auf die Untersuchungsdurchführung und das Untersuchungsdesign mit den zugehörigen Untersuchungsvariablen eingegangen werden. Des Weiteren werden die zur Erfassung der neuropsychologischen Funktionen und psychischen Belastungen angewandten diagnostischen Verfahren dargestellt und die statistischen Verfahren, welche zur Hypothesenprüfung herangezogen werden, beschrieben.

10.1 Untersuchungsdurchführung

Diese Untersuchung wurde im Rahmen einer Nachuntersuchung an der Universitätsklinik für Neurochirurgie des Allgemeinen Krankenhauses (AKH) der Stadt Wien durchgeführt.
In die Studie miteinbezogen wurden Patienten, welche an der Universitätsklinik für Neurochirurgie an einem cerebellären pilozytischen Astrozytom operiert wurden (andere Tumorarten wurden ausgeschlossen), das 18. Lebensjahr bereits erreicht hatten und keine Chemo- bzw. Strahlentherapie zur Behandlung des Tumors erhalten hatten. Aufgrund der Annahme, dass nach Operationen an Tumoren der hinteren Schädelgrube auch psychische Störungen auftreten (Steinlin et al., 2003), wurden psychische Störungen nicht als Ausschlusskriterium betrachtet.
Die Akquirierung der Stichprobe erfolgte aus einem Pool von 46 Patienten, welche seit 1973 am AKH an einem cerebellären pilozytischen Astrozytom operiert wurden. Aufgrund der Ausschlusskriterien und der Auffindbarkeit nahmen an der psychologischen Untersuchung letztendlich 19 Patienten teil. Es konnten jedoch nur 17 Patienten in die Auswertung miteinbezogen werden, da eine Patientin eine massive Sehschwäche aufwies und eine andere Patientin an epileptischen Anfällen litt.
Vor der psychologischen Untersuchung fanden ein ärztliches Informationsgespräch und eine neurologische Untersuchung statt. Die diagnostischen Verfahren wurden in zwei Blöcken mit 20-minütiger Pause vorgegeben. Die gesamte Testdauer (inklusive Pause) betrug ca. 3 bis 3.5 Stunden.

10.2 Darstellung der Verfahren zur Erhebung der neuropsychologischen Funktionen

Die Auswahl der diagnostischen Verfahren erfolgte einerseits in Anlehnung an die Verfahren der bisherigen Studien, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Andererseits wurden die Verfahren aufgrund der Verfügbarkeit und anhand von Testgütekriterien ausgewählt. Bei allen Verfahren kann aufgrund einer standardisierten Anleitung des Testleiters von einer Testleiterunabhängigkeit, aufgrund einer genauen standardisierten Auswertung von einer Auswertungsobjektivität und aufgrund der im Manual beschriebenen Skalen von einer Interpretationsobjektivität ausgegangen werden. Weitere Angaben zu den Gütekriterien sind jeweils bei den Verfahren angeführt. Wenn möglich, wurde aus ökonomischen Gründen die Kurzform der Verfahren gewählt.

10.2.1 Anamnese

Mittels halbstandardisiertem Fragebogen (siehe Anhang A) wurden die wichtigsten Angaben zur Person sowie zu relevanten medizinischen Daten erfasst.

10.2.2 Subjektive neuropsychologische Beeinträchtigung

Die subjektive neuropsychologische Beeinträchtigung wurde mittels Fragebogen erfasst. Die Patienten sollten ihre subjektiv empfundene Beeinträchtigung in den, mittels diagnostischen Verfahren zu erfassenden, kognitiven und emotionalen Funktionen auf einer Ratingskala von 0 (keine),1 (leicht), 2 (deutlich) einschätzen (siehe Anhang B).

10.2.3 Verfahren zur Abklärung feinmotorischer Störungen

Motorische Leistungsserie (MLS; Schoppe & Hamster, 2002)

Zur Abklärung des Einflusses *motorischer Störungen* auf Verfahren, welche feinmotorischer Fähigkeiten bedürfen, wird die Version S1 (Standardform nach Schoppe & Hamster) der MLS vorgegeben. Hierbei sind statische und dynamische Aufgaben für Finger-, Hand- und Armbewegung zu bewältigen, welche in 5 Faktoren ausgewertet werden (Zielen, Arm-Hand-Beständigkeit, Präzision von Arm-Hand-Bewegungen, Handgeschicklichkeit und Fingerfertigkeit, Geschwindigkeit von Arm-Hand-Bewegungen, Handgelenk-Finger-Geschwindigkeit). Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere T-Werte für eine bessere Leistung.

Normierung: Die Version S1 wurde anhand von 300 Schülern im Alter von 13 bis 19 Jahren, 100 Studenten im Alter von 18-26 Jahren und an 420 Erwachsenen normiert.
Validität: Kriteriums- und Konstruktvalidität sind gegeben.
Reliabilität: Die Retestreliabilität für die Subtests Tapping, Aiming und Liniennachfahren liegt zwischen r = 0.52 und r = 0.92.

10.2.4 Verfahren zur Erfassung kognitiver Funktionen

Intellektuelle Fähigkeiten

Wortschatztest (WST; Schmidt & Metzler, 1992):
Der WST dient einerseits der Erfassung des *verbalen Intelligenzniveaus,* andererseits gilt dieses Verfahren auch als Maß für die Beurteilung der prämorbiden Intelligenz und des Sprachverständnisses. Aufgabe ist es, ein real existierendes Zielwort von 5 Distraktoren zu unterscheiden. Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere T-Werte für eine bessere Leistung.
Normierung: Normiert wurde dieses Verfahren an 573 (300 weiblich/273 männlich) Probanden im Alter zwischen 16 und 90 Jahren. Altersspezifische und geschlechtsspezifische Normen liegen nicht vor.
Validität: Die Kriteriumsvalidität gilt aufgrund des positiven Zusammenhangs der Testleistungen mit höheren Schul- bzw. Berufsabschlüssen (r = 0.60) als bestätigt. Des Weiteren erfolgte eine Validierung mittels gemeinsamer Faktorenanalyse mit anderen Testskalen.
Reliabilität: Das Cronbach Alpha liegt bei r = 0.94, der Spearman-Brown-Koeffizienten bei r = 0.95.

Standard Progressive Matrizen-Tests (SPM; Schuhfried, 1995):
Der SPM ist ein sprachfreies Intelligenzverfahren, welches vor allem die *allgemeine Intelligenz* auf der Grundlage des schlussfolgernden Denkens misst. Die Aufgaben bestehen aus geometrischen Figuren oder Mustern, die aus jeweils 6 dargebotenen Antwortalternativen nach bestimmten Regeln ergänzt werden sollen. Die ursprüngliche Papierbleistiftform von Raven, Court und Raven (1990) wurde im Wiener Testsystem (Schuhfried, 1995) in eine Computerversion umgewandelt. In dieser Untersuchung wurde die Kurzform (S4) mit 32 raschhomogenen Items des Wiener Testsystems auf dem

Computer vorgegeben. Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere T-Werte für eine bessere Leistung.

Normierung: Normiert wurde die Testform S4 mittels Computer-Normen an einer Stichprobe von 432 (331 männlich/101 weiblich) Stellenbewerbern und Arbeitssuchenden mit unterschiedlichem Bildungsniveau im Altersbereich zwischen 18 und 60 Jahren.

Validität: Kriteriumsvalidität kann aufgrund hoher Interkorrelationen mit mathematischen, technischen, wissenschaftlichen und schulischen Leistungen angenommen werden. Bei Berechnung einer Faktorenanalyse weist der SPM hohe Ladungen (bis 0.95) im g-Faktor auf.

Reliabilität: Es liegt Rasch-Homogenität für die Items der Kurzform S4 vor.

Exekutivfunktionen

Regensburger Wortflüssigkeitstest (RWT; Aschenbrenner, Tucha und Lange, 2002)

Zur Erfassung der *semantischen Wortflüssigkeit* wird aus dem RWT der Untertest „Tiernamen“ vorgegeben. Dabei sollen innerhalb von einer oder zwei Minuten so viele Tiernamen wie möglich verbal generiert werden. Für die Erfassung der *formallexikalischen Wortflüssigkeit* wird ebenfalls aus dem RWT der Untertest „S“ vorgegeben. Dabei sollen innerhalb von einer oder zwei Minuten unter Beachten bestimmter Regeln so viele Wörter wie möglich mit dem Anfangsbuchstaben „S“ genannt werden. Für diese Untersuchung wurde, aufgrund einer besseren Aussagekraft des Ergebnisses, jeweils eine Vorgabedauer von zwei Minuten gewählt. Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere T-Werte für eine bessere Leistung.

Normierung: Die Normierung erfolgte alters- und geschlechtsspezifisch für jeden Untertest einzeln an 634 gesunden Erwachsenen zwischen 18 und 83 Jahren. Zusätzlich werden die Normwerte sowohl für eine Minute als auch für zwei Minuten Bearbeitungszeit angegeben.

Validität: Validiert wurde das Verfahren an verschiedenen neurologischen und psychiatrischen Patientenstichproben.

Reliabilität: Die Interraterreliabilität für alle Untertests liegt bei $r = 0.99$, die Retestreliabilität für die verschiedenen Untertests zwischen $r = 0.72$ und $r = 0.89$.

Hamasch 5Punkte - Test - Revidierte Fassung (H5PT-R; Haid, Martl & Schubert, 2004)

Der H5PT-R dient der Erfassung der *figuralen Flüssigkeit*. Je fünf Punkte sollen innerhalb von drei Minuten zu möglichst vielen Mustern mit geraden Linien verbunden werden. Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere T-Werte für eine bessere Leistung.

Normierung: Die Normierung basiert auf einer Stichprobe von 290 gesunden Erwachsenen im Alter von 26 - 77 Jahren.

Bezüglich der *Validität* und *Reliabilität* existieren keine Angaben.

Aufmerksamkeit

Trailmakingtest (TMT; Reitan, 1992)

Zur Erfassung der *kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit* wird die Form A des TMT vorgegeben. Hierbei sind Zahlen von 1-25 in aufsteigender Reihenfolge möglichst rasch korrekt zu verbinden. Die *geteilte Aufmerksamkeit* wird mittels Form B des TMT erfasst. Hierbei sollen Zahlen und Buchstaben in aufsteigender Reihenfolge alternierend miteinander verbunden werden. Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere T-Werte für eine bessere Leistung.

Normierung: Für die Normierung wurden die Daten von 84 gesunden Probanden (Reitan, 1958) herangezogen, um aus den Häufigkeiten Prozentränge zu erstellen (Kronsteiner, 2008).

Validität: Es liegen Untersuchungen zur differentiellen Validität zwischen hirnorganischen und gesunden Erwachsenen (Reitan, 1958) und Kindern (Reitan, 1971) vor.

Reliabilität: Die Reliabilität liegt bei r = 0.98.

d2-Aufmerksamkeits-Belastungstest (d2; Brickenkamp, 2002)

Der d2 dient der Erfassung der *selektiven Aufmerksamkeit*. Aufgabe ist es, aus einer Reihe von d's jene auszuwählen, welche mit zwei Strichen versehen sind. Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere T-Werte für eine bessere Leistung.

Normierung: Normiert wurde dieses Verfahren an 3.236 Personen im Alter von 9 bis 60 Jahren.

Validität: Die Validität wird durch Studien zur Konstruktvalidität, faktoriellen Validität und zur empirischen Validität bestätigt.

Reliabilität: Das Cronbach Alpha liegt bei r = 0.97 und die Split-Half-Reliabilität für die Konzentrationsleistung bei r = 0.96.

Gedächtnis

Wechsler Gedächtnis Test- Revidierte Fassung (WMS-R; Härting, Markowitsch, Neufeld, Calabrese & Deisinger, 2000)

Um das *verbale Kurzzeitgedächtnis* zu erheben, wird die Zahlenspanne-vorwärts der WMS-R vorgegeben, wobei hier genannte Zahlen in richtiger Reihenfolge wiedergegeben werden müssen. Um das *Arbeitsgedächtnis* zu erfassen, wird die Zahlenspanne-rückwärts der WMS-R vorgegeben. Hierbei sollen die genannten Zahlen in umgekehrter Reihenfolge wiedergegeben werden. Zur Erhebung des *bildhaften Kurzzeitgedächtnisses* wird die visuelle Merkspanne-vorwärts der WMS-R vorgegeben. Hierbei ist es Aufgabe des Probanden, ein Tippmuster auf räumlich angeordneten Blöcken zu wiederholen. Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere T-Werte für eine bessere Leistung.

Normierung: Normiert wurde die WMS-R anhand von 210 Personen im Alter von 15 bis 74 Jahren.

Validität: Validiert wurde die WMS-R an unterschiedlichen neurologischen, neurochirurgischen und psychiatrischen Patientengruppen.

Reliabilität: Für den Untertest *Zahlenspanne* liegt die Retestreliabilität bei r = 0.83, für den Untertest *visuelle Merkspanne* bei r = 0.60.

Verbale Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT; Helmstaedter, Lendt & Lux; 2001)

Der VLMT ist ein Test zum seriellen Listenlernen mit nachfolgender Distraktion, Abruf nach Distraktion und halbstündiger Verzögerung sowie einem Wiedererkennungsdurchgang. Mittels VLMT wird die *Lernleistung* nach 5maliger Vorgabe von Wörtern, die *Gedächtnisleistung* nach einer halbe Stunde und die *Wiedererkennensleistung* erfasst. Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere T-Werte für eine bessere Leistung.

Normierung: Normiert wurde der Test an über 500 gesunden Probanden im Alter von 6 bis 79 Jahren.

Validität: Konstruktvalidität wurde mittels Faktorenanalyse bestätigt. Korrelationen mit Maßen zur verbalen Gedächtnisspanne und zum bildhaft orientierten Lernen und Gedächtnis sind eher gering bis mittelmäßig.

Reliabilität: Die Retestreliabilität liegt zwischen r = 0.68 und r = 0.87.

Räumlich-visuelle Funktionen

Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene- Revision 1991 (HAWIE- R; Tewes, 1994)

Um *visuell-räumliche Funktionen* zu erfassen, wird der Mosaik-Test des HAWIE-R vorgegeben. Dieser Untertest erfasst die Fähigkeit, Formen wahrzunehmen, zu analysieren und das Ganze in seine Komponenten zu zerlegen. Aufgabe ist es, ein Muster mit 4-9 mehrfarbigen Würfeln nachzubauen. Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere T-Werte für eine bessere Leistung.

Normierung: Die Normierung erfolgte anhand von 16 - bis 74jährigen Probanden. Zusätzlich liegen alters- und bildungsspezifische Normen vor.

Validität: Es liegen Untersuchungen zur Überprüfung der faktoriellen, kriteriumsbezogenen und diskriminanten Validität vor.

Reliabilität: Die Reliabilität für den Mosaiktest liegt bei r = 0.82.

Sprachliche Funktionen

Aphasie Check List (ACL; Kalbe, Reinhold, Ender & Kessler, 2002)

Mittels ACL ist es möglich, Aphasien festzustellen und ein individuelles aphasisches Leistungsprofil zu erstellen. Für diese Untersuchung wird die Kurzform vorgegeben, welche folgende Subtests beinhaltet:

- *Farb-Figur-Test:* misst das auditive Verständnis für abstraktes, verbales Material
- *Wortgenerierungsaufgabe „B“:* erfasst die formallexikalische Wortflüssigkeit
- *Wortgenerierungsaufgabe „Supermarkt“:* erfasst die semantische Wortflüssigkeit
- *Benennen:* Bilder werden benannt
- *Lautes Lesen:* Wörter und Sätze
- *Lesesinnverständnis*: Wörter und Sätze
- *Auditives Sprachverständnis:* gesprochene Wörter und Sätze sollen auf Bildern gezeigt werden
- *Schreiben nach Diktat:* Wörter und Sätze
- *Nachsprechen*: Wörter und Sätze

Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere Rohwerte für eine bessere Leistung.

Normierung: Normiert wurde die ACL für alle Altersgruppen anhand einer Kontrollgruppe von 106 Gesunden und an einer Gruppe von 154 Aphasikern.
Validität: Gute Inhaltsvalidität und Konstruktvalidität liegt vor.
Reliabilität: Die innere Konsistenz liegt mit einem Cronbach Alpha für die einzelnen Subtests zwischen r = 0.71 und r = 0.95. Die Retest-Reliabilität für die einzelnen Subtests liegt zwischen r = 0.55 und r = 0.91.

10.2.5 Verfahren zur Erfassung emotionaler Funktionen

Emotionserkennen

Vienna Emotion Recognition Tasks (VERT-K; Pawelak, 2004)
Der VERT-K misst die *Fähigkeit emotionale Gesichtsausdrücke zu erkennen*. Hierbei werden 36 Bilder mit emotionalen Gesichtsausdrücken (Freude, Wut, Angst, Ekel, Trauer oder neutral) vorgegeben und die passende Emotion soll aus den o. g. ausgewählt werden. Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere T-Werte für eine bessere Leistung.
Normierung: Die Normierung erfolgte anhand von 299 Personen im Alter von 18-82 Jahren, wobei altersspezifische und geschlechtsspezifische Normen existieren (Kronsteiner, 2008; Schützl, 2008).
Validität: Die inhaltliche Validität wird von der Autorin als gegeben angenommen, auch Augenscheinvalidität liegt vor.
Reliabilität: Das Cronbach Alpha liegt bei r = 0.37.

Emotionsempfinden

International Affective Picture System (IAPS; Lang, Bradley & Cuthbert, 2005)
Zur Erfassung des Emotionsempfindens wurde aus dem IAPS ein Verfahren erstellt, welches auf Powerpoint (siehe Anhang C) vorgegeben wurde. Das IAPS besteht aus einem Pool von 956 emotionsauslösenden Bildern, welche nach deren Valenzen (positiv/negativ) und nach deren Aktivierung/Empfinden (stark aktivierend/schwach aktivierend) anhand von Mittelwerten [Rating von 1 (= negativ bzw. schwach-aktivierend) bis 9 (= positiv bzw. stark aktivierend)] normiert sind. Aus diesem Pool wurden jeweils 8 positiv/stark-aktivierende (Cutoff: >6/>6), 8 negativ/stark-aktivierende

(Cutoff: <3/>6) und 8 neutrale Bilder (Cutoff: um 4.5/<4.5) ausgewählt. Die Entscheidung für diese Cutoff-Werte resultierte aus der Verfügbarkeit der Bilder, da für höhere oder geringere Cutoffs kaum Bilder zur Verfügung standen. Des Weiteren wurde bei den Cutoffs auch darauf geachtet, dass keine Geschlechtsunterschiede in der Bewertung der Bilder vorliegen. Bilder, die eine zu hohe Augenscheinvalidität aufweisen, wie sehr stark negativ aktivierende Bilder (Toter mit Kopfschuss), wurden ausgeschlossen. Zusätzlich wurde im Rahmen der Anleitung jeweils ein Beispielbild der jeweiligen Kategorie (positiv, negativ, neutral) gezeigt, um Deckeneffekte zu vermeiden. Die Anleitung wurde von den Autoren übernommen und ins Deutsche übersetzt. Eingeschätzt werden die Bilder auf der, von den Autoren entwickelten, Ratingskala von 1-9 jeweils nach Valenz und Aktivierung. Was die Auswertung anbelangt, wird nur die Aktivierung herangezogen, wobei höhere Rohwerte für eine höhere Aktivierung stehen.

Normierung: Jedes Bild wurde von ca. 100 Personen eingeschätzt. Es existieren geschlechtsspezifische Normen. Für einige Bilder liegen auch Normen für Kinder vor.

Validität: Augenscheinvalidität muss angenommen werden.

Reliabilität: Die Split-Half-Reliabilität für Valenz und emotionale Erregung liegt zwischen r = 0.93 bis r = 0.94

Für eine Übersicht über die ausgewählten Bilder mit ihren Mittelwerten und Standardabweichungen siehe Anhang C.

10.2.6 Verfahren zur Erfassung der aktuellen psychischen Belastung

Symptom Checklist-90 von Derogatis (SCL; Franke, 2002)

Die SCL misst die subjektiv empfundene *Beeinträchtigung durch körperliche und psychische Symptome* innerhalb eines Zeitraums von sieben Tagen. Die Skalen erfassen Symptome der Somatisierung, Zwanghaftigkeit, Unsicherheit im Sozialkontakt, Depressivität, Ängstlichkeit, Aggressivität/Feindseligkeit, Phobische Angst, paranoides Denken und Psychotizismus. In der vorliegenden Studie werden die Skalen Depressivität und Aggressivität bzw. der Globalwert als Maß für die aktuelle psychische Belastung herangezogen. Was die Auswertung anbelangt, stehen höhere T-Werte für eine stärkere Ausprägung der psychischen Belastung bzw. der Symptombereiche.

Normierung: Die Normierung erfolgte anhand von 857 Jugendlichen (ab 12 Jahren), 2141 Erwachsenen von 18 bis >70 Jahren und anhand von 800 Studierenden. Es liegen alters-, geschlechts- und bildungsspezifische Normen vor.
Validität: Für die Items liegt Augenscheinvalidität vor. Die Skalen werden durch konfirmatorische Prüfungen gestützt.
Reliabilität: Das Cronbach Alpha der einzelnen Skalen liegt zwischen r = 0.74 bis r = 0.97. Die Retest-Reliabilität liegt bei r = 0.69 bis r = 0.92.

10.3 Versuchsplan

Das Untersuchungsdesign der vorliegenden Studie entspricht einem quasiexperimentellem Design, da keine randomisierte Zuteilung der Patienten zu den Gruppen erfolgen konnte. Aufgrund der fehlenden Randomisierung sind auch für die korrelativen Ergebnisse dieser Studie keine Kausalschlüsse zulässig. Weiters handelt es sich, da die kognitiven und emotionalen Leistungen bzw. psychischen Störungen der Patienten nur postoperativ erfasst wurden, um eine Querschnittuntersuchung (Bortz, 2006).

10.3.1 Validität der vorliegenden Studie

In der vorliegenden Studie wurde der aus der fehlenden Randomisierung resultierende Mangel an interner Validität (Eindeutigkeit der Interpretierbarkeit; Bortz, 2006) versucht, sowohl durch Konstanthaltung untersuchungsbedingter Störvariablen, wie Ort und standardisierter Durchführung der Untersuchung, als auch durch die Kontrolle personenbezogener Störvariablen, wie Alter, Bildung, Geschlecht, Alter zum Zeitpunkt der Operation, Zeitintervall seit der Operation und feinmotorischer Störungen, zu erhöhen. Da für die folgende Untersuchung eine anfallende Stichprobe vorliegt, welche durch eine geringere externe Validität (Bortz, 2006) gekennzeichnet ist, ist eine Generalisierbarkeit auf andere Institutionen nicht gegeben. Die Repräsentativität der Stichprobe kann jedoch für die Universitätsklinik für Neurochirurgie des AKH Wien als gegeben erachtet werden.

10.3.2 Beschreibung der Untersuchungsvariablen

10.3.2.1 Fragestellung 1: Vergleich zur Normpopulation

Für die Beantwortung der Fragestellung 1 wurde die gesamte Patientenstichprobe als zu untersuchende Gruppe definiert.

Um eine Vergleichbarkeit über die Altersgruppen zu gewährleisten, wurden die T-Werte der Ergebnisse in allen kognitiven und emotionalen Funktionen bzw. psychischen Belastungen für die Auswertung dieser Fragestellungen als abhängige Variablen (AV) herangezogen. Waren keine T-Werte vorhanden, wurden andere Eichmaßstäbe in T-Werte transformiert, um die Ergebnisse besser vergleichen zu können.

Ausnahmen: Aufgrund der fehlenden Normen der ACL ergibt sich für die Auswertung ein Sonderfall. Für die ACL werden von den Autoren (Kalbe et al., 2002) Alterseffekte ausgeschlossen bzw. bei zwei Subtests berücksichtigt. Da daher von einer Vergleichbarkeit der Rohwerte über die Altersgruppen hinweg ausgegangen werden kann, werden bei diesem Verfahren auch Rohwerte für die Auswertung der Fragestellung 1 herangezogen. Für die Auswertung des IAPS ergibt sich aufgrund fehlender Normen ebenfalls ein Sonderfall, da hier jeweils pro Bildergruppe der Mittelwert der Aktivierungseinschätzung der Patienten zur Auswertung herangezogen wird.

Zusätzlich wurde im Rahmen der Fragestellung 1 zur Überprüfung des Zusammenhanges feinmotorischer Störungen mit Ergebnissen von Verfahren, welche feinmotorische Fertigkeiten erfordern, die T-Werte der Faktoren „Geschwindigkeit (Arm/Hand)“ bzw. „Geschwindigkeit (Handgelenk/Finger)“ der Motorischen Leistungsserie im Rahmen einer Produkt-Moment-Korrelation berücksichtigt.

10.3.2.2 Fragestellung 2: Alter zum Zeitpunkt der Operation

Um die Fragestellung 2 zu beantworten, wurde das Alter zum Zeitpunkt der Operation mit den Ausprägungen

- Operation bis zum 10. Lebensjahr („bis 10. Lj.“ = 0)
- Operation ab dem 11. Lebensjahr („ab 11. Lj.“ = 1)

als unabhängige Variable (UV) definiert. Als abhängige Variablen wurden wiederum die T-Werte der Ergebnisse in allen kognitiven und emotionalen Funktionen und psychischen Störungen bzw. die Rohwerte im Falle der ACL und des IAPS (siehe Fragestellung 1) herangezogen.

10.3.2.3 Fragestellung 3: Hydrocephalus

Zur Beantwortung der Fragestellung 3 wurde die Diagnose eines präoperativen Hydrocephalus mit den Ausprägungen

- Hydrocephalus nicht diagnostiziert („nicht Hydrocephalus“ = 0)
- Hydrocephalus diagnostiziert („Hydrocephalus“ = 1)

als unabhängige Variable definiert. Als abhängige Variable wurde der T-Wert der interessierenden visuell-räumlichen Funktion in die Analyse miteinbezogen.

10.3.2.4 Fragestellung 4: Lokalisation der Läsion

Um die Fragestellung 4 zu untersuchen wurde die Lokalisation der Läsion mit den Ausprägungen

- Vermis nicht beschädigt („nicht Vermis“ = 0)
- Vermis beschädigt („Vermis“ = 1)

als unabhängige Variable definiert. Auch hier wurden wiederum die T-Werte der Ergebnisse in den interessierenden emotionalen Funktionen und psychischen Störungen bzw. die Rohwerte im Falle des IAPS (siehe Fragestellung 1) herangezogen.

10.3.2.5 Fragestellung 5: CCAS

Für die Beantwortung der Fragestellung 5 wurde die gesamte Patientenstichprobe als zu untersuchende Gruppe definiert und hinsichtlich der Verteilungsfunktion eines cerebellären kognitiv- affektiven Syndroms (CCAS) untersucht. Definiert wurde diese Variable durch das Vorliegen des Syndroms mit den Ausprägungen

- Syndrom nicht vorhanden: Eine Störung[6] konnte nicht in allen vier Funktionsbereichen diagnostiziert werden („nicht CCAS“ = 0)
- Syndrom vorhanden: In allen vier Funktionsbereichen wird eine Störung diagnostiziert (Sprache, Affektregulation, visuell-räumliche Funktion und Exekutivfunktionen: „CCAS“ =1)

[6]*Definition einer Störung:* Ob eine Störung vorhanden ist oder nicht, wird durch die Transformation der Rohwerte mittels Normen in verschiedene Eichmaßstäbe bestimmt. Falls nicht von den Autoren der Verfahren anders vorgeschlagen, entspricht das Kriterium für die Definition des Durchschnittsbereichs einem Intervall von ± einer Standardabweichung um den Mittelwert, wodurch die Testwerte der mittleren 68% der Population als durchschnittlich gelten. Werte, welche weniger als 16% der Referenzpopulation erreichen (Prozentrang <16; T-Wert <40), gelten demnach als unterdurchschnittlich und Werte, die einen Prozentrang von > 84 bzw. einem T-Wert >60 aufweisen, als überdurchschnittlich (Kubinger, 2006).

Um eine Störung in einem der vier neuropsychologischen Funktionsbereiche zu definieren, bedarf es einer Störung von mindestens einem der erhobenen Teilaspekte dieser Funktionen. Konkreter bedeutet dies für Exekutivfunktionen, dass zumindest eine der überprüften Funktionen [formal-lexikalische Wortflüssigkeit (RWT), semantische Wortflüssigkeit (RWT), figurale Wortflüssigkeit (H5PT-R)] einen T-Wert von 40 unterschreiten muss. Um visuell-räumliche Funktionen zu erheben, wurde nur eine Funktion mittels Mosaiktest des HAWIE-R erfasst, welche eine Störung ebenfalls nach dem Kriterium eines T-Wertes <40 definiert. Im Falle der ACL wurden andere Normbereiche als üblich vorgeschlagen und für die Auswertung übernommen. Für die Definition einer Aphasie wird der von den Autoren der ACL vorgeschlagene Cutoff von <135 Punkten als Kriterium einer Störung herangezogen. Eine Störung des Affektes wurde anhand mindestens einer überdurchschnittlichen Ausprägung (T>60) auf den Skalen „Depressivität“ oder „Aggressivität“ der SCL definiert.

10.3.2.6 Fragestellung 6: subjektive vs. objektive Beeinträchtigung

Zur Beantwortung der Fragestellung 6 wurden die subjektiven Beeinträchtigungen der Patienten in den verschiedenen neuropsychologischen Funktionen (Exekutivfunktionen, Aufmerksamkeit, Gedächtnis, visuell-räumliche Funktion, Sprache, Emotionserkennen und -empfinden) mit den objektiven Ergebnissen der Studie im Rahmen einer Kontingenzanalyse berücksichtigt.

Im Falle der subjektiven Beeinträchtigung wurden sowohl leichte als auch schwere Beeinträchtigungen als Störung kodiert. Für die Definition einer objektiven „Gesamtstörung“ wurden die spezifisch erfassten Störungen zu ihren übergeordneten neuropsychologischen Funktionsbereichen (Exekutivfunktionen, Aufmerksamkeit, Gedächtnis, visuell-räumliche Funktion, Sprache, Emotionserkennen und Emotionsempfinden) zusammengefasst, wobei zumindest eine Störung in einer spezifischen Teilfunktion als Kriterium vorausgesetzt wird. Liegen bereits Gesamtscores wie im Falle der ACL oder des Vert-K vor, werden diese zur Berechnung herangezogen.

Im Falle des IAPS wurden aufgrund fehlender Normen und Cutoffs subjektiv plausible Cutoffs in Anlehnung an die Auswahlkriterien der Bilder gewählt. Somit gilt eine Aktivierung <4.5 für positiv/ bzw. negativ/stark-aktivierende Bilder und eine Aktivierung >6 für neutrale Bilder als spezifische Störung. Mindestens eine spezifische Störung wird wiederum als „Gesamtstörung“ kodiert.

Für eine detaillierte Aufschlüsselung der abhängigen Variablen pro Fragestellung je Fähigkeitsbereich siehe Tab. 3.

Tabelle 3: Aufschlüsselung der abhängigen Variablen je Fähigkeitsbereich für Fragestellungen 1-4, 5 und 6

Allgemeines Intelligenzniveau

Test	Abhängige Variable (1, 2)	Berechnung Frgst. 5	Berechnung Gesamtwert (6)
SPM	T-Wert	-	-

Exekutivfunktionen

Test	Abhängige Variable (1, 2)	Berechnung Frgst. 5: mindestens eine Funktion <40	Berechnung Gesamtwert (6): mindestens eine Funktion <40
RWT-Tiere	T-Wert	T <40= Störung	T <40= Störung
RWT-S	T-Wert	T <40= Störung	T <40= Störung
5 PunkteTest	T-Wert	T <40 = Störung	T <40= Störung

Aufmerksamkeit und Konzentration

Test	Abhängige Variable (1, 2)	Berechnung Frgst. 5	Berechnung Gesamtwert (6): mindestens eine Funktion <40
TMT-A	T-Wert	-	T <40= Störung
TMT-B	T-Wert	-	T <40= Störung
d2	T-Wert: (KL)	-	T <40= Störung

Gedächtnis

Test	Abhängige Variable (1, 2)	Berechnung Frgst. 5	Berechnung Gesamtwert (6): mindestens eine Funktion <40
WMS-Zahlenspanne (vorwärts)	T-Wert	-	T <40= Störung
WMS-Zahlenspanne (rückwärts)	T-Wert	-	T <40= Störung
WMS-Blockspanne (vorwärts)	T-Wert	-	T <40= Störung
VLMT- Lernleistung	T-Wert	-	T <40= Störung
VLMT- Gedächtnisleistung	T-Wert	-	T <40= Störung
VLMT- Wiedererkennen	T-Wert	-	T <40= Störung

Räumlich-visuelle Fähigkeit

Test	Abhängige Variable (1, 2, 3)	Berechnung Frgst. 5	Berechnung Gesamtwert (6)
Mosaiktest (HAWIE-R)	T-Wert	T <40 = Störung	T <40= Störung

Sprachliche Funktionen

Test	Abhängige Variable (1, 2)	Berechnung Frgst. 5	Berechnung Gesamtwert (6)
ACL-Gesamtwert	RW	RW<135= Störung	RW<135= Störung
ACL- Farb-Figur-Test	RW	-	-
ACL- Wortgen.aufgabe „B“	RW	-	-

ACL-Wortgen.aufgabe „Supermarkt“	RW	-	-
ACL- Benennen	RW	-	-
ACL- Lautes Lesen (Wörter/Sätze)	RW	-	-
ACL- Lesesinnverständnis (Wörter/Sätze)	RW	-	-
ACL- Auditives Sprachverständnis	RW	-	-
ACL- Schreiben nach Diktat (Wörter/Sätze)	RW	-	-
ACL- Nachsprechen (Wörter/Sätze)	RW	-	-

Emotionserkennen

Test	**Abhängige Variable (1, 2, 4)**	**Berechnung Frgst. 5**	**Berechnung Gesamtwert (6): mindestens eine Funktion <40**
VERT-K Freude	T-Wert	-	T <40= Störung
VERT-K Wut	T-Wert	-	T <40= Störung
VERT-K Angst	T-Wert	-	T <40= Störung
VERT-K Ekel	T-Wert	-	T <40= Störung
VERT-K Trauer	T-Wert	-	T <40= Störung
VERT-K Neutral	T-Wert	-	T <40= Störung

Emotionsempfinden

Test	**Abhängige Variable (1, 2, 4)**	**Berechnung Frgst. 5**	**Berechnung Gesamtwert (6): mindestens eine Funktion=Störung**
IAPS-positiv/stark-aktivierend	Mittelwert der Aktivierung/Bildergruppe	-	RW<4.5= Störung
IAPS-negativ/stark-aktivierend	Mittelwert der Aktivierung/Bildergruppe	-	RW<4.5= Störung
IAPS-neutral/neutral	Mittelwert der Aktivierung/Bildergruppe	-	RW>6= Störung

Psychische Störungen

Test	**Abhängige Variable (1, 2, 4)**	**Berechnung Frgst. 5 (mindestens eine Funktion >60)**	**Berechnung Gesamtwert (6):**
SCL-Globalwert	T-Wert	-	-
SCL- Depressivität	-	T >60 = Störung	-
SCL- Aggressivität/Feindseligkeit	-	T >60 = Störung	-

10.4 Statistische Auswertung

Im folgenden Abschnitt wird ein Überblick über die verwendeten statistischen Verfahren geboten, wobei hier nur allgemein auf die Grundlagen der statistischen Verfahren eingegangen wird. Eine genaue Aufschlüsselung, welches Verfahren je Fragestellung und Hypothese angewandt wurde, wird in Abschnitt 11.2 genauer erörtert.

Gleich vorweg sei auf das Problem einer sehr geringen Stichprobengröße in dieser Studie hingewiesen, weshalb die Berechnung höherer statistischer Verfahren kaum durchführbar ist. Aus der Anzahl der Hypothesen pro Fragestellung ist auch die Kumulierung des Alpha-Fehlers ersichtlich, da durch multiples Testen die H_0 mehrmalig Gelegenheit erhält, fälschlicherweise verworfen zu werden. Eine Lösung für dieses Problem bestünde in der Korrektur des α-Fehlers. Aufgrund der geringen Stichprobengröße wird darauf jedoch bei sämtlichen statistischen Verfahren verzichtet, um ein Ansteigen des β-Fehlers zu vermeiden, da in der vorliegenden Studie die fälschliche Annahme der H_0 (kein Unterschied) bei Bestehen der H_1 (Unterschied) (= β-Fehler) weitreichendere Folgen hätte, als die fälschliche Annahme der H_1 bei Bestehen der H_0 (= α-Fehler). Der β-Fehler steht demnach auch in Zusammenhang mit der Teststärke (1-β = Wahrscheinlichkeit, mit der ein Signifikanztest bei Bestehen der H_1 zugunsten der H_1 entscheidet), welche wiederum selbst mit der Stichprobengröße in Zusammenhang steht (Bortz, 2005). Da aus der geringen Stichprobengröße schon eine geringe Teststärke resultiert, würde man diese mit einer Erhöhung des β-Fehlers noch weiter reduzieren.
Als Signifikanzniveau wurde aus den obigen Gründen durchgehend eine unkorrigierte Irrtumswahrscheinlichkeit von Alpha = 0.05 gewählt, wonach Ergebnisse mit einem $p \leq 0.05$ als signifikant, Ergebnisse mit einem $p \leq 0.01$ als hoch signifikant gelten.

Ausgewertet wurden die die Daten mittels Statistical Package for the Social Sciences in der 16. Version (SPSS 16.0.) für Windows.

10.4.1 Verwendete statistische Verfahren

10.4.1.1 t-Test bei unabhängigen Stichproben

Der t-Test testet für eine dichotome Gruppenvariable, ob sich die zwei unabhängigen Gruppen in ihren Mittelwerten (Erklärung siehe Abschnitt 10.4.2) einer metrischen abhängigen Variablen signifikant unterscheiden (Wittenberg & Cramer, 2000).

Für die Anwendung dieses Verfahrens wird einerseits die Normalverteilung für beide Stichproben vorausgesetzt (Bortz, 2005). Zur Überprüfung der Normalverteilung wird der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest herangezogen (Wittenberg & Cramer, 2000). Des Weiteren wird Homogenität der Varianzen in den Stichproben vorausgesetzt, was mittels F-Test überprüft wird. Ein weiteres wesentliches Kriterium ist das Intervallskalenniveau der Daten (Bortz, 2005). Ist eine dieser Voraussetzungen nicht erfüllt, muss auf ein parameterfreies Verfahren ausgewichen werden. Im Falle zweier unabhängiger Stichproben wird der U-Test von Mann-Whitney als parameterfreies Verfahren herangezogen, der überprüft, ob signifikante Unterschiede in den mittleren Rängen, die zwei Gruppen bezüglich einer zumindest ordinalskalierten Variable aufweisen, vorliegen (Bortz, 2005; Wittenberg & Cramer, 2000).
In der vorliegenden Studie wurde bei Vorhandensein der Voraussetzungen ein t-Test, bei Verletzung der Voraussetzungen hingegen der U-Test von Mann-Whitney gerechnet.

10.4.1.2 t-Test bei einer Stichprobe

Der t-Test bei einer Stichprobe wird angewandt, um zu überprüfen, ob sich der Mittelwert (Erklärung siehe Abschnitt 10.4.2) der Stichprobe von einem Populationsmittelwert signifikant unterscheidet (Bortz, 2005).
Wie auch bei dem t-Test für unabhängige Stichproben müssen Intervallskalenniveau der Daten und Normalverteilung der Stichprobe gegeben sein (Bortz, 2005). Für den Fall, dass die Voraussetzungen nicht erfüllt sind, werden in der Literatur jedoch keine alternativen parameterfreien Verfahren angeführt.
Da der t-Test für abhängige Stichproben dem t-Test bei einer Stichprobe gleichzusetzen ist und dieser für Verletzungen der Voraussetzungen relativ robust reagiert, was bedeutet, dass der Test trotz Verletzung der Voraussetzungen die richtige Entscheidung für die H_0 oder H_1 trifft (Bortz, 2005), wird in dieser Studie im Falle der Verletzung der Voraussetzungen dennoch ein t-Test bei einer Stichprobe gerechnet.

10.4.1.3 Produkt-Moment-Korrelation (Pearson-Korrelation)

Der durch die Produkt-Moment-Korrelation errechnete Korrelationskoeffizient gibt die Enge des linearen Zusammenhangs zweier intervallskalierter Merkmale durch eine Zahl r wieder, wobei $-1 \leq r \leq +1$ gilt. Um diese Korrelation auf Signifikanz zu testen, wird überprüft, ob eine empirisch ermittelte Korrelation r mit der H_0: $\varrho = 0$ (in der Grundgesamtheit besteht zwischen zwei Merkmalen die Korrelation $\varrho = 0$) zu vereinbaren

ist (Bortz, 2005). Kausalschlüsse sind bei der Berechnung von Korrelationen nicht zulässig!

Voraussetzung für die Berechnung der Produkt-Moment-Korrelation sind Normalverteilung beider Merkmale und Intervallskalenniveau der Daten (Wittenberg & Cramer, 2000). Sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt, wird bei zu korrelierenden Variablen mit wenigen Werteausprägungen von Wittenberg und Cramer (2000) empfohlen, den Rangkorrelationskoeffizienten Kendall's Tau τ für die Berechnung des Zusammenhangs heranzuziehen.

In der vorliegenden Studie wird daher bei Vorliegen der Voraussetzungen die Produkt-Moment-Korrelation im Falle fehlender Voraussetzungen aufgrund der geringen Stichprobengröße Kendall's Tau als Maß für die Korrelation herangezogen.

10.4.1.4 Kontingenzanalyse

Um die Abhängigkeit zweier nominalskalierter Variablen darzustellen, werden Kontingenz- bzw. Kreuztabellen herangezogen. Die Kreuztabellen dienen der Darstellung der gemeinsamen Häufigkeitsverteilungen der Ausprägungen zweier Merkmale. Um die Abhängigkeit der beiden Variablen auf Signifikanz zu überprüfen, kann der Chi-Quadrat-Test nach Pearson bzw. für sehr kleine Stichproben der Exakte Test nach Fischer herangezogen werden. Der Chi-Quadrat-Test misst, inwieweit die empirischen Häufigkeiten von den erwarteten Häufigkeiten abweichen (Backhaus, Erichson, Plinke & Weiber, 2006; Wittenberg & Cramer, 2000).

Um die Höhe des Zusammenhanges zweier dichotomer nominalskalierter Variablen zu berechnen, wird der Phi-Koeffizient (φ) herangezogen, welcher der Produkt-Moment-Korrelation über die Messwertereihen zweier dichotomer Variablen entspricht. Ein relevanter Zusammenhang besteht ab einem φ von > 0.3 (Backhaus et al., 2006; Wittenberg & Cramer, 2000).

In der vorliegenden Studie werden zur Darstellung der Stärke des Zusammenhanges eben dieser Phi-Koeffizient und zur Überprüfung der Abhängigkeit auf Signifikanz, aufgrund der geringen Stichprobengröße, der Exakte Test nach Fischer verwendet.

10.4.1.5 Binomialtest

Der Binomialtest prüft, ob die empirisch erhaltene Verteilung eines dichotomen Merkmals der theoretisch erwarteten Verteilung dieses Merkmals entspricht. Genauer prüft er die H_0, dass das Merkmal mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (z.B. $\pi = 0.5$

bei Gleichverteilung des Geschlechts; bzw. $\pi = 0.6$ bei Informationen aus der Literatur über die Verteilung eines Merkmals) auftritt. Vorausgesetzt wird, dass jedes Objekt eindeutig zu einer der beiden Merkmalsklassen zugeordnet werden kann und die erwarteten Häufigkeiten nicht geringer als 10 sind, da ansonsten die Irrtumswahrscheinlichkeit über die Binomialverteilung ermittelt werden muss (Bortz, 2005).

10.4.2 Statistische Kennwerte

In den folgenden Abschnitten werden einige statistische Kennwerte und deren Abkürzungen verwendet, die nun kurz erläutert werden sollen:

Mittelwert (Mw.): Summe aller Werte dividiert durch die Gesamtzahl der Werte (Bortz, 2005).

Standardabweichung (Sd.): Streuung der Werte; durchschnittliche Abweichung der Werte vom Mittelwert (Bortz, 2005).

z-Wert (Z): Wert der Standardnormalverteilung mit einem Erwartungswert von $\mu = 0$ und einer Streuung von $\sigma = 1$ (Bortz, 2005).

t-Wert (t): Wert der t-Verteilung, welche eine eingipfelige Verteilung mit einem Erwartungswert von $\mu = 0$ und einer Streuung, die von der Zahl der Freiheitsgrade abhängt, darstellt (Bortz, 2005).

Freiheitsgrade (df): Zahl der frei variierbaren Werte, bei der Berechnung eines Kennwertes (Bortz, 2005).

Korrelationsmaße (r bzw. φ): siehe Abschnitt 10.4.1.3/4

Irrtumswahrscheinlichkeit (p): Wahrscheinlichkeit, dass das erhaltene oder extremere Ergebnisse bei Gültigkeit der H_0 eintreten (Bortz, 2005).

11 Darstellung der Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt wird die zu untersuchende Stichprobe detailliert beschrieben und im Anschluss erfolgt die Darstellung der Ergebnisse der Hypothesenprüfung.

11.1 Beschreibung der Stichprobe

An dieser Stelle soll die zur Studie herangezogene Stichprobe detailliert beschrieben und auf die Vergleichbarkeit zwischen den Subgruppen hinsichtlich konfundierender Störvariablen wie Bildung, Alter zur Operation, Zeitintervall seit der Operation und Alter zur Testung untersucht werden.

11.1.1 Soziodemographische Daten der gesamten Stichprobe

Die Akquirierung der Patienten bzw. die Einschluss- und Ausschlusskriterien wurden bereits in Abschnitt 10.1 erörtert.

Siebzehn Patienten (8 Frauen; 9 Männer) konnten letztendlich in die statistische Analyse miteinbezogen werden. Das Durchschnittsalter der in die Analyse einbezogenen Patienten betrug 28.41 Jahre [18; 40]. Das Alter zum Zeitpunkt der Operation betrug durchschnittlich 11 Jahre [2; 24], das Zeitintervall seit der Operation durchschnittlich 16.82 Jahre [8; 25].

Bezüglich der Händigkeit war ein Patient Linkshänder, eine Patientin war vor der Operation Rechtshänderin, nach der Operation verlagerte sich die Schreibfähigkeit aufgrund einer motorischen Störung der rechten Hand ohne weiteres Zutun auf die linke Hand, weshalb sie ebenfalls zu den Linkshändern gezählt wurde. 15 Patienten waren Rechtshänder.

Was die Schulbildung anbelangt, absolvierten 7 Patienten (41.18%) die Matura, 10 Patienten (58.82%) absolvierten eine Lehre oder eine Fachschule. Zusätzlich wurden die Bildungsjahre erhoben, wonach die Patienten durchschnittlich 14 Bildungsjahre [11; 18] aufwiesen. Die prämorbide Intelligenz der Patienten (erfasst mittels WST) liegt bei einem durchschnittlichen T-Wert von 50.94 [37; 59]. Für eine detaillierte Zusammenfassung der soziodemographischen Variablen siehe Tab. 4.

Tabelle 4 :Soziodemographische Daten der Gesamtstichprobe

Stichprobengröße	N = 17	
Geschlecht	weiblich: 8 (47.1%)	männlich: 9 (52.9%)
Alter	Mw: 28.41	Sd: 7.00
Alter/OP	Mw: 11	Sd: 6.01
Zeit seit OP	Mw:16.82	Sd: 4.26
Bildungsjahre	Mw: 14.03	Sd: 2.36
Prämorbide Intell. (T)	Mw. 50.94	Sd: 6.73
Hydrocephalus	nein: 8 (47.1%)	Ja: 9 (52.9%)
Vermis	Nein: 6 (35.3%)	Ja:11 (64.7%)
Gruppen Alter/OP	Bis 10: 9 (52.9%)	Ab 11: 8 (47.1%)
Händigkeit	Rechts:15 (88.2%)	Links: 2 (11.8%)

11.1.2 Soziodemographische Daten der Patienten-Subgruppen

Aus den Fragestellungen der vorliegenden Studie resultiert die Notwendigkeit einer Differenzierung der Patientenstichprobe in verschiedene Subgruppen. Die Subgruppen der Patienten wurden nach den für die Fragestellungen relevanten Kriterien differenziert, wobei die Daten aus den bisherigen OP-, CT-, MRT- und Ambulanzberichten entnommen wurden. Einerseits wurden die Patienten hinsichtlich ihres Alters zum Zeitpunkt der Operation in zwei Gruppen unterteilt, wobei 9 Patienten (52.9%) vor bzw. im 10. Lebensjahr („bis 10. Lj.“) und 8 Patienten (47.1%) ab dem 11. Lebensjahr („ab 11. Lj.“) operiert wurden. Das Kriterium für die Differenzierung beruht auf den Ergebnissen von Steinlin et al. (2003), die für das Alter zwischen dem 5. und 10. Lebensjahr eine kritische Phase für die Entwicklung des Cerebellums postulieren. Des Weiteren wurde die Gesamtgruppe auch nach dem Kriterium eines diagnostizierten präoperativen Hydrocephalus unterteilt, da Störungen visuell-räumlicher Funktionen mit dem Auftreten eines präoperativen Hydrocephalus in Verbindung gebracht werden (Aarsen et al., 2004). 9 Patienten (52.9%) entwickelten einen präoperativen Hydrocephalus („Hydrocephalus“), bei 8 Patienten (47.1%) wurde kein Hydrocephalus diagnostiziert („nicht Hydrocephalus“). Eine dritte Unterteilung wurde bezüglich der Lokalisation der Läsion vorgenommen. Unterteilt wurden die Gruppen hinsichtlich des Kriteriums „Vermis beschädigt“ bzw. „Vermis nicht beschädigt“, da der Vermis mit emotionalen Funktionen in Verbindung gebracht wird (Aarsen et al., 2004; Beckwitt-Turkel et al., 2004; Levisohn et al., 2000; Riva & Giorgi, 2000; Steinlin et al., 2003).

Bei 11 Patienten (64.7%) wurden bei der Operation auch Teile des Vermis beschädigt („Vermis“), bei 6 Patienten (35.3)´%) wurden nur Teile der cerebellären Hemisphären exstirpiert („nicht Vermis“). Für eine differenziertere Darstellung der demographischen Daten je Gruppe siehe Tabelle 5-7 bzw. Abb. 10.1-3

Tabelle 5: Differenzierung der Stichprobe nach dem Alter zum Zeitpunkt der Operation (N= 17)

	Bis 10. Lj. (N=9)	**Ab 11 Lj. (N=8)**
Geschlecht	weiblich: 4 (44.4%) männlich:5 (55.6%)	weiblich: 4 (50%) männlich:4 (50%)
Alter (Jahre)	Mw: 24.56 (Sd: 6.17)	Mw: 32.75 (Sd: 5.31)
Alter/OP (Jahre)	Mw: 6.67 (Sd: 3.24)	Mw:15.88 (Sd: 4.39)
Zeit seit OP (Jahre)	Mw:17.22 (Sd: 4.18)	Mw: 16.62 (Sd: 4.63)
Bildungsjahre	Mw: 13.44 (Sd: 2.39)	Mw: 14.69 (Sd: 2.28)
Prämorbide Intell. (T)	Mw. 48.78 (Sd: 7.78)	Mw: 53.38 (Sd: 4.66)
Hydrocephalus	Ja: 5 (55.6%) Nein: 4 (44.4%)	Ja: 4 (50%) Nein: 4 (50%)
Vermis	nicht beschädigt : 3 (33.3%) beschädigt: 6 (66.7%)	nicht beschädigt: 3 (37.5%) beschädigt: 5 (62.5%)
Shunt	kein Shunt: 8 (88.9%) Shunt: 1 (11.1%)	kein Shunt: 8 (100%)

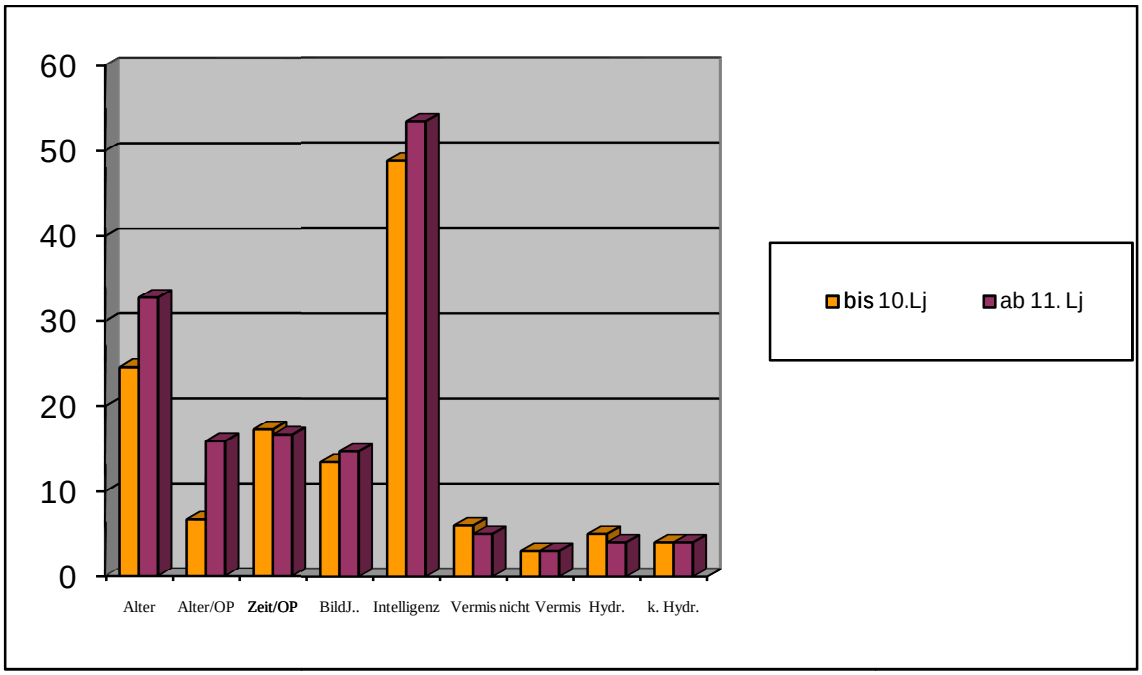


Abb.10.1 Graphische Darstellung der Subgruppendifferenzierung „Alter zum Zeitpunkt der Operation“ (N= 17)

Tabelle 6:Differenzierung der Stichprobe nach der Diagnose eines Hydrocephalus (N= 17)

	Hydrocephalus (N=9)	**Nicht Hydrocephalus (N=8)**
Geschlecht	weiblich: 4 männlich: 5	weiblich: 4 männlich: 4
Alter (Jahre)	Mw: 29.89 (Sd: 8.07)	Mw: 26.75 (Sd: 5.66)
Alter/OP (Jahre)	Mw: 10.56 (Sd: 6.37)	Mw:11.50 (Sd: 5.98)
Zeit seit OP (Jahre)	Mw:19.33 (Sd: 2.96)	Mw: 14.25 (Sd: 3.99)
Bildungsjahre	Mw: 14.33 (Sd: 2.08)	Mw: 13.69 (Sd: 2.74)
Prämorb. Intell. (T)	Mw: 48.89 (Sd: 6.94)	Mw: 52.25 (Sd: 6.09)
Gruppen Alter/OP	-10: 5 (55.6%) Ab 11: 4 (44.4%)	-10: 4 (50%) Ab 11: 4 (50%)
Vermis	nicht beschädigt : 2 (22.2%) beschädigt: 7 (77.8%)	nicht beschädigt: 4 (50%) beschädigt: 4 (50%)
Shunt	kein Shunt: 8 (88.9%) Shunt: 1 (11.1%)	kein Shunt: 8 (100%)

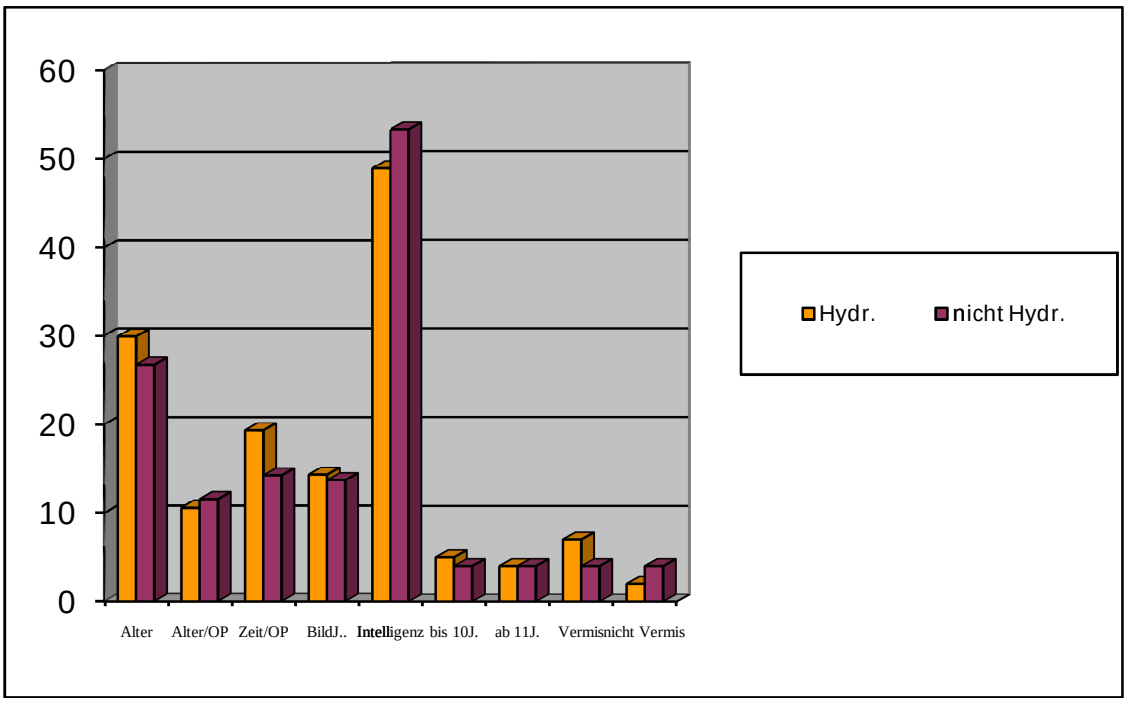


Abb.10.2 Graphische Darstellung der Subgruppendifferenzierung „Diagnose Hydrocephalus“ (N= 17)

Tabelle 7: Differenzierung der Stichprobe nach der Lokalisation der Läsion (N= 17)

	Vermis (N=11)	**Nicht Vermis (N=6)**
Geschlecht	weiblich: 4 männlich: 7	weiblich: 4 männlich: 2
Alter (Jahre)	Mw: 30.18 (Sd: 7.21)	Mw: 25.17 (Sd: 5.81)
Alter/OP (Jahre)	Mw: 10.64 (Sd: 5.37)	Mw: 11.67 (Sd: 7.55)
Zeit seit OP (Jahre)	Mw: 18.73 (Sd: 3.55)	Mw: 13.67 (Sd: 3.61)
Bildungsjahre	Mw: 14.23 (Sd: 2.49)	Mw:13.67 (Sd: 2.25)
Prämorb. Intell. (T)	Mw: 49.27 (Sd: 7.32)	Mw: 54.00 (Sd: 4.52)
Gruppen Alter/OP	-10: 6 (54.5%) Ab 11: 5 (45.5%)	-10: 3 (50%) Ab 11: 3 (50%)
Hydrocephalus	Ja: 7 (63.6%) Nein: 4 (36.4%)	Ja: 2 (33.3%) Nein: 4 (66.7%)
Shunt	Kein Shunt: 10 (90.9%) Shunt: 1 (9.1%)	Kein Shunt: 6 (100%)

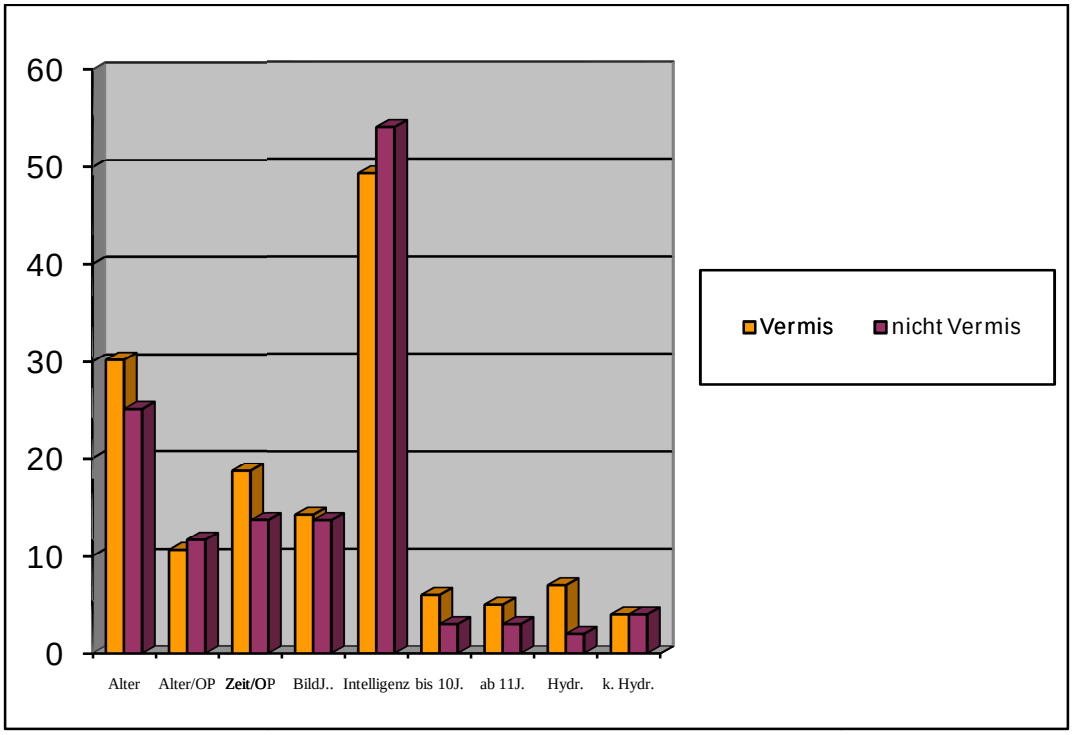


Abb.10.3 Graphische Darstellung der Subgruppendifferenzierung „Lokalisation der Läsion“ (N= 17)

Um zu erfassen, ob in den oben angeführten Gruppen Unterschiede hinsichtlich verschiedener soziodemographischer Variablen vorliegen, welche die Ergebnisse der Studie beeinflussen könnten, wurde aufgrund der gegebenen Voraussetzungen der Daten (Normalverteilung, Varianzhomogenität) in den jeweiligen Gruppen ein t-Test für unabhängige Stichproben gerechnet.

Hinsichtlich der Bildungsjahre konnte in keiner der Gruppen ein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (Hydrocephalus: $p = 0.589$; Vermis: $p = 0.654$; Alter/OP: $p = 0.292$). Auch hinsichtlich des Geschlechtes ergaben sich keine signifikanten

Unterschiede bezüglich der Bildungsdauer (p = 0.963). Was die prämorbide Intelligenz anbelangt, unterscheiden sich die Gruppen ebenfalls nicht signifikant (Hydrocephalus: p = 0.191; Vermis: p = 0.174; Alter/OP: p = 0.167; Geschlecht: p = 0.309).

Des Weiteren konnten bei den Patientengruppen „Hydrocephalus/nicht Hydrocephalus“ weder signifikante Unterschiede hinsichtlich des Alters zur Testung (p = 0.374) noch hinsichtlich des Alters zur Operation (p = 0.758) gefunden werden. Für das Zeitintervall seit der Operation ergab sich jedoch ein signifikanter Unterschied (p = 0.009), wonach Operationen von Patienten mit Hydrocephalus länger zurückliegen (Mw: 19.33 Jahre) als von Patienten ohne Hydrocephalus (Mw: 14.25 Jahre). Auch für die Gruppierung hinsichtlich der Lokalisation der Läsion ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Alters zur Testung (p = 0.165) bzw. bezüglich des Alters zur Operation (p = 0.747). Die Operation scheint bei Patienten, bei welchen der Vermis beschädigt wurde, jedoch ebenfalls signifikant länger (Mw: 18.73 Jahre) zurückzuliegen (p = 0.014), als bei Patienten, die keine Läsionen am Vermis aufweisen (Mw: 13.67 Jahre). Altersunterschiede zum Zeitpunkt der Testung ergaben sich für die Gruppen „Alter/OP“, wobei Patienten, die bis zum 10. Lebensjahr operiert wurden, bei der Testung signifikant jünger (Mw: 24.56 Jahre) waren, als solche, die ab dem 11. Lebensjahr operiert wurden (Mw: 32.75 Jahre). Hinsichtlich des Zeitintervalls seit der Operation unterscheiden sich diese Gruppen jedoch nicht signifikant (p = 0.783).

Des Weiteren wurde der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Gruppen noch mittels Kreuztabellen überprüft. Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurde der Fisher’s Exact Test zur Bewertung der Signifikanz herangezogen (Backhaus, Erichson, Plinke & Weiber, 2006). Keine dieser Gruppen (Hydrocephalus, Vermis, Alter/OP, Geschlecht) weist einen signifikanten Zusammenhang mit einer anderen Gruppe auf (Tab.8).

Tabelle 8: Korrelationen der Subgruppen

	Hydrocephalus	Vermis	Alter/OP	Geschlecht
Hydrocephalus	φ=1	φ= 0.29	φ= - 0.056	φ= - 0.056
Vermis		φ=1	φ= - 0.044	φ= - 0.29
Alter/OP			φ=1	φ= 0.056
Geschlecht				φ=1

*signifikant bei α=0.05

Zusammenfassend kann generell von einer Vergleichbarkeit der Gruppen hinsichtlich der oben genannten Störvariablen ausgegangen werden. Die Ergebnisse sind bei den Gruppen, bei welchen signifikante Unterschiede hinsichtlich der Störvariablen vorliegen, jedoch aufgrund der Konfundierung mit den Ergebnissen kritisch zu betrachten.

11.2 Statistische Hypothesenprüfung

11.2.1 Berechnung der Fragestellung 1: Vergleich zur Normpopulation

Im folgenden Abschnitt soll untersucht werden, ob sich die Patienten hinsichtlich kognitiver und emotionaler Funktionen bzw. hinsichtlich psychischer Belastung von der Normpopulation unterscheiden. In den nachfolgenden Tabellen (9-17) sind die Ergebnisse der jeweiligen statistischen Analyse zusammengefasst.

11.2.1.1 Methodisches Vorgehen

Um die Fragestellung 1 zu beantworten, wurden jeweils t-Tests bei einer Stichprobe berechnet. Hierfür wurden, wie in Abschnitt 10.3.2 detailliert aufgeschlüsselt, T-Werte als AV herangezogen und untersucht, ob der empirisch ermittelte Mittelwert der T-Werte signifikant von einem Populationsmittelwert von T = 50 abweicht, da T-Werte in einem Wertebereich von [20;80] definiert sind und in der Normpopulation einen Durchschnittswert von $\mu_0 = 50$ aufweisen (Kubinger, 2006).

Ausnahmen diesbezüglich ergeben sich für die Verfahren, für welche aufgrund fehlender Normen keine Transformation in Prozentränge möglich war. Im Falle der ACL wird der Mittelwert der Rohwerte daher gegen den im Manual angeführten jeweiligen Mittelwert der gesunden Kontrollgruppe pro Subtest auf Signifikanz getestet. Im Falle des IAPS wird überprüft, ob sich der Mittelwert des Ratings der jeweiligen Bildergruppe auf der Skala „Aktivierung“ signifikant vom Mittelwert der Normpopulation (siehe Anhang C) unterscheidet.

Zusätzlich wurden, um den Zusammenhang feinmotorischer Störungen mit unterdurchschnittlichen Ergebnissen in Verfahren, welche feinmotorische Fertigkeiten bzw. Geschwindigkeit in feinmotorischen Fertigkeiten erfordern, berücksichtigen zu können, Produkt-Moment-Korrelationen der T-Werte dieser Verfahren mit den T-Werten der Faktoren „Geschwindigkeit (Arm/Hand)“ bzw. „Geschwindigkeit (Handgelenk/Finger)“ der MLS gerechnet.

Für die Datenanalyse kann sowohl für die T-Werte als auch für die Rohwerte Intervallskalenniveau der Daten angenommen werden. Die Voraussetzung der Normalverteilung der Daten wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest überprüft. Bei Verletzung der Voraussetzungen wurde im Falle der Korrelation Kendall’s Tau als parameterfreies Maß herangezogen. Im Falle des t-Tests bei einer Stichprobe gibt

es, wie schon in Abschnitt 10.4.1.2 erwähnt, keine alternativen parameterfreien Verfahren, weshalb trotz Verletzung der Voraussetzungen der t-Test bei einer Stichprobe herangezogen wird.

Als Signifikanzniveau wurde eine unkorrigierte Irrtumswahrscheinlichkeit (Begründung siehe Abschnitt 9.4) von $\alpha = 0.05$ gewählt. Falls nicht anders angegeben, wurden alle 17 Fälle in die Analyse miteinbezogen.

11.2.1.2 Statistische Signifikanzprüfung: Vergleich zur Normpopulation

In diesem und den nachfolgenden Abschnitten wird zur Erleichterung der Orientierung im Text die Überschrift der entsprechenden neuropsychologischen Funktion jeweils analog zur Hypothesenhauptnummer $H_{0.1.1}$ beziffert.

1 Allgemeines Intelligenzniveau

$H_{0.1.1}$ Nonverbale Intelligenz: Bezüglich der nonverbalen Intelligenz erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 54.76 (Sd.: 7.62). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab einen statistisch signifikanten Unterschied ($t = 2.578$; $df = 16$; $p = 0.020$) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.1.1}$ verworfen. Aus der Analyse der Daten ist ersichtlich, dass die Patienten hinsichtlich der nonverbalen Intelligenz signifikant bessere Leistungen erzielten als der Durchschnitt der Normpopulation.

Tabelle 9: Allgemeines Intelligenzniveau (Fragestellung1)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Nonverbale Intelligenz	SPM-K	54.76 (7.62)	2.578	16	0.020*

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01

2 Exekutivfunktionen

$H_{0.2.1}$ Semantische Wortflüssigkeit: Bezüglich der semantischen Wortflüssigkeit erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 44.76 (Sd.: 6.85). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab einen statistisch hoch signifikanten Unterschied ($t = -3.151$; $df = 16$; $p = 0.006$) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.2.1}$ verworfen. Aus der Analyse der Daten ist

ersichtlich, dass die Patienten hinsichtlich der semantischen Wortflüssigkeit signifikant schlechtere Leistungen erzielten als der Durchschnitt der Normpopulation.

$H_{0.2.2}$ Formal-lexikalische Wortflüssigkeit: Bezüglich der formal-lexikalischen Wortflüssigkeit erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 43.35 (Sd.: 7.61). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab einen statistisch hoch signifikanten Unterschied (t = -3.603; df = 16; p = 0.002) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.2.2}$ verworfen. Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass die Patienten hinsichtlich der formal-lexikalischen Wortflüssigkeit signifikant schlechtere Leistungen erzielten als der Durchschnitt der Normpopulation.

$H_{0.2.3}$ Figurale Flüssigkeit: Bezüglich der figuralen Flüssigkeit erreichten die Patienten einen mittleren T-Wert von 51.65 (Sd.: 8.07). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = 0.842; df = 16; p = 0.412) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.2.3}$ beibehalten.

Tabelle 10: Exekutivfunktionen (Fragestellung1)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Semantische Wortflüssigkeit	RWT “Tiere“	44.76 (6.85)	-3.151	16	0.006**
Form.-lex. Wortflüssigkeit	RWT “S“	43.35 (7.61)	-3.603	16	0.002**
Figurale Wortflüssigkeit	H5PT-R	51.65 (8.07)	0.842	16	0.412

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01

3 Aufmerksamkeit

$H_{0.3.1}$ Kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit: Bezüglich der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 59.82 (Sd.: 11.28). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab einen hoch signifikanten Unterschied (t = 3.590; df = 16; p = 0.002) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.3.1}$ verworfen, wobei die Patienten hinsichtlich der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit signifikant bessere Leistungen erzielten als der Durchschnitt der Normpopulation.

$H_{0.3.2}$ Geteilte Aufmerksamkeit: Bezüglich der geteilten Aufmerksamkeit erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 57.12 (Sd.: 9.26). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab einen statistisch hoch signifikanten Unterschied (t = 3.169; df = 16; p = 0.006) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.3.2}$ verworfen. Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass die Patienten hinsichtlich der geteilten Aufmerksamkeit signifikant bessere Leistungen erzielten als der Durchschnitt der Normpopulation.

$H_{0.3.3}$ Selektiven Aufmerksamkeit: Bezüglich der selektiven Aufmerksamkeit erreichten die Patienten einen mittleren T-Wert von 46.76 (Sd.: 10.03). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -1.330; df = 16; p = 0.202) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.3.3}$ beibehalten.

Tabelle 11: Attentionale Funktionen (Fragestellung1)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Kogn. Verarbeitungsgeschw.	TMT-A	59.82(11.28)	3.590	16	0.002**
Geteilte Aufmerksamkeit	TMT-B	57.12 (9.26)	3.169	16	0.006**
Selektive Aufmerksamkeit	D2 (KL)	46.76 (10.03)	-1.330	16	0.202

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01

4 Gedächtnis

$H_{0.4.1}$ Verbales Kurzzeitgedächtnis: Bezüglich des verbalen Kurzzeitgedächtnisses erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 45.65 (Sd.: 11.32). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab keinen signifikanten Unterschied (t = -1.585; df = 16; p = 0.133) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.4.1}$ beibehalten.

$H_{0.4.2}$ Bildhaftes Kurzzeitgedächtnis: Bezüglich des bildhaften Kurzzeitgedächtnisses erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 48.88 (Sd.: 9.50). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab keinen signifikanten Unterschied (t = -0.485; df = 16; p = 0.634) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.4.2}$ beibehalten.

$H_{0.4.3}$ Arbeitsgedächtnis: Bezüglich des Arbeitsgedächtnisses erreichten die Patienten einen mittleren T-Wert von 46.06 (Sd.: 11.32). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -1.435; df = 16; p = 0.170) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.4.3}$ beibehalten.

$H_{0.4.4}$ Lernleistung: Bezüglich der Lernleistung erreichten die Patienten einen mittleren T-Wert von 50.76 (Sd.: 9.20). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = 0.343; df = 16; p = 0.736) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.4.4}$ beibehalten.

$H_{0.4.5}$ Gedächtnisleistung: Bezüglich der Gedächtnisleistung erreichten die Patienten einen mittleren T-Wert von 46.76 (Sd.: 7.21). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -1.851; df = 16; p = 0.083) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.4.5}$ beibehalten.

$H_{0.4.6}$ Wiedererkennensleistung: Bezüglich der Wiedererkennensleistung erreichten die Patienten einen mittleren T-Wert von 47.29 (Sd.: 6.19). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -1.802; df = 16; p = 0.090) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.4.6}$ beibehalten.

Tabelle 12: Mnestische Funktionen (Fragestellung1)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Verbales KZG	Zahlenspanne >	45.65(11.32)	-1.585	16	0.133
Bildhaftes KZG	Blockspanne >	48.88 (9.50)	-0.485	16	0.634
Arbeitsgedächtnis	Zahlenspanne <	46.06 (11.32)	-1.435	16	0.170
Lernleistung	VLMT (1-5)	50.76 (9.20)	0.343	16	0.736
Gedächtnisleistung	VLMT (5-7)	46.76 (7.21)	-1.851	16	0.083
Wiedererkennensleistung	VLMT (W)	47.29 (6.19)	-1.802	16	0.090

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01

5 Visuell-räumliche Funktion

$H_{0.5.1}$ Visuell-räumliche Funktion: Bezüglich der visuell-räumlichen Funktion erreichten die Patienten einen mittleren T-Wert von 54.94 (Sd.: 5.45). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab einen statistisch hoch signifikanten Unterschied (t = 3.739; df = 16; p = 0.002) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.5.1}$ verworfen. Aus der Analyse der Daten ist ersichtlich, dass die Patienten hinsichtlich der visuell-räumlichen Funktion signifikant bessere Leistungen erzielten als der Durchschnitt der Normpopulation.

Tabelle 13: Visuell-räumliche Funktion (Fragestellung1)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Visuell-räumliche Funktion	Mosaik-Test	54.94 (5.45)	3.739	16	0.002**

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01

6 Verbale Fertigkeiten

In Tabelle 14 wird in diesem Falle zusätzlich auch der jeweilige Subtest-Mittelwert der Normierungsstichprobe angegeben.

$H_{0.6.1}$ Aphasie-Gesamtscore: Bezüglich des Aphasie-Gesamtscores erzielten die Patienten einen Punkte-Mittelwert von 138.47 (Sd.: 5.11). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 142.9 ergab einen statistisch hoch signifikanten Unterschied (t = -3.572; df = 16; p = 0.003) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.6.1}$ verworfen. Aus der deskriptiven Analyse der Daten ist ersichtlich, dass die Patienten hinsichtlich des Aphasie-Gesamtscores signifikant schlechtere Leistungen erzielten als der Durchschnitt der Normpopulation.

$H_{0.6.2}$ Auditives Verständnis für abstraktes Material: Bezüglich des auditiven Verständnisses für abstraktes Material erzielten die Patienten einen Punkte-Mittelwert von 19.59 (Sd.: 0.618). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 19.3 ergab keinen signifikanten Unterschied (t = 1.922; df = 16; p = 0.073) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert.

Demnach wird die $H_{0.6.2}$ beibehalten. Zu berücksichtigen ist die Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung (Kolmogorov-Smirnov Test: Z = 1.626; p = 0.010).

$H_{0.6.3}$ Lexikalische Wortgenerierung: Bezüglich der lexikalischen Wortgenerierung erzielten die Patienten einen transformierten Punkte-Mittelwert von 7.47 (Sd.: 2.65). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 8.5 ergab keinen signifikanten Unterschied (t = -1.603; df = 16; p = 0.129) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.6.3}$ beibehalten.

$H_{0.6.4}$ Semantische Wortgenerierung: Bezüglich der semantischen Wortgenerierung erzielten die Patienten einen transformierten Punkte-Mittelwert von 6.71 (Sd.: 2.23). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 8.6 ergab einen statistisch hoch signifikanten Unterschied (t = -3.503; df = 16; p = 0.003) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.6.4}$ verworfen. Aus der Analyse der Daten ist ersichtlich, dass die Patienten hinsichtlich der semantischen Wortgenerierung signifikant schlechtere Leistungen erzielten als der Durchschnitt der Normpopulation.

$H_{0.6.5}$ Benennen: Bezüglich des Benennens erzielten die Patienten einen Punkte-Mittelwert von 17.12 (Sd.: 0.86). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 17.3 ergab keinen signifikanten Unterschied (t = -0.877; df =16; p = 0.394) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.6.5}$ beibehalten.

$H_{0.6.6}$ Lesen: Bezüglich des Lesens erzielten die Patienten einen Punkte-Mittelwert von 17.82 (Sd.: 0.393). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 17.9 ergab keinen signifikanten Unterschied (t = -0.802; df = 16; p = 0.434) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.6.6}$ beibehalten. Zu berücksichtigen ist die Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung (Kolmogorov-Smirnov Test: Z = 2.049; p = 0.000).

$H_{0.6.7}$ Lesesinnverständnis: Bezüglich des Lesesinnverständnisses erzielten die Patienten einen Punkte-Mittelwert von 17.41 (Sd.: 0.87). Die statistische Datenanalyse mittels t-

Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 17.5 ergab keinen signifikanten Unterschied (t = -0.418; df = 16; p = 0.681) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.6.7}$ beibehalten. Zu berücksichtigen ist die Verletzung Normalverteilungsvoraussetzung (Kolmogorov-Smirnov Test: Z = 1.396; p = 0.040).

$H_{0.6.8}$ Auditives Sprachverständnis: Bezüglich des auditiven Sprachverständnisses erzielten die Patienten einen Punkte-Mittelwert von 17.53 (Sd.: 0.51). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 17.7 ergab keinen signifikanten Unterschied (t = -1.367; df = 16; p = 0.191) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.6.8}$ beibehalten. Zu berücksichtigen ist die Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung (Kolmogorov-Smirnov Test: Z = 1.440; p = 0.032).

$H_{0.6.9}$ Schreiben nach Diktat: Bezüglich des Schreibens nach Diktat erzielten die Patienten einen Punkte-Mittelwert von 17.24 (Sd.: 0.66). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 17.8 ergab einen hoch signifikanten Unterschied (t = -3.505; df = 16; p = 0.003) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.6.9}$ verworfen. Aus der deskriptiven Analyse der Daten ist ersichtlich, dass die Patienten hinsichtlich des Schreibens nach Diktat signifikant schlechtere Leistungen erzielten als der Durchschnitt der Normpopulation.

$H_{0.6.10}$ Nachsprechen: Bezüglich des Nachsprechens erzielten die Patienten einen Punkte-Mittelwert von 17.88 (Sd.: 0.33). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 17.9 ergab keinen signifikanten Unterschied (t = -0.219; df = 16; p = 0.829) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.6.10}$ beibehalten. Zu berücksichtigen ist die Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung (Kolmogorov-Smirnov Test: Z = 2.147; p = 0.000).

Tabelle 14: Verbale Funktionen (Fragestellung 1)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	Pop.-Mw.	t	df	Sign. (2-seitig)
Aphasie-Ges.	ACL	138.47(5.11)	142.9	-3.572	16	0.003**
Abstr. Material	ACL	19.59(0.62)	19.3	1.922	16	0.073
Lex. Wortgen.	ACL	7.47 (2.65)	8.5	-1.603	16	0.129
Sem. Wortgen.	ACL	6.71 (2.23)	8.6	-3.503	16	0.003**
Benennen	ACL	17.12 (0.86)	17.3	-0.877	16	0.394
Lesen	ACL	17.82 (0.39)	17.9	-0.802	16	0.434
Lesesinnverst.	ACL	17.41 (0.87)	17.5	-0.418	16	0.681
Aud. Sprachverst.	ACL	17.53 (0.51)	17.7	-1.367	16	0.191
Diktat	ACL	17.24 (0.66)	17.8	-3.505	16	0.003**
Nachsprechen	ACL	17.88 (0.33)	17.9	-0.219	16	0.829

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01; Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung

7 Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke

$H_{0.7.1}$ Fähigkeit, emotionale Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, emotionale Gesichtsausdrücke zu erkennen, erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 60.24 (Sd.: 11.25). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab einen hoch signifikanten Unterschied (t = 3.753; df = 16; p = 0.002) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.7.1}$ verworfen. Aus den Ergebnissen der Daten ist ersichtlich, dass die Patienten hinsichtlich der Fähigkeit, emotionale Gesichtsausdrücke zu erkennen, signifikant bessere Leistungen erzielten als der Durchschnitt der Normpopulation.

$H_{0.7.2}$ Fähigkeit, freudige Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, freudige Gesichtsausdrücke zu erkennen, erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 78.00 (Sd.: 8.25). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab einen hoch signifikanten Unterschied (t = 14.000; df = 16; p = 0.000) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.7.2}$ verworfen. Aus der deskriptiven Datenanalyse ist ersichtlich, dass die Patienten hinsichtlich der Fähigkeit, freudige Gesichtsausdrücke zu erkennen, signifikant bessere Leistungen erzielten, als der Durchschnitt der Normpopulation. Zu berücksichtigen ist hierbei die Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung (Kolmogorov-Smirnov Test: Z = 2.214; p = 0.000).

$H_{0.7.3}$ Fähigkeit, ängstliche Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, ängstliche Gesichtsausdrücke zu erkennen, erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 57.06 (Sd.: 15.75). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab keinen signifikanten Unterschied (t = 1.847; df = 16; p = 0.083) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.7.3}$ beibehalten. Hierbei ist jedoch die Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung (Kolmogorov-Smirnov Test: Z = 1.368; p = 0.047) zu beachten.

$H_{0.7.4}$ Fähigkeit, wütende Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, wütende Gesichtsausdrücke zu erkennen, erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 75.47 (Sd.: 12.93). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab einen statistisch hoch signifikanten Unterschied (t = 8.120; df = 16; p = 0.000) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.7.4}$ verworfen. Aus der Analyse der Daten ergibt sich im Gegensatz zum Durchschnitt der Normpopulation für die Patienten eine signifikant bessere Leistung, wütende Gesichter zu erkennen. Hierbei ist jedoch wiederum die Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung (Kolmogorov-Smirnov Test: Z = 2.141; p = 0.000) zu beachten.

$H_{0.7.5}$ Fähigkeit, traurige Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, traurige Gesichtsausdrücke zu erkennen, erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 64.65 (Sd.: 12.06). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab einen statistisch hoch signifikanten Unterschied (t = 5.009; df = 16; p = 0.000) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.7.5}$ verworfen. Aus der Datenanalyse ist ersichtlich, dass die Patienten hinsichtlich der Fähigkeit, traurige Gesichtsausdrücke zu erkennen, signifikant bessere Leistungen erzielten als der Durchschnitt der Normpopulation.

$H_{0.7.6}$ Fähigkeit, sich ekelnde Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, sich ekelnde Gesichtsausdrücke zu erkennen, erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 53.71 (Sd.: 12.97). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab keinen signifikanten Unterschied (t = 1.178; df = 16; p = 0.256) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.7.6}$ beibehalten.

$H_{0.7.7}$ Fähigkeit, neutrale Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, neutrale Gesichtsausdrücke zu erkennen, erzielten die Patienten einen mittleren T-Wert von 72.71 (Sd.: 13.55). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab einen statistisch hoch signifikanten Unterschied (t = 6.907; df = 16; p = 0.000) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.7.7}$ verworfen, wobei die Patienten signifikant bessere Leistungen im Erkennen neutraler Gesichtsausdrücke erzielen als der Durchschnitt der Normpopulation. Hierbei ist wiederum die Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung (Kolmogorov-Smirnov Test: Z = 1.936; p = 0.001) zu beachten.

Tabelle 15: Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke (Fragestellung1)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Gesamtwert	Vert-K	60.24(11.25)	3.753	16	0.002**
Freude	Vert-K	78.00 (8.25)	14.000	16	0.000**
Angst	Vert-K	57.06 (15.75)	1.847	16	0.083
Wut	Vert-K	75.47 (12.93)	8.120	16	0.000**
Trauer	Vert-K	64.65 (12.06)	5.009	16	0.000**
Ekel	Vert-K	53.71 (12.97)	1.178	16	0.256
Neutral	Vert-K	72.71 (13.55)	6.907	16	0.000**

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01; Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung

In Tabelle 16 wird in diesem Fall zusätzlich auch der Mittelwert der Normierungsstichprobe für die jeweilige Bildergruppe in der Tabelle angegeben (siehe Anhang C).

$H_{0.8.1}$ Aktivierung beim Betrachten von positiv/stark-aktivierenden Bildern: Bezüglich der Aktivierung beim Betrachten von positiv/stark-aktivierenden Bildern erzielten die Patienten einen Punkte-Mittelwert von 6.08 (Sd.: 1.12). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 6.78 ergab einen signifikanten Unterschied (t = -2.570; df = 16; p = 0.021) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.8.1}$ verworfen. Aus der Analyse der Daten ist ersichtlich, dass die Patienten beim Betrachten

positiv/stark-aktivierender Bilder eine signifikant schwächere Aktivierung aufweisen als der Durchschnitt der Normpopulation.

$H_{0.8.2}$ Aktivierung beim Betrachten von negativ/stark-aktivierenden Bildern: Bezüglich der Aktivierung beim Betrachten von negativ/stark-aktivierenden Bildern erreichten die Patienten einen Punkte-Mittelwert von 7.69 (Sd.: 0.98). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 6.96 ergab einen statistisch hoch signifikanten Unterschied (t = 3.093; df = 16; p = 0.007) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.8.2}$ verworfen, wobei aus der Analyse der Daten hervorgeht, dass die Patienten beim Betrachten negativ/stark-aktivierender Bilder eine signifikant stärkere Aktivierung aufweisen als der Durchschnitt der Normpopulation.

$H_{0.8.3}$ Aktivierung beim Betrachten von neutralen Bildern: Bezüglich des Emotionsempfindens beim Betrachten von neutralen Bildern erreichten die Patienten einen Punkte-Mittelwert von 3.11 (Sd.: 1.23). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen einen Mittelwert von 3.98 ergab einen statistisch hoch signifikanten Unterschied (t = -2.898; df =16; p = 0.010) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.8.3}$ verworfen, wobei aus der Analyse der Daten hervorgeht, dass die Patienten beim Betrachten neutraler Bilder eine signifikant schwächere Aktivierung aufweisen als der Durchschnitt der Normpopulation.

Tabelle 16: Emotionsempfinden (Fragestellung 1)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	Pop.-Mw.	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Positiv/stark-akt.	IAPS	6.08(1.12)	6.78	-2.570	16	0.021*
Negativ/stark-akt.	IAPS	7.69 (0.98)	6.96	3.093	16	0.007**
Neutral	IAPS	3.11 (1.23)	3.98	-2.898	16	0.010**

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01;

In diesem Falle ist zu berücksichtigen, dass höhere T-Werte für eine stärkere Ausprägung der psychischen Belastung stehen.

$H_{0.9.1}$ Aktuelle psychische Belastung: Bezüglich der Ausprägung der aktuellen psychischen Belastung erreichten die Patienten einen mittleren T-Wert von 48.59 (Sd.: 10.21). Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei einer Stichprobe ergab keinen signifikanten Unterschied (t = -0.570; df = 16; p = 0.576) zwischen dem Stichprobenmittelwert und dem Populationsmittelwert. Demnach wird die $H_{0.9.1}$ beibehalten.

Tabelle 17: Psychische Belastung (Fragestellung 1)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Psychische Belastung	SCL (GSI)	48.59 (10.21)	-0.570	16	0.576

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01

11.2.1.3 Überprüfung der Störvariablen „Feinmotorik“

Zusätzlich wurden, um den Einfluss feinmotorischer Störungen auf abhängige Variablen, die feinmotorische Fertigkeiten verlangen, zu berücksichtigen, die beiden Faktoren „Geschwindigkeit (Arm/Hand)“ und „Geschwindigkeit (Handgelenk/Finger)“ der MLS jeweils mit den in die Analyse eingehenden abhängigen Variablen, deren Ergebnis von der Geschwindigkeit der Ausführung einer feinmotorischen Aufgabe abhängt, korreliert. Hierzu zählen die Erfassung der figuralen Flüssigkeit, der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit, der geteilten Aufmerksamkeit, der selektiven Aufmerksamkeit und der visuell-räumlichen Funktion.

Für die Daten kann Intervallskalenniveau angenommen werden. Aufgrund gegebener Voraussetzungen wurde jeweils eine Produkt-Moment-Korrelation gerechnet. Da für Linkshänder von der MLS keine Faktoren berechnet werden, liegt die Stichprobengröße bei N = 15. Bezüglich der Irrtumswahrscheinlichkeit gilt ein α von 0.05.

Zu berücksichtigen ist, dass nur Aussagen über den Zusammenhang dieser Variablen getätigt werden dürfen. Kausalschlüsse sind aufgrund der fehlenden Randomisierung nicht zulässig.

Es ergeben sich für den Faktor „Geschwindigkeit (Arm/Hand)“ nur hinsichtlich der Variablen „kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit“ mit einem r = 0.617 (p = 0.014) und

für die „selektive Aufmerksamkeit“ mit einem r = 0.563 (p = 0.029) signifikante positive Zusammenhänge. Bessere Leistungen im Faktor „Geschwindigkeit (Arm/Hand)“ stehen somit in Zusammenhang mit besseren Leistungen in den beiden kognitiven Variablen und vice-versa. Der Faktor „Geschwindigkeit (Handgelenk/Finger)“ steht mit keiner der Variablen in signifikantem Zusammenhang. Für eine Zusammenfassung der Ergebnisse siehe Tabelle 18.

Tabelle 18: Korrelationen der AV mit feinmotorischen Funktionen

	Geschwindigkeit (Arm/Hand)	**Geschwindigkeit (Handgelenk/Finger)**
Kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit	r = 0.617 (p = 0.014)*	r = 0.376 (p = 0.168)
Geteilte Aufmerksamkeit	r = 0.400 (p = 0.139)	r = 0.322 (p = 0.242)
Selektive Aufmerksamkeit	r = 0.563 (p = 0.029)*	r = 0.183 (p = 0.514)
Figurale Flüssigkeit	r = 0.349 (p = 0.203)	r = 0.008 (p = 0.979)
Visuell-räumliche Funktion	r = 0.453 (p = 0.090)	r = 0.188 (p = 0.502)

*p≤0.05;

11.2.2 Berechnung der Fragestellungen 2 (Alter zum Zeitpunkt der Operation), 3 (Hydrocephalus) und 4 (Lokalisation der Läsion)

11.2.2.1 Methodisches Vorgehen

Um die Fragestellungen 2, 3 und 4 zu beantworten wurden für die jeweiligen Gruppen (UV) *Alter zum Zeitpunkt der Operation* mit den Ausprägungen „bis 10. Lj. (0)“ bzw. „ab 11. Lj. (1)“, *Diagnose Hydrocephalus* mit den Ausprägungen „Hydrocephalus (1)“ bzw. „nicht Hydrocephalus (0)“ und *Lokalisation der Läsion* mit den Ausprägungen „Vermis (1)“ bzw. „nicht Vermis (0)“ t-Tests für unabhängige Stichproben berechnet. Für eine detaillierte Darstellung der unabhängigen Variablen je Fragestellung siehe Abschnitt 10.3.2. Die jeweilige Aufteilung der Patienten zu den Gruppen wurde bereits in Abschnitt 11.1.2 erörtert.

Als AV wurden, wie in Abschnitt 10.3.2. detailliert aufgeschlüsselt, die T-Werte der jeweiligen Gruppen herangezogen und auf signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen untersucht. Im Falle der ACL wurden wiederum die Rohwerte, im Falle des IAPS wiederum die Mittelwerte pro Bildergruppe für die Berechnung herangezogen.

Für die Datenanalyse kann sowohl für die T-Werte als auch für die Rohwerte Intervallskalenniveau der Daten angenommen werden. Die Voraussetzung der Normalverteilung der Daten wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest, die Homogenität der Varianzen mittels F-Test überprüft. Bei Verletzung der Voraussetzungen wurde der U-Test von Mann-Whitney zur Überprüfung der Hypothesen herangezogen. Für die Beantwortung der Fragestellung wurden alle 17 Fälle in die Analyse miteinbezogen.

Als Signifikanzniveau wurde, wie schon erwähnt, eine unkorrigierte Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0.05$ gewählt.

11.2.2.2 Statistische Signifikanzprüfung: Alter zum Zeitpunkt der Operation

Im folgenden Abschnitt soll untersucht werden, ob sich Patienten, die vor dem 10. Lebensjahr (N = 9) bzw. ab dem 11. Lebensjahr (N = 8) operiert wurden, hinsichtlich kognitiver und emotionaler Funktionen bzw. psychischer Belastungen unterscheiden. Die Ergebnisse der statistischen Analyse sind wiederum jeweils in den nachfolgenden Tabellen (19-27) zusammengefasst.

10 Allgemeines Intelligenzniveau

$H_{0.10.1}$ Nonverbale Intelligenz: Bezüglich der nonverbalen Intelligenz erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 54.00 (Sd.: 8.06), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 55.62 (Sd.: 7.54) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = - 0.428; df = 15; p = 0.675) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.10.1}$ beibehalten.

Tabelle 19: Allgemeines Intelligenzniveau (Fragestellung 2)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Nonverb.	SPM-K	G1:54.00 (8.06)	-0.428	15	0.675
Intelligenz		G2:55.62 (7.54)			

Bemerkung: G1 (Alter/OP bis 10. Lj.); G2 (Alter/OP ab 11. Lj.); *p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01

11 Exekutivfunktionen

$H_{0.11.1}$ Semantische Wortflüssigkeit: Bezüglich der semantischen Wortflüssigkeit erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 46.11 (Sd.: 7.51), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 43.25 (Sd.: 6.16) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = 0.852; df = 15; p = 0.408) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.11.1}$ beibehalten.

$H_{0.11.2}$ Formal-lexikalische Wortflüssigkeit: Bezüglich der formal-lexikalischen Wortflüssigkeit erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 43.44 (Sd.: 6.97), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 43.25 (Sd.: 8.76) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = 0.051; df = 15; p = 0.960) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.11.2}$ beibehalten.

$H_{0.11.3}$ Figurale Flüssigkeit: Bezüglich der figuralen Flüssigkeit erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 52.33 (Sd.: 8.22), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 50.88 (Sd.: 8.39) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten

Unterschied (t = 0.362; df = 15; p = 0.723) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.11.3}$ beibehalten.

Tabelle 20: Exekutivfunktionen (Fragestellung 2)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Sem. Wortflüssigkeit	RWT "Tiere"	G1: 46.11 (7.51)	0.852	15	0.408
		G2: 43.25 (6.16)			
Form.-lex.	RWT "S"	G1: 43.44 (6.97)	0.051	15	0.960
Wortflüssigkeit		G2: 43.25 (8.76)			
Figurale Wortflüssigkeit	H5PT-R	G1: 52.33 (8.22)	0.362	15	0.723
		G2: 50.88 (8.39)			

Bemerkung: G1 (Alter/OP bis 10. Lj.); G2 (Alter/OP ab 11. Lj.)

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01

12 Aufmerksamkeit

$H_{0.12.1}$ Kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit: Bezüglich der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 57.00 (Sd.: 10.78), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 63.00 (Sd.: 11.67) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -1.102; df = 15; p = 0.288) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.12.1}$ beibehalten.

$H_{0.12.2}$ Geteilte Aufmerksamkeit: Bezüglich der geteilten Aufmerksamkeit erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 54.00 (Sd.: 9.67), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 60.62 (Sd.: 7.91) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -1.533; df = 15; p = 0.146) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.12.2}$ beibehalten.

$H_{0.12.3}$ Selektive Aufmerksamkeit: Bezüglich der selektiven Aufmerksamkeit erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 44.67 (Sd.: 9.99), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 49.12 (Sd.: 10.19) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch

signifikanten Unterschied (t = -0.910; df = 15; p = 0.377) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.12.3}$ beibehalten.

Tabelle 21: Attentionale Funktionen (Fragestellung 2)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Kogn. Verarbeitungsgeschw.	TMT-A	G1: 57.00 (10.78)	-1.102	15	0.288
		G2: 63.00 (11.67)			
Geteilte Aufmerksamkeit	TMT-B	G1: 54.00 (9.67)	-1.533	15	0.146
		G2: 60.62 (7.91)			
Selektive Aufmerksamkeit	D2 (KL)	G1: 44.67 (9.99)	-0.910	15	0.377
		G2: 49.12 (10.19)			

Bemerkung: G1 (Alter/OP bis 10. Lj.); G2 (Alter/OP ab 11. Lj.)

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01

13 Gedächtnis

$H_{0.13.1}$ Verbales Kurzzeitgedächtnis: Bezüglich des verbalen Kurzzeitgedächtnisses erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 46.22 (Sd.: 9.82), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 45.00 (Sd.: 13.491) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = 0.215; df = 15; p = 0.832) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.13.1}$ beibehalten.

$H_{0.13.2}$ Bildhaftes Kurzzeitgedächtnis: Bezüglich des bildhaften Kurzzeitgedächtnisses erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 48.44 (Sd.: 8.86), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 49.38 (Sd.: 10.77) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.195; df = 15; p = 0.848) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.13.2}$ beibehalten.

$H_{0.13.3}$ Arbeitsgedächtnis: Aufgrund inhomogener Varianzen (F =7.253; p = 0.017) wurde der Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung dieser Hypothese herangezogen. Bezüglich des Arbeitsgedächtnisses erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert-Rang von 7.94 (Summe der Ränge: Σ 71.50), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert-Rang von 10.19 (Summe der Ränge: Σ 81.50) erreichte. Die

statistische Datenanalyse ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (Z = -0.920; p = 0.357) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.13.3}$ beibehalten.

$H_{0.13.4}$ Lernleistung: Bezüglich der Lernleistung erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 45.89 (Sd.: 7.77), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 56.25 (Sd.: 7.72) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab einen statistisch signifikanten Unterschied (t = -2.752; df = 15; p = 0.015) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.13.4}$ verworfen, wobei Patienten, welche vor dem 10. Lebensjahr operiert wurden, eine signifikant schlechtere Lernleistung zeigen als Patienten, die ab dem 11. Lebensjahr operiert wurden.

$H_{0.13.5}$ Gedächtnisleistung: Bezüglich der Gedächtnisleistung erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 45.56 (Sd.: 8.02), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 48.12 (Sd.: 6.42) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.723; df = 15; p = 0.481) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.13.5}$ beibehalten.

$H_{0.13.6}$ Wiedererkennensleistung: Bezüglich der Wiedererkennensleistung erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 43.67 (Sd.: 5.83), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 51.38 (Sd.: 3.58) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab einen statistisch hoch signifikanten Unterschied (t = -3.230; df = 15; p = 0.006) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.13.6}$ verworfen, wobei Patienten, welche vor dem 10. Lebensjahr operiert wurden, signifikant schlechtere Leistungen im Wiedererkennen zeigen als Patienten, die ab dem 11. Lebensjahr operiert wurden.

Tabelle 22: Mnestische Funktionen (Fragestellung 2)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Verbales KZG	Zahlenspanne>	G1:46.22 (9.82) G2:45.00 (13.49)	0.215	15	0.832
Bildhaftes KZG	Blockspanne >	G1:48.44 (8.86) G2:49.38 (10.77)	-0195	15	0.848
Arbeitsgedächtnis	Zahlenspanne<	G1:7.94 (Σ71.50) G2:10.19 (Σ81.50)	Z: -0.920		0.357
Lernleistung	VLMT (1-5)	G1:45.89 (7.77) G2:56.25 (7.72)	-2.752	15	0.015*
Gedächtnisleistung	VLMT (5-7)	G1:45.56 (8.02) G2:48.12 (6.42)	-0.723	15	0.481
Wiedererkennens-leistung	VLMT (W)	G1:43.67 (5.83) G2:51.38 (3.58)	-3.230	15	0.006**

Bemerkung: G1 (Alter/OP bis 10. Lj.); G2 (Alter/OP ab 11. Lj.)

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01; Voraussetzungen nicht erfüllt (U-Test)

14 Visuell-räumliche Funktion

$H_{0.14.1}$ Visuell-räumliche Funktion: Bezüglich der visuell-räumlichen Funktion erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 53.67 (Sd.: 6.75), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 56.38 (Sd.: 3.38) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -1.025; df = 15; p = 0.322) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.14.1}$ beibehalten.

Tabelle 23: Visuell-räumliche Funktion (Fragestellung 2)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Visuell-räumliche Funktion	Mosaik-Test	G1:53.67 (6.75) G2:56.38 (3.38)	-1.025	15	0.322

Bemerkung: G1 (Alter/OP bis 10. Lj.); G2 (Alter/OP ab 11. Lj.)

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01

15 Verbale Fertigkeiten

$H_{0.15.1}$ Aphasie-Gesamtwert: Bezüglich des Aphasie-Gesamtwertes erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren Rohwert von 137.67 (Sd.: 5.50) während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren Rohwert von 139.38 (Sd.: 4.84) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t =-0.676; df = 15; p = 0.509) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.15.1}$ beibehalten.

$H_{0.15.2}$ Auditives Verständnis für abstraktes Material: Aufgrund der Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung in der Gruppe „bis 10. Lj." (Z = 1.412; p = 0.037) wurde der Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung dieser Hypothese herangezogen. Bezüglich des auditiven Verständnisses für abstraktes Material erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren Rohwert-Rang von 10.22 (Σ 92.00), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren Rohwert-Rang von 7.62 (Σ 61.00) erreichte. Die statistische Datenanalyse ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (Z = -1.260; p = 0.208) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.15.2}$ beibehalten.

$H_{0.15.3}$ Lexikalische Wortgenerierung: Bezüglich der lexikalischen Wortgenerierung erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren Rohwert von 7.44 (Sd.: 3.05), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren Rohwert von 7.50 (Sd.: 2.33) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.042; df = 15; p = 0.967) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.15.3}$ beibehalten.

$H_{0.15.4}$ Semantische Wortgenerierung: Bezüglich der semantischen Wortgenerierung erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren Rohwert von 6.67 (Sd.: 2.24), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren Rohwert von 6.75 (Sd.: 2.38) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.074; df = 15; p = 0.942) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.15.4}$ beibehalten.

$H_{0.15.5}$ Benennen: Bezüglich des Benennens erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren Rohwert von 16.89 (Sd.: 1.05), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren

Rohwert von 17.38 (Sd.: 0.52) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t =-1.181; df = 15; p =0.256) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.15.5}$ beibehalten.

$H_{0.15.6}$ Lesen: Aufgrund der Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung in der Gruppe „bis 10. Lj." (Z = 1.412; p = 0.037) und in der Gruppe „ab 11. Lj." (Z = 1451; p = 0.030) wurde der Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung dieser Hypothese herangezogen. Bezüglich des Lesens erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren Rohwert-Rang von 8.61 (Σ 77.50), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren Rohwert-Rang von 9.44 (Σ 75.50) erreichte. Die statistische Datenanalyse ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (Z = -0.509; p = 0.611) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.15.6}$ beibehalten.

$H_{0.15.7}$ Lesesinnverständnis: Bezüglich des Lesesinnverständnisses erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren Rohwert von 17.33 (Sd.: 1.00), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren Rohwert von 17.50 (Sd.: 0.76) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.383; df = 15; p = 0.707) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.15.7}$ beibehalten.

$H_{0.15.8}$ Auditives Sprachverständnis: Bezüglich des auditiven Sprachverständnisses erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren Rohwert von 17.56 (Sd.: 0.527), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren Rohwert von 17.50 (Sd.: 0.535) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.215; df = 15; p = 0.832) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.15.8}$ beibehalten.

$H_{0.15.9}$ Schreiben nach Diktat: Bezüglich des Schreibens nach Diktat erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren Rohwert von 17.00 (Sd.: 0.71), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren Rohwert von 17.50 (Sd.: 0.535) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t =-1.627; df = 15; p = 0.125) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.15.9}$ beibehalten.

$H_{0.15.10}$ Nachsprechen: Aufgrund der Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung in der Gruppe „bis 10. Lj." (Z = 1.412; p = 0.037) und in der Gruppe „ab 11. Lj." (aufgrund fehlender Varianzen ist die Berechnung des Kolmogorov-Smirnov-Tests nicht möglich) wurde der Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung dieser Hypothese herangezogen. Bezüglich des Nachsprechens erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren Rohwert-Rang von 8.11 (Σ 73.00), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren Rohwert-Rang von 10.00 (Σ 80.00) erreichte. Die statistische Datenanalyse ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (Z = -1.377; p = 0.168) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.15.10}$ beibehalten.

Tabelle 24: Verbale Funktionen (Fragestellung 2)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Sign. (2-seitig)
Aphasie-Gesamtscore	ACL	G1:137.67 (5.50) G2:139.38 (4.84)	-0.676	15	0.509
Abstraktes Material	ACL	G1:10.22 (Σ92.00) G2:7.62 (Σ61.00)	Z:-1.260		0.208
Lex. Wortgenerierung	ACL	G1:7.44 (3.05) G2:7.50 (2.33)	-0.042	15	0.967
Sem. Wortgenerierung	ACL	G1:6.67 (2.24) G2:6.75 (2.38)	-0.074	15	0.942
Benennen	ACL	G1:16.89 (1.05) G2:17.38 (0.52)	-1.181	15	0.256
Lesen	ACL	G1: 8.61 (Σ77.50) G2: 9.44 (Σ75.50)	Z:-0.509		0.611
Lesesinnverständnis	ACL	G1:17.33 (1.00) G2:17.50 (0.76)	-0.383	15	0.707
Auditiv. Sprachverst.	ACL	G1:17.56 (0.527) G2:17.50 (0.535)	-0.215	15	0.832
Diktat	ACL	G1:17.00 (0.71) G2:17.50 (0.535)	-1.627	15	0.125
Nachsprechen	ACL	G1: 8.11 (Σ73.00) G2: 10.00 (Σ80.00)	Z:-1.377		0.168

Bemerkung: G1 (Alter/OP bis 10. Lj.); G2 (Alter/OP ab 11. Lj.)

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01; Voraussetzungen nicht erfüllt (U-Test)

16 Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke

$H_{0.16.1}$ Fähigkeit, emotionale Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, emotionale Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 61.56 (Sd.: 11.52), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 58.75 (Sd.: 11.51) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = 0.501; df = 15; p = 0.623) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.16.1}$ beibehalten.

$H_{0.16.2}$ Fähigkeit, freudige Gesichtsausdrücke zu erkennen: Aufgrund der Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung in der Gruppe „bis 10. Lj." (Kolmogorov-Smirnov-Test aufgrund fehlender Varianz nicht möglich) und in der Gruppe „ab 11. Lj." (Z = 1.451; p = 0.030) wurde der Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung dieser Hypothese herangezogen. Bezüglich der Fähigkeit, freudige Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert-Rang von 9.50 (Σ 85.50), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert-Rang von 8.44 (Σ 67.50) erreichte. Die statistische Datenanalyse ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (Z = -1.06; p = 0.289) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.16.2}$ beibehalten.

$H_{0.16.3}$ Fähigkeit, ängstliche Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, ängstliche Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 54.22 (Sd.: 15.20), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 60.25 (Sd.: 16.77) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.778; df = 15; p = 0.449) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.16.3}$ beibehalten.

$H_{0.16.4}$ Fähigkeit, wütende Gesichtsausdrücke zu erkennen: Aufgrund der Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung in der Gruppe „bis 10. Lj." (Z = 1.558; p = 0.016) und in der Gruppe „ab 11. Lj." (Z = 1.451; p = 0.030) wurde der Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung dieser Hypothese herangezogen. Bezüglich der Fähigkeit, wütende Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert-Rang von 9.00 (Σ 81.00), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert-Rang von 9.00 (Σ 72.00) erreichte. Die statistische Datenanalyse ergab keinen statistisch

signifikanten Unterschied (Z= 0.000; p = 1.000) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.16.4}$ beibehalten.

$H_{0.16.5}$ Fähigkeit, traurige Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, traurige Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 66.89 (Sd.: 10.35), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 62.12 (Sd.: 14.00) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = 0.804; df = 15; p = 0.434) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.16.5}$ beibehalten.

$H_{0.16.6}$ Fähigkeit, sich ekelnde Gesichtsausdrücke zu erkennen: Aufgrund inhomogener Varianzen (F = 7.439; p = 0.016) wurde der Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung dieser Hypothese herangezogen. Bezüglich der Fähigkeit, sich ekelnde Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert-Rang von 9.33 (Σ 84.00), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert-Rang von 8.62 (Σ 69.00) erreichte. Die statistische Datenanalyse ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (Z = -0.297; p = 0.766) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.16.6}$ beibehalten.

$H_{0.16.7}$ Fähigkeit, neutrale Gesichtsausdrücke zu erkennen: Aufgrund der Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung in der Gruppe „bis 10. Lj." (Z = 1.558; p = 0.016) wurde der Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung dieser Hypothese herangezogen. Bezüglich der Fähigkeit, neutrale Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert-Rang von 10.06 (Σ 90.50), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert-Rang von 7.81 (Σ 62.50) erreichte. Die statistische Datenanalyse ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (Z = -1.242; p = 0.214) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.16.7}$ beibehalten.

Tabelle 25: Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke (Fragestellung 2)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Gesamtwert	Vert-K	G1:61.56 (11.52) G2.:58.75 (11.51)	0.501	15	0.623
Freude	Vert-K	G1:9.50 (Σ 85.50) G2:8.44 (Σ 67.50)	Z:-1.061		0.289
Angst	Vert-K	G1:54.22 (15.20) G2:60.25 (16.77)	-0.778	15	0.449
Wut	Vert-K	G1:9.00 (Σ 81.00) G2:9.00 (Σ 72.00)	Z:0.000		1.000
Trauer	Vert-K	G1:66.89 (10.35) G2:62.12 (14.00)	0.804	15	0.434
Ekel	Vert-K	G1:9.33 (Σ 84.00) G2:8.62 (Σ 69.00)	Z:-0.297		0.766
Neutral	Vert-K	G1:10.06(Σ90.50) G2:7.81(Σ 62.50)	Z:-1.242		0.214

Bemerkung: G1 (Alter/OP bis 10. Lj.); G2 (Alter/OP ab 11. Lj.)

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01; Voraussetzungen nicht erfüllt (U-Test)

17 Emotionsempfinden

$H_{0.17.1}$ Aktivierung beim Betrachten von positiv/stark-aktivierenden Bildern: Bezüglich der Aktivierung beim Betrachten von positiv/stark-aktivierenden Bildern erreichte die Gruppe „bis 10. Lj.“ einen mittleren Rohwert von 5.93 (Sd.: 1.10), während die Gruppe „ab 11. Lj.“ einen mittleren Rohwert von 6.25 (Sd.: 1.19) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.574; df = 15; p = 0.574) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.17.1}$ beibehalten.

$H_{0.17.2}$ Aktivierung beim Betrachten von negativ/stark-aktivierenden Bildern: Bezüglich der Aktivierung beim Betrachten von negativ/stark-aktivierenden Bildern erreichte die Gruppe „bis 10. Lj.“ einen mittleren Rohwert von 7.51 (Sd.: 1.10), während die Gruppe „ab 11. Lj.“ einen mittleren Rohwert von 7.89 (Sd.: 0.84) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = 0.785; df = 15; p = 0.444) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.17.2}$ beibehalten.

$H_{0.17.3}$ Aktivierung beim Betrachten von neutralen Bildern: Bezüglich der Aktivierung beim Betrachten von neutralen Bildern erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren Rohwert von 3.00 (Sd.: 1.39), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren Rohwert von 3.24 (Sd.: 1.12) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.380; df = 15; p = 0.710) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.17.3}$ beibehalten.

Tabelle 26: Emotionsempfinden (Fragestellung 2)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Positiv/stark-aktivierend	IAPS	G1:5.93 (1.10)	-0.574	15	0.574
		G2:6.25 (1.19)			
Negativ/stark-aktivierend	IAPS	G1:7.51 (1.10)	0.785	15	0.444
		G2:7.89 (0.84)			
Neutral	IAPS	G1:3.00 (1.39)	-0.380	15	0.710
		G2:3.24 (1.12)			

Bemerkung: G1 (Alter/OP bis 10. Lj.); G2 (Alter/OP ab 11. Lj.)

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01;

18 Psychische Belastung

In diesem Falle ist zu berücksichtigen, dass höhere T-Werte für eine stärkere Ausprägung der psychischen Belastung stehen.

$H_{0.18.1}$ Aktuelle psychische Belastung: Bezüglich der Ausprägung der psychischen Belastung erreichte die Gruppe „bis 10. Lj." einen mittleren T-Wert von 54.11 (Sd.: 10.14), während die Gruppe „ab 11. Lj." einen mittleren T-Wert von 42.38 (Sd.: 6.09) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab einen statistisch signifikanten Unterschied (t = 2.843; df = 15; p = 0.012) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.18.1}$ verworfen, wobei Patienten, die vor dem 10. Lebensjahr operiert wurden, signifikant höhere Ausprägungen in der aktuellen psychischen Belastung aufweisen als Patienten, welche ab dem 11. Lebensjahr operiert wurden.

Tabelle 27: Psychische Belastung (Fragestellung 2)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Psychische Belastung	SCL (GSI)	G1:54.11 (10.14) G2:42.38 (6.09)	2.843	15	0.012*

Bemerkung: G1 (Alter/OP bis 10. Lj.); G2 (Alter/OP ab 11. Lj.)

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01;

11.2.2.3 Statistische Signifikanzprüfung: Hydrocephalus

In diesem Abschnitt soll untersucht werden, ob es Unterschiede hinsichtlich der visuell-räumlichen Funktion zwischen Patienten mit präoperativen Hydrocephalus (N = 9) bzw. ohne präoperativen Hydrocephalus (N = 8) gibt. Die Ergebnisse der statistischen Analyse sind wiederum in Tabelle 28 zusammengefasst.

19 Visuell-räumliche Funktionen

$H_{0.19.1}$ Visuell-räumliche Funktion: Bezüglich der visuell-räumlichen Funktion erreichten die Patienten, welche keinen präoperativen Hydrocephalus entwickelten, einen mittleren T-Wert von 57.12 (Sd.: 2.90), während Patienten, welchen ein präoperativer Hydrocephalus diagnostiziert wurde, einen mittleren T-Wert von 53.00 (Sd.: 6.56) erreichten. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = 1.638; df = 15; p = 0.122) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.19.1}$ beibehalten.

Tabelle 28: Visuell-räumliche Funktion (Fragestellung 3)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Visuell-räumliche Funktion	Mosaik-Test	G1:57.12 (2.90) G2:53.00 (6.56)	1.638	15	0.122

Bemerkung: G1 (nicht Hydrocephalus); G2 (Hydrocephalus)

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01

11.2.2.4 Statistische Signifikanzprüfung: Lokalisation der Läsion

Im folgenden Abschnitt soll untersucht werden, ob es Unterschiede hinsichtlich der emotionalen Funktionen bzw. hinsichtlich der psychischen Belastung zwischen Patienten mit (N = 11) bzw. ohne Vermisläsionen (N = 6) gibt. Die Ergebnisse der statistischen Analyse sind wiederum jeweils in den nachfolgenden Tabellen (29-31) zusammengefasst. (Für eine Erläuterung der Abkürzungen siehe Abschnitt 11.2.1).

20 Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke

$H_{0.20.1}$ Fähigkeit, emotionale Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, emotionale Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „nicht Vermis“ einen mittleren T-Wert von 58.33 (Sd. 13.53), während die Gruppe „Vermis“ einen mittleren T-Wert von 61.27 (Sd.: 10.36) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.503; df = 15; p = 0.622) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.20.1}$ beibehalten.

$H_{0.20.2}$ Fähigkeit, freudige Gesichtsausdrücke zu erkennen: Aufgrund der Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung in der Gruppe „Vermis“ (Kolmogorov-Smirnov-Test aufgrund fehlender Varianz nicht möglich) wurde der Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung dieser Hypothese herangezogen. Bezüglich der Fähigkeit, freudige Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „nicht Vermis“ einen mittleren T-Wert-Rang von 8.08 (Σ 48.50), während die Gruppe „Vermis“ einen mittleren T-Wert-Rang von 9.50 (Σ 104.50) erreichte. Die statistische Datenanalyse ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (Z = -1.354; p = 0.176) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.20.2}$ beibehalten.

$H_{0.20.3}$ Fähigkeit, ängstliche Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, ängstliche Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „nicht Vermis“ einen mittleren T-Wert von 55.33 (Sd.: 19.16), während die Gruppe „Vermis“ einen mittleren T-Wert von 58.00 (Sd.: 14.55) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.324; df = 15; p = 0.750) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.20.3}$ beibehalten.

$H_{0.20.4}$ Fähigkeit, wütende Gesichtsausdrücke zu erkennen: Aufgrund der Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung in der Gruppe „nicht Vermis“ (Kolmogorov-Smirnov-Test aufgrund fehlender Varianzen nicht möglich) und in der Gruppe „Vermis“ (Z = 1.624; p = 0.010) wurde der Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung dieser Hypothese herangezogen. Bezüglich der Fähigkeit, wütende Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „nicht Vermis“ einen mittleren T-Wert-Rang von 10.00 (Σ 60.00), während die Gruppe „Vermis“ einen mittleren T-Wert-Rang von 8.45 (Σ 93.00) erreichte. Die statistische Datenanalyse ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (Z = -1.077; p = 0.282) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.20.4}$ beibehalten.

$H_{0.20.5}$ Fähigkeit, traurige Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, traurige Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „nicht Vermis“ einen mittleren T-Wert von 62.17 (Sd.: 16.57), während die Gruppe „Vermis“ einen mittleren T-Wert von 66.00 (Sd.: 9.47) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.614; df = 15; p = 0.548) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.20.5}$ beibehalten.

$H_{0.20.6}$ Fähigkeit, sich ekelnde Gesichtsausdrücke zu erkennen: Bezüglich der Fähigkeit, sich ekelnde Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „nicht Vermis“ einen mittleren T-Wert von 55.50 (Sd.: 14.43), während die Gruppe „Vermis“ einen mittleren T-Wert von 52.73 (Sd.: 12.73) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = 0.410; df = 15; p = 0.688) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.20.6}$ beibehalten.

$H_{0.20.7}$ Fähigkeit, neutrale Gesichtsausdrücke zu erkennen: Aufgrund der Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung in der Gruppe „Vermis“ (Z = 1.631; p = 0.010) wurde der Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung dieser Hypothese herangezogen. Bezüglich der Fähigkeit, neutrale Gesichtsausdrücke zu erkennen, erreichte die Gruppe „nicht Vermis“ einen mittleren T-Wert-Rang von 8.17 (Σ 49.00), während die Gruppe „Vermis“ einen mittleren T-Wert-Rang von 9.45 (Σ 104.00) erreichte. Die statistische Datenanalyse ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (Z = -0.683; p = 0.495) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.20.7}$ beibehalten.

Tabelle 29: Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke (Fragestellung 4)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Gesamtwert	Vert-K	G1:58.33 (13.53) G2.:61.27 (10.36)	-0.503	15	0.622
Freude	Vert-K	G1:8.08 (Σ 48.50) G2:9.50 (Σ 104.50)	Z:-1.354		0.176
Angst	Vert-K	G1:55.33 (19.16) G2:58.00 (14.55)	-0.324	15	0.750
Wut	Vert-K	G1:10.00 (Σ60.00) G2:8.45(Σ 93.00)	Z:-1.077		0.282
Trauer	Vert-K	G1:62.17 (16.57) G2:66.00 (9.47)	-0.614	15	0.548
Ekel	Vert-K	G1:55.50 (14.43) G2:52.73 (12.73)	0.410	15	0.688
Neutral	Vert-K	G1:8.17 (Σ49.00) G2:9.45 (Σ 104.00)	Z:-0.683		0.495

Bemerkung: G1 (nicht Vermis); G2 (Vermis)

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01; Voraussetzungen nicht erfüllt (U-Test)

21 Emotionsempfinden

$H_{0.21.1}$ Aktivierung beim Betrachten von positiv/stark-aktivierenden Bildern: Bezüglich der Aktivierung beim Betrachten von positiv/stark-aktivierenden Bildern erreichte die Gruppe „nicht Vermis“ einen mittleren Rohwert von 6.27 (Sd.: 1.51), während die Gruppe „Vermis“ einen mittleren Rohwert von 5.98 (Sd.: 0.91) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = 0.507; df = 15; p = 0.619) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.21.1}$ beibehalten.

$H_{0.21.2}$ Aktivierung beim Betrachten von negativ/stark-aktivierenden Bildern: Bezüglich der Aktivierung beim Betrachten von negativ/stark-aktivierenden Bildern erreichte die Gruppe „nicht Vermis“ einen mittleren Rohwert von 7.79 (Sd.: 1.02), während die Gruppe „Vermis“ einen mittleren Rohwert von 7.64 (Sd.: 1.00) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch

signifikanten Unterschied (t = 0.308; df = 15; p = 0.762) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.21.2}$ beibehalten.

$H_{0.21.3}$ Aktivierung beim Betrachten von neutralen Bildern: Bezüglich der Aktivierung beim Betrachten von neutralen Bildern erreichte die Gruppe „nicht Vermis“ einen mittleren Rohwert von 2.80 (Sd.: 1.53), während die Gruppe „Vermis“ einen mittleren Rohwert von 3.29 (Sd.: 1.08) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.773; df = 15; p = 0.452) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.21.3}$ beibehalten.

Tabelle 30: Emotionsempfinden (Fragestellung 4)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Positiv/stark-aktivierend	IAPS	G1:6.27 (1.51)	0.507	15	0.619
		G2:5.98 (0.91)			
Negativ/stark-aktivierend	IAPS	G1:7.79 (1.02)	0.308	15	0.762
		G2:7.64 (1.00)			
Neutral	IAPS	G1:2.80 (1.53)	-0.773	15	0.452
		G2:3.29 (1.08)			

Bemerkung: G1 (nicht Vermis); G2 (Vermis)

*p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01;

22 Psychische Belastung

In diesem Falle ist zu berücksichtigen, dass höhere T-Werte für eine stärkere Ausprägung der psychischen Belastung stehen.

$H_{0.22.1}$ Aktuelle psychische Belastung: Bezüglich der Ausprägung der aktuellen psychischen Belastung erreichte die Gruppe „nicht Vermis“ einen mittleren T-Wert von 47.33 (Sd.: 11.15), während die Gruppe „Vermis“ einen mittleren T-Wert von 49.27 (Sd.: 10.15) erreichte. Die statistische Datenanalyse mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (t = -0.364; df = 15; p = 0.721) zwischen den beiden Gruppen. Demnach wird die $H_{0.22.1}$ beibehalten.

Tabelle 31: Psychische Belastung (Fragestellung 4)

Funktion	Verfahren	Mw. (Sd)	t	df	Signifikanz (2-seitig)
Psychische Belastung	SCL (GSI)	G1: 47.33 (11.15) G2:49.27 (10.15)	-0.364	15	0.721

Bemerkung: G1 (nicht Vermis); G2 (Vermis); **p≤ 0.05; ** p ≤ 0.01*

11.2.3 Berechnung der Fragestellungen 5 (CCAS) und 6 (subjektive vs. objektive Beeinträchtigung)

11.2.3.1 Deskriptive Datenanalyse

Da bisher nur untersucht wurde, ob die Leistungen der Patienten sich innerhalb der Gruppen bzw. von einem Populationsmittelwert signifikant unterscheiden, ist nun auch von Interesse, wie viele Patienten tatsächlich eine relevante Störung im Sinne der Definition eines unterdurchschnittlichen Ergebnisses (T-Wert < 40) entwickeln. Die Kriterien für die Definition als Störung je Variable wurden bereits in Abschnitt 10.3.2.5 erörtert. Da die obige Frage statistisch nicht in befriedigendem Maße überprüft werden kann, sollen die Häufigkeiten der Störungen für jede Funktion deskriptiv in Tabelle 32 dargestellt werden. Zu bedenken ist hierbei, dass bei der Kategorisierung in eine Störung der Messfehler der Verfahren nicht berücksichtigt wurde, wodurch die Auftrittshäufigkeit einer Störung überschätzt wird.

Patienten, welche an einem cerebellären pilozytischen Astrozytom operiert wurden, entwickelten am häufigsten Störungen der semantischen Wortflüssigkeit (RWT: 29.4%; ACL: 47.1%), der formal-lexikalischen Wortflüssigkeit (RWT: 52.9%; ACL: 58.8%), der selektiven Aufmerksamkeit (29.4%), des verbalen KZG (35.3%), des Arbeitsgedächtnisses (29.4%) und der Depressivität (29.4%).

Zusätzlich finden sich in Tabelle 32 auch die Häufigkeiten der „Gesamtstörung“ je neuropsychologischem Funktionsbereich. Die Kriterien für die Definition einer „Gesamtstörung“ wurden ebenfalls bereits in Abschnitt 10.3.2.6 erörtert. Hier entwickelten die Patienten am häufigsten Störungen der Exekutivfunktionen (52.9%), der Aufmerksamkeit (29.4%), des Gedächtnisses (64.7%) und der Sprache (17.6%).

Tabelle 32: Deskriptive Darstellung der kognitiven, emotionalen und psychischen Störungen

N=17	N: Keine Störung (0)	N: Störung (1)
Nonverbale Intelligenz	16 (94.1%)	1 (5.9%)
Semantische Wortflüssigkeit	12 (70.6%)	5 (29.4%)
Formal-lexikalische Wortflüssigkeit	8 (47.1%)	9 (52.9%)
Figurale Wortflüssigkeit	17 (100%)	0 (0%)
Kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit	17 (100%)	0 (0%)
Geteilte Aufmerksamkeit	16 (94.1%)	1 (5.9%)
Selektive Aufmerksamkeit	12 (70.6%)	5 (29.4%)
Verbales KZG	11 (64.7%)	6 (35.3%)
Bildhaftes KZG	14 (82.4%)	3 (17.6%)
Arbeitsgedächtnis	12 (70.6%)	5 (29.4%)
Lernleistung	16 (94.1%)	1 (5.9%)
Gedächtnisleistung	17 (100%)	0 (0%)
Wiedererkennensleistung	15 (88.2%)	2 (11.8%)
Visuell-räumliche Funktion	17 (100%)	0 (0%)
Aphasie-Gesamtwert	14 (82.4%)	3 (17.6%)
Auditives Verständnis - abstraktes Material	16 (94.1%)	1 (5.9%)
Lexikalische Wortgenerierung	7 (41.2%)	10 (58.8%)
Semantische Wortgenerierung	9 (52.9%)	8 (47.1%)
Benennen	16 (94.1%)	1 (5.9%)
Lesen	17 (100%)	0 (0%)
Lesesinn	15 (88.2%)	2 (11.8%)
Auditives Sprachverständnis	17 (100%)	0 (0%)
Diktat	15 (88.2%)	2 (11.8%)
Nachsprechen	17 (100%)	0 (0%)
Erkennen von Emotionen gesamt	16 (94.1%)	1 (5.9%)
Erkennen von Freude	17 (100%)	0 (0%)
Erkennen von Angst	17 (100%)	0 (0%)
Erkennen von Wut	16 (94.1%)	1 (5.9%)
Erkennen von Trauer	16 (94.1%)	1 (5.9%)
Erkennen von Ekel	16 (94.1%)	1 (5.9%)
Erkennen von neutralen Gesichtern	17 (100%)	0 (0%)
Empfinden positiver Emotionen	16 (94.1%)	1 (5.9%)
Empfinden negativer Emotionen	17 (100%)	0 (0%)
Empfinden bei neutralen Bildern	17 (100%)	0 (0%)
Depressivität	12 (70.6%)	5 (29.4%)
Aggressivität	15 (88.2%)	2 (11.8%)
Aktuelle psychische Belastung	14 (82.4%)	3 (17.6%)
GESAMTSTÖRUNG		
GESAMTSTÖRUNG Exekutivfunktion	8 (47.1%)	9 (52.9%)
GESAMTSTÖRUNG Aufmerksamkeit	12 (70.6%)	5 (29.4%)
GESAMTSTÖRUNG Gedächtnis	6 (35.3%)	11 (64.7%)
GESAMTSTÖRUNG visuell-räumlich	17 (100%)	0 (0%)
GESAMTSTÖRUNG Sprache	14 (82.4%)	3 (17.6%)
GESAMTSTÖRUNG Emotionserkennen	16 (94.1%)	1 (5.9%)
GESAMTSTÖRUNG Emotionsempfinden	16 (94.1%)	1 (5.9%)

11.2.3.2 Methodisches Vorgehen: CCAS

Die Kriterien für die Definition des CCAS (gemeinsames Auftreten einer Störung der Exekutivfunktionen, der Sprachfunktionen, der visuell-räumlichen Funktion und der Affektregulation) wurden bereits im Abschnitt 10.3.2.5 erörtert. Aufgrund der Dichotomisierung der Daten in „CCAS (1)“ und „nicht CCAS (0)“ liegt Nominalskalenniveau der Daten vor. Hergeleitet aus den Daten von Schmahman & Sherman (1998) besteht für jeden Patienten mit cerebellärer Pathologie eine Wahrscheinlichkeit von 60%, das CCAS zu entwickeln. Daher soll mittels Binomialtest untersucht werden, ob die empirische Verteilung des CCAS der theoretisch erwarteten Verteilung von $p = 0.6$ entspricht.

In die Analyse gehen sämtliche Patienten ein ($N = 17$). Als Signifikanzniveau wurde, wie schon erwähnt, eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0.05$ gewählt.

11.2.3.3 Statistische Signifikanzprüfung: CCAS

$H_{0.23.1}$ CCAS: Die Auswertung dieser Fragestellung erwies sich als hinfällig, da keiner der Patienten alle vier Störungen entwickelte und somit das CCAS in seiner Definition nicht realisiert werden konnte. In Tabelle 33 findet sich eine deskriptive Beschreibung der Störungsbereiche aller Patienten. Nur zwei der Patienten entwickelten drei der Störungen, eine Patientin entwickelte zwei Störungen, neun entwickelten nur eine der für das CCAS notwendigen Störungen und bei fünf Patienten konnte keine dieser Störungen gefunden werden. Am häufigsten entwickelten die Patienten Störungen der Exekutivfunktionen (9) und Affektregulationsstörungen (5).

Zusätzlich wurden im Anschluss Kontingenzanalysen berechnet, welche jedoch keine signifikanten Ergebnisse bezüglich der Abhängigkeit zwischen diesen drei Störungen ergaben (siehe Tab. 34). Der Zusammenhang zwischen Störungen der verbalen und exekutiven Funktionen ($\varphi=0.436$) bzw. zwischen Sprachstörungen und Affektregulationsstörungen ($\varphi=0.378$) kann jedoch als relevant angenommen werden.

Tabelle 33: Deskriptive Beschreibung des CCAS (Fragestellung 5)

Patienten	Exekutive Fkt.	Verbale Fkt.	Visuell-räumliche Fkt.	Affektregulations-Störung	CCAS	**Summe der Störungen**
01	0	0	0	0	0	**0**
02	0	0	0	1	0	**1**
03	1	1	0	1	0	**3**
04	1	1	0	0	0	**2**
05	1	0	0	0	0	**1**
06	1	0	0	0	0	**1**
07	1	0	0	0	0	**1**
08	0	0	0	1	0	**1**
09	1	1	0	1	0	**3**
10	0	0	0	1	0	**1**
11	1	0	0	0	0	**1**
12	0	0	0	0	0	**0**
13	0	0	0	0	0	**0**
14	0	0	0	0	0	**0**
15	1	0	0	0	0	**1**
16	1	0	0	0	0	**1**
17	0	0	0	0	0	**0**
Summe der Störungen	**9**	**3**	**0**	**5**	**0**	

Tabelle 34: Korrelationskoeffizienten der Störungen des CCAS

	Exekutivfkt.	**Verbale Fkt.**	**Affektive Störung**
Exekutivfkt.	φ=1	φ=0.436	φ= -0.167
Verbale Fkt.		φ=1	φ= 0.378
Affektive Störung			φ=1

*signifikant bei $\alpha \leq 0.05$

11.2.3.4 Methodisches Vorgehen: subjektive vs. objektive Beeinträchtigung

Abschließend soll die Übereinstimmung zwischen objektiv erfassten und subjektiv empfundenen neuropsychologischen Störungen überprüft werden. Die Ergebnisse der statistischen Analyse sind wiederum jeweils in den nachfolgenden Tabellen (35-40) zusammengefasst.

Zur Beantwortung dieser Fragestellung werden die mittels standardisiertem Fragebogen erfassten subjektiven Beeinträchtigungen in den neuropsychologischen Funktionsbereichen (Exekutivfunktionen, Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Sprache, visuell-räumliche Funktionen, Emotionserkennen und Emotionsempfinden) zu den objektiven Ergebnissen in eben diesen Funktionsbereichen in Bezug gesetzt. Die Kriterien für die Definition als subjektive Störung und die Kriterien für die Definition einer „Gesamtstörung“ wurden bereits in Abschnitt 10.3.2.5/6 erörtert. Aus der Dichotomisierung in „Störung (1)“ und „nicht Störung (0)“ resultieren zwei nominalskalierte Variablen, deren wechselseitige Abhängigkeit mittels Kontingenzanalyse auf Signifikanz geprüft werden soll. Zur Darstellung der Stärke des Zusammenhanges wird der Phi-Koeffizient und zur Überprüfung der Abhängigkeit auf Signifikanz aufgrund der geringen Stichprobengröße der Exakte Test nach Fischer verwendet.
In die Analyse wurden sämtliche Patienten (N = 17) miteinbezogen. Als Signifikanzniveau wurde, wie schon erwähnt, eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0.05$ gewählt.

11.2.3.5 Statistische Signifikanzprüfung: subjektive vs. objektive Beeinträchtigung

$H_{0.24.1}$ Störung der Exekutivfunktionen: Insgesamt wiesen neun Patienten objektiv eine Störung in den Exekutivfunktionen auf, drei Patienten äußerten eine subjektive Störung. In der Kreuztabelle (Tab. 35) ist die Übereinstimmung bzw. Diskrepanz der subjektiven und objektiven Ergebnisse dargestellt. Sieben Patienten wiesen objektiv keine Störung in exekutiven Funktionen auf und konnten dies selbst auch richtig einschätzen. Ein Patient empfand subjektiv eine Störung, obwohl objektiv keine Störung vorlag. Zwei konnten die objektiv vorhandene Störung selbst richtig einschätzen und sieben Patienten empfanden trotz objektiver Störung keine Beeinträchtigung im Alltag. Die Kontingenzanalyse ergab kein signifikantes Ergebnis ($p = 1.000$). Demnach wird die $H_{0.24.1}$ beibehalten. Auch der

Phi-Koeffizient (φ= 0.127) weist auf keinen relevanten Zusammenhang zwischen objektivem Befund und subjektivem Befinden hin.

Tabelle 35: Kreuztabelle Exekutivfunktionen (Fragestellung 6)

	Subjektive Einschätzung (keine Störung)	**Subjektive Einschätzung (Störung)**	**Σ**
Objektives Testergebnis (keine Störung)	7	1	8
Objektives Testergebnis (Störung)	7	2	9
Σ	14	3	17

$H_{0.24.2}$ Aufmerksamkeitsstörung: Insgesamt wiesen vier Patienten objektiv eine Aufmerksamkeitsstörung auf, fünf Patienten äußerten eine subjektive Störung. In der Kreuztabelle (Tab. 36) ist die Übereinstimmung bzw. Diskrepanz der subjektiven und objektiven Ergebnisse dargestellt. Neun Patienten wiesen objektiv keine Störung in Aufmerksamkeitsfunktionen auf und konnten dies selbst auch richtig einschätzen. Vier Patienten empfanden subjektiv eine Störung, obwohl objektiv keine Störung vorlag. Nur einer konnte die objektiv vorhandene Störung selbst richtig einschätzen und drei Patienten empfanden trotz objektiver Störung keine Beeinträchtigung im Alltag. Die Kontingenzanalyse ergab kein signifikantes Ergebnis (p = 1.000). Demnach wird die $H_{0.24.2}$ beibehalten. Auch der Phi-Koeffizient (φ= -0.054) weist auf keinen relevanten Zusammenhang zwischen objektivem Befund und subjektivem Befinden hin.

Tabelle 36: Kreuztabelle Aufmerksamkeit (Fragestellung 6)

	Subjektive Einschätzung (keine Störung)	**Subjektive Einschätzung (Störung)**	**Σ**
Objektives Testergebnis (keine Störung)	9	4	13
Objektives Testergebnis (Störung)	3	1	4
Σ	12	5	17

$H_{0.24.3}$ Gedächtnisstörung: Insgesamt wiesen elf Patienten objektiv eine Gedächtnisstörung auf, vier Patienten äußerten eine subjektive Störung. In der Kreuztabelle (Tab. 37) ist die Übereinstimmung bzw. Diskrepanz der subjektiven und objektiven Ergebnisse dargestellt. Drei Patienten wiesen objektiv keine Störung in Gedächtnisfunktionen auf und konnten dies selbst auch richtig einschätzen. Drei Patienten empfanden subjektiv eine Störung, obwohl objektiv keine Störung vorlag. Nur einer konnte die objektiv vorhandene Störung selbst richtig einschätzen und zehn Patienten empfanden trotz objektiver Störung keine Beeinträchtigung im Alltag. Die

Kontingenzanalyse ergab kein signifikantes Ergebnis (p = 0.099). Demnach wird die $H_{0.24.3}$ beibehalten. Der Phi-Koeffizient (φ= -0.461) weist jedoch auf einen relevanten negativen Zusammenhang zwischen objektivem Befund und subjektivem Befinden hin.

Tabelle 37: Kreuztabelle Gedächtnis (Fragestellung 6)

	Subjektive Einschätzung (keine Störung)	**Subjektive Einschätzung (Störung)**	**Σ**
Objektives Testergebnis (keine Störung)	3	3	6
Objektives Testergebnis (Störung)	10	1	11
Σ	13	4	17

$H_{0.24.4}$ Sprachstörung: Insgesamt wiesen drei Patienten objektiv eine Störung in der Sprachfunktion auf, eine Patientin äußerte eine subjektive Störung. In der Kreuztabelle (Tab. 38) ist die Übereinstimmung bzw. Diskrepanz der subjektiven und objektiven Ergebnisse dargestellt. Vierzehn Patienten wiesen objektiv keine Störung in Sprachfunktionen auf und konnten dies selbst auch richtig einschätzen. Kein Patient empfand bei Fehlen einer objektiven Störung eine subjektive Beeinträchtigung. Nur ein Patient konnte die objektiv vorhandene Störung selbst richtig einschätzen und zwei Patienten empfanden trotz objektiver Störung keine Beeinträchtigung im Alltag. Die Kontingenzanalyse ergab kein signifikantes Ergebnis (p = 0.176). Demnach wird die $H_{0.24.4}$ beibehalten. Der Phi-Koeffizient (φ= 0.540) weist jedoch auf einen relevanten positiven Zusammenhang zwischen objektivem Befund und subjektivem Befinden hin.

Tabelle 38: Kreuztabelle Sprachfunktion (Fragestellung 6)

	Subjektive Einschätzung (keine Störung)	**Subjektive Einschätzung (Störung)**	**Σ**
Objektives Testergebnis (keine Störung)	14	0	14
Objektives Testergebnis (Störung)	2	1	3
Σ	16	1	17

$H_{0.24.5}$ Störung der visuell-räumlichen Funktion: Eine Analyse der Daten mittels Kontingenzanalyse ist aufgrund der fehlenden Kategorie einer objektiven Störung nicht möglich. Elf Patienten wiesen objektiv keine Störung in visuell-räumlichen Funktionen auf und konnten dies selbst auch richtig einschätzen, hingegen empfanden sechs Patienten subjektiv eine Störung, obwohl objektiv keine Störung vorlag.

$H_{0.24.6}$ Störung, Emotionen in Gesichtsausdrücken zu erkennen: Insgesamt wies ein Patient objektiv eine Störung im Erkennen von Emotionen in Gesichtern auf, fünf Patienten äußerten eine subjektive Störung. In der Kreuztabelle (Tab. 39) ist die Übereinstimmung bzw. Diskrepanz der subjektiven und objektiven Ergebnisse dargestellt. Zwölf Patienten wiesen objektiv keine Störung im Erkennen von Emotionen in Gesichtsausdrücken auf und konnten dies selbst auch richtig einschätzen. Vier der Patienten empfanden subjektiv eine Störung, obwohl objektiv keine Störung vorlag. Nur ein Patient konnte die objektiv vorhandene Störung selbst richtig einschätzen und keiner der Patienten negierte eine Beeinträchtigung im Alltag, obwohl eine objektive Störung vorlag. Die Kontingenzanalyse ergab kein signifikantes Ergebnis ($p = 0.294$). Demnach wird die $H_{0.24.6}$ beibehalten. Der Phi-Koeffizient ($\varphi = 0.387$) weist jedoch auf einen relevanten positiven Zusammenhang zwischen objektivem Befund und subjektivem Befinden hin.

Tabelle 39: Kreuztabelle Emotionserkennen (Fragestellung 6)

	Subjektive Einschätzung (keine Störung)	**Subjektive Einschätzung (Störung)**	**Σ**
Objektives Testergebnis (keine Störung)	12	4	16
Objektives Testergebnis (Störung)	0	1	1
Σ	12	5	17

$H_{0.24.7}$ Störung, Emotionen zu empfinden: Insgesamt wies eine Patientin objektiv eine Störung im Emotionsempfinden auf, fünf Patienten äußerten eine subjektive Störung. In der Kreuztabelle (Tab. 40) ist die Übereinstimmung bzw. Diskrepanz der subjektiven und objektiven Ergebnisse dargestellt. Elf Patienten wiesen objektiv keine Störung im Empfinden von Emotionen auf und konnten dies selbst auch richtig einschätzen. Fünf der Patienten empfanden subjektiv eine Störung, obwohl objektiv keine Störung vorlag. Keiner konnte die objektiv vorhandene Störung selbst richtig einschätzen und eine Person empfand trotz objektiver Störung keine Beeinträchtigung im Alltag. Die Kontingenzanalyse ergab kein signifikantes Ergebnis ($p = 1.000$). Demnach wird die $H_{0.24.7}$ beibehalten. Auch der Phi-Koeffizient ($\varphi = -0.161$) weist auf keinen relevanten Zusammenhang zwischen objektivem Befund und subjektivem Befinden hin.

Tabelle 40: Kreuztabelle Emotionsempfinden (Fragestellung 6)

	Subjektive Einschätzung (keine Störung)	**Subjektive Einschätzung (Störung)**	**Σ**
Objektives Testergebnis (keine Störung)	11	5	16
Objektives Testergebnis (Störung)	1	0	1
Σ	12	5	17

11.3 Zusammenfassung der statistischen Hypothesenprüfung

Fragestellung 1: Mittels statistischer Hypothesenprüfung konnten folgende Hypothesen bestätigt werden (siehe Tab. 41):

Tabelle 41: Zusammenfassung der Ergebnisse - Fragestellung 1

Funktion	Hypothesennummer	Signifikanz
Nonverbale Intelligenz	$H_{1.1.1}$	↑
Semantische Wortflüssigkeit	$H_{1.2.1}$	↓
Formal-lexikalische Wortflüssigkeit	$H_{1.2.2}$	↓
Kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit	$H_{1.3.1}$	↑
Geteilte Aufmerksamkeit	$H_{1.3.2}$	↑
Visuell-räumliche Funktion	$H_{1.5.1}$	↑
Aphasie-Gesamtwert	$H_{1.6.1}$	↓
Semantische Wortgenerierung	$H_{1.6.4}$	↓
Diktat	$H_{1.6.9}$	↓
Vert-K Gesamtwert	$H_{1.7.1}$	↑
Freude	$H_{1.7.2}$	↑
Wut	$H_{1.7.4}$	↑
Trauer	$H_{1.7.5}$	↑
Neutral	$H_{1.7.7}$	↑
Positiv/stark-aktivierend	$H_{1.8.1}$	↓
Negativ/stark-aktivierend	$H_{1.8.2}$	↑
Neutral	$H_{1.8.3}$	↓

(↑ = bessere Leistung als die Normpopulation; ↓ = schlechtere Leistung als die Normpopulation)

Für die verbleibenden Hypothesen musste die H_0 beibehalten werden.

Fragestellung 2: Mittels statistischer Signifikanzprüfung konnten folgende Hypothesen bestätigt werden (siehe Tab. 42):

Tabelle 42: Zusammenfassung der Ergebnisse - Fragestellung 2

Funktion	Hypothesennummer	Signifikanz
Lernleistung	$H_{1.13.4}$	„bis 10. Lj." < „ab 11. Lj."
Wiedererkennensleistung	$H_{1.13.6}$	„bis 10. Lj." < „ab 11. Lj."
Aktuelle psychische Belastung	$H_{1.18.1}$	„bis 10. Lj." > „ab 11. Lj."

Für die verbleibenden Hypothesen musste die H_0 beibehalten werden.

Fragestellungen 3, 4 und 6: Für diese Fragestellungen ergab die statistische Hypothesenprüfung keine signifikanten Ergebnisse, weshalb die H_0 für sämtliche Hypothesen dieser Fragestellungen beibehalten werden musste.

Fragestellung 5: Die Hypothesenprüfung im Rahmen dieser Fragestellung war aufgrund der fehlenden Realisierung des CCAS nicht möglich.

12 Diskussion und Interpretation

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der vorliegenden Studie diskutiert und zu bisherigen Studien in Beziehung gesetzt. Gleich vorweg sei angemerkt, dass keine vergleichbaren Studien, welche Langzeitfolgen nach Operationen an cerebellären pilozytischen Astrozytomen an Erwachsenen untersuchen, vorliegen, weshalb die Ergebnisse mit Studien über Kurz- bis Langzeitfolgen bei Kindern und Jugendlichen verglichen werden. Die einzigen Studien, welche hinsichtlich der Homogenität der Stichprobe und des Ausschlusses von Strahlen- bzw. Chemotherapie tatsächlich als vergleichbar angesehen werden können, sind die Studie von Aarsen et al. (2004) und von Richter et al. (2005b). Die Einschränkungen der Vergleichbarkeit der anderen Studien werden jeweils angeführt.

12.1 Ergebnisse der Studie

In der vorliegenden Studie zeigten Patienten, welchen ein cerebelläres pilozytisches Astrozytom exstirpiert wurde, im *Vergleich zur Normpopulation* signifikant schlechtere Leistungen bezüglich der semantischen Wortflüssigkeit (RWT), der formal-lexikalischen Wortflüssigkeit, des Aphasie-Gesamtwertes, der semantischen Wortgenerierung (ACL), des Schreibens nach Diktat und im Empfinden von positiven bzw. neutralen Emotionen. Signifikant bessere Ergebnisse erreichten die Patienten hinsichtlich der nonverbalen Intelligenz, der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit, der geteilten Aufmerksamkeit, der visuell-räumlichen Funktion, des Erkennens von freudigen, wütenden, traurigen und neutralen Gesichtern bzw. im generellen Emotionserkennen und im Empfinden von negativen Emotionen. Keine Unterschiede ergaben sich bezüglich der figuralen Flüssigkeit, der selektiven Aufmerksamkeit, des verbalen und bildhaften KZG, des Arbeitsgedächtnisses und der Lern-, Gedächtnis- und Wiedererkennensleistung. Ebenfalls keine signifikanten Ergebnisse ergaben sich im sprachlichen Bereich hinsichtlich des auditiven Verständnisses für abstraktes Material, der lexikalischen Wortgenerierung (ACL-B), des Benennens, des Lesens und Lesesinnverständnisses, des auditiven Sprachverständnisses und des Nachsprechens. Was die emotionalen Funktionen anbelangt, zeigten die Patienten keine Unterschiede zur Normpopulation im Erkennen von Ekel und Angst bzw. in der Ausprägung der aktuellen psychischen Belastung.

Was das *Alter zum Zeitpunkt der Operation* anbelangt, zeigten die Patienten, welche vor dem 10. Lebensjahr operiert wurden, signifikant schlechtere Leistungen in der Lern- und

Wiedererkennensleistung als Patienten, die ab dem 11. Lebensjahr operiert wurden. Psychische Belastungen traten bei den jüngeren Patienten ebenfalls in signifikant stärkerer Ausprägung auf.

Unterschiede hinsichtlich visuell-räumlicher Funktionen zwischen Patienten, welche einen *präoperativen Hydrocephalus* entwickelten und solchen, denen kein Liquorstau diagnostiziert wurde, konnten nicht bestätigt werden.

Aufgrund fehlender Beeinträchtigungen in visuell-räumlichen Funktionen konnte auch das *CCAS* nicht bestätigt werden.

Hinsichtlich emotionaler Funktionen ergaben sich ebenfalls keine Unterschiede zwischen Patienten, welche eine *Läsion des Vermis* aufweisen und solchen, denen lediglich Teile der cerebellären Hemisphären exstirpiert wurden.

Was die *Übereinstimmung zwischen Befund und Befinden* anbelangt, ergaben sich keine signifikanten Ergebnisse, jedoch etwaige relevante Zusammenhänge zwischen spezifischen Funktionen.

12.1.1 Kognitive Funktionen

Allgemeines Intelligenzniveau: Was die *nonverbale Intelligenz* anbelangt, zeigten die Patienten signifikant bessere Leistungen als die Normpopulation. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit dem Ergebnis von Aarsen et al. (2004), welche zwar keine besseren Ergebnisse, aber zumindest keine Hinweise auf eine Störung im schlussfolgernden Denken (erfasst mittels Raven CPM) nachweisen konnten. Bezüglich des Alters zum Zeitpunkt der Operation konnte ebenfalls kein vulnerables Alter festgestellt werden. Geht man davon aus, dass Matrizenaufgaben auch eine visuell-räumliche Komponente erfassen, welche mit parietalen Strukturen in Verbindung gebracht werden kann (Fabbro, 2000), bestünde eine mögliche Erklärung für die besseren Leistungen der Patienten einerseits im Erhalt der für das schlussfolgernde Denken verantwortlichen Strukturen bzw. in einer Kompensation durch alternative Strukturen im Laufe der Entwicklung.

Exekutivfunktionen: Bezüglich der *semantischen und formal-lexikalischen Wortflüssigkeit* zeigten die untersuchten Patienten signifikant schlechtere Leistungen als die Normpopulation. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit dem Ergebnis von Aarsen et al. (2004), welcher bei Kindern und Jugendlichen ebenfalls Störungen in den Exekutivfunktionen (erfasst mittels verbal Fluency und Wiconsin Card Sorting Test)

feststellte. Als Ursache für diese Funktionsstörung werden die bidirektionalen Verbindungen des Cerebellums mit frontalen Regionen (Connor et al., 2006; Kalashnikova et al., 2005; Karatekin et al., 2000; Schmahmann, 1996) vermutet.

Was das Alter zum Zeitpunkt der Operation anbelangt, besteht kein Hinweis auf einen vulnerablen Altersbereich vor bzw. nach dem 10. Lebensjahr. Dies könnte mit der späten, sich aber während der Kindheit stetig verbessernden, ontogenetischen Entwicklung des Präfrontalkortex in Zusammenhang stehen (Konrad, 2007).

Das Fehlen signifikanter Unterschiede in der *figuralen Flüssigkeit* sowohl im Vergleich zur Normpopulation als auch im Vergleich der Altersgruppen zum Zeitpunkt der Operation entspricht dem Ergebnis von Steinlin et al. (2003), die bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen mit heterogenen Tumoren der hinteren Schädelgrube zwar Störungen der Wortflüssigkeit, nicht jedoch der figuralen Flüssigkeit postulieren. Dieses Ergebnis könnte eventuell mit der Rolle des Cerebellums in der Sprachproduktion (siehe Abschnitt 5.2.2) in Verbindung stehen. Ergebnisse, die für eine Beeinträchtigung in der figuralen Flüssigkeit sprechen (Riva & Giorgi, 2000), könnten auch auf den, in dieser Studie bestätigten, relevanten (aber nicht signifikanten) Zusammenhang mit feinmotorischen Störungen zurückgeführt werden.

Zu berücksichtigen ist bei der Interpretation der figuralen Flüssigkeit auch das Fehlen der Normen für 18-25- bzw. 18-31jährige Personen. Eventuell hätten jüngere Personen schlechtere Leistungen erzielt, hätte man altersadäquate Normen herangezogen. Des Weiteren ist der signifikante Altersunterschied zum Zeitpunkt der Testung zu berücksichtigen, wonach angenommen werden kann, dass Unterschiede in diesen Gruppen nicht aufgedeckt werden können, da das Verfahren die Leistungen der jüngeren Patienten nicht ausreichend differenziert.

Aufmerksamkeit: Signifikant bessere Leistungen als die Normpopulation erzielten die Patienten in der *kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit* und der *geteilten Aufmerksamkeit*. Hinsichtlich der *selektiven Aufmerksamkeit* konnten keine Defizite im Vergleich zur Normpopulation gefunden werden. Im Gegensatz zu den Resultaten der vorliegenden Studie postulieren Aarsen et al. (2004) Störungen der selektiven Aufmerksamkeit (erfasst mittels Cancellation Test) im Kindes- und Jugendalter nach Operationen an cerebellären pilozytischen Astrozytomen. Übereinstimmung ergibt sich hingegen bezüglich der fehlenden Beeinträchtigung der geteilten Aufmerksamkeit (erfasst mittels TMT). Steinlin et al. (2003) fanden, konträr zum vorliegenden Ergebnis, eine

Beeinträchtigung der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit (erfasst mittels ZVT) bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen, welche jedoch an verschiedenartigen Tumoren der hinteren Schädelgrube operiert wurden. Auch Fabbro (2000) und Kalashnikova et al. (2005) nennen den Zusammenhang des Cerebellums mit kognitiver Verarbeitungsgeschwindigkeit und Aufmerksamkeitsprozessen.
Ursache für die diskrepanten Testergebnisse könnten auch Störungen der Feinmotorik sein, welche die Geschwindigkeit der Aufgabenbewältigung beeinflussen. Die korrelativen Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung mit feinmotorischen Faktoren sprechen für einen Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeitsverfahren und feinmotorischen Störungen.
Eine weitere mögliche Erklärung für den Erhalt der Aufmerksamkeitsfunktionen bestünde einerseits im Erhalt der für Aufmerksamkeit zuständigen Verbindungen des Cerebellums mit parietalen Strukturen (Fabbro, 2000; Schmahmann & Pandya, 1997; Schmahmann & Sherman, 1998) bzw. in der Plastizität des Gehirns im Laufe der ontogenetischen Entwicklung
Was das Alter zum Zeitpunkt der Operation betrifft, konnte kein vulnerables Alter bestätigt werden, was ebenfalls für den Erhalt dieser Strukturen oder für eine Verlagerung der Funktion sprechen könnte.

Gedächtnis: Bezüglich mnestischer Funktionen konnten in der vorliegenden Studie keine signifikanten Unterschiede zur Normpopulation aufgedeckt werden. Die Ergebnisses bezüglich der *Gedächtnis-, Lern- und Wiedererkennensleistung* stehen im Einklang mit den Ergebnissen von Aarsen et al. (2004), welcher ebenfalls (mittels Rey Auditory Verbal Learning Test) keine Beeinträchtigungen fand. Auch Steinlin et al. (2003) konnten mittels des VLMT bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen, welche jedoch an verschiedenartigen Tumoren der hinteren Schädelgrube operiert wurden, keine Defizite feststellen. Störungen der *visuellen Gedächtnisspanne* weichen bei ihnen, im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen, jedoch signifikant von der Normpopulation ab. Konczak et al. (2005) konnten bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen mit unterschiedlichen Tumoren der hinteren Schädelgrube ebenfalls keine Störungen der *auditiven Gedächtnisspanne* und des *Arbeitsgedächtnisses* nachweisen, eine Störung der visuellen Gedächtnisspanne konnte jedoch mit einer Strahlen- oder Chemotherapie in Verbindung gebracht werden, was wiederum das Ausbleiben von Defiziten in dieser Studie erklären würde.

Trotz fehlender signifikanter Unterschiede im Vergleich zur Normpopulation weisen 64.7% der Patienten eine Störung in zumindest einer spezifischen Gedächtnisfunktion auf, weshalb dieses Ergebnis Berücksichtigung finden sollte.

Die signifikant schlechteren Leistungen in der Lern- und Wiedererkennensleistung der Patienten, welche vor dem 10. Lebensjahr operiert wurden, können aufgrund altersspezifischer Normen nicht auf den signifikanten Altersunterschied der Gruppen zum Zeitpunkt der Testung zurückgeführt werden. Eine mögliche Erklärung bestünde in einer Unterbrechung der Entwicklung des expliziten Gedächtnisses bei Jüngeren, welches sich bis zur mittleren Adoleszenz durch einen Zuwachs an Gedächtnisstrategien, dem Metagedächtnis und dem kognitiven Verarbeitungstempo stetig verbessert (Konrad, 2007). Bezüglich des verbalen und bildhaften KZG und bezüglich des Arbeitsgedächtnisses ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen zum Zeitpunkt der Operation. Dieses Ergebnis könnte einerseits für den Erhalt der präfrontal-parietalen (Arbeitsgedächtnis, Gedächtnisspanne) bzw. temporalen Verbindung (Lernen) (Konrad, 2007), andererseits aber auch für eine rasche Regeneration bei Kindern im Laufe der Ontogenese (Gleissner, 2007) sprechen.

Visuell-räumliche Funktion: Im Gegensatz zu in der Literatur postulierten Ergebnissen (Aarsen et al., 2004; Levisohn et al., 2000; Steinlin et al., 2003) wurden weder Defizite in der *visuell-räumlichen Funktionen* im Vergleich zur Normpopulation, noch signifikante Unterschiede bezüglich des Alters zum Zeitpunkt der Operation gefunden. Auch zwischen Patienten mit bzw. ohne präoperativem Hydrocephalus konnten die von Aarsen et al. (2004) postulierten Unterschiede in visuell- räumlichen Funktionen nicht bestätigt werden. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass die Operation von Patienten, welche einen Hydrocephalus entwickelten, signifikant länger zurück liegt, weshalb möglicherweise eine längere Regenerationsphase des Gehirns (Differenz der Mittelwerte: 5.08 Jahre) diesen Leistungsunterschied kompensiert haben könnte. Eine weitere mögliche Erklärung für die im Gegensatz zur Literatur stehenden Ergebnisse besteht in der Verwendung eines anderen Verfahrens als in bisherigen Studien (Rey-CFT, Linebisection), welches möglicherweise diese Fertigkeit nicht differenziert genug erfasst.

Die signifikant bessere Leistung der Patienten in der visuell-räumlichen Funktion im Vergleich zur Normpopulation könnte einerseits dadurch erklärt werden, dass die Verbindung des Cerebellums mit dem Parietallappen (Fabbro, 2000) durch die Operation erhalten geblieben ist. Evidenz hierfür besteht, da auch Aufmerksamkeitsprozesse mit

parietalen Strukturen in Verbindung gebracht werden und die Operation zu keinerlei Defiziten in attentionalen Funktionen führt. Eine weitere Erklärung für die signifikant besseren Leistungen bestünde auch in der Reorganisation visuell-räumlicher Funktionen nach Läsionen. Demnach sind sogar Verbesserungen der Leistungen erkennbar, welche jedoch auf anderen Bearbeitungsstrategien als den üblichen beruhen (Stiles, 2007) und somit die Kompensationsfähigkeit des Gehirns belegen.
Störungen der Feinmotorik stellen einen weiteren Erklärungsansatz dar, da in der vorliegenden Studie ein relevanter (aber nicht signifikanter) Zusammenhang zwischen Störungen der Feinmotorik und den Leistungen in visuell-räumlichen Fertigkeiten gefunden wurde.

Verbale Funktionen: Im Vergleich zur Normpopulation erzielten Patienten, welche an einem cerebellären pilozytischen Astrozytom operiert wurden, hinsichtlich verbaler Funktionen signifikant schlechtere Leistungen im *Aphasie-Gesamtwert*, in der *semantischen Wortgenerierung* und im *Schreiben nach Diktat*. Die Diskrepanz der signifikant schlechteren Leistungen in der semantischen und formal-lexikalischen Wortflüssigkeit des RWT und dem Fehlen eines signifikanten Defizites in der lexikalischen Wortgenerierung der ACL resultiert wahrscheinlich aus der differenzierteren Erfassung (2 Minuten) dieser Funktionen durch den RWT, weshalb zur Beschreibung der Exekutivfunktionen nur die Ergebnisse des RWT erwähnt werden.
Die obigen Ergebnisse stehen teilweise im Gegensatz zu den Daten von Richter et al. (2005b), der überhaupt keine Beeinträchtigungen bei Kindern und Jugendlichen im Aachener Aphasie Test, welcher ähnliche Items enthält, feststellen konnte. Als Ursache für die vorliegende Beeinträchtigungen in sprachlichen Funktionen kann die Unterbrechung der cortico-cerebello-cortikalen Verbindung mit frontalen Strukturen angenommen werden, da diese Areale für die Planung und Ausführung verbaler und sequentieller Prozesse zuständig sind (Fabbro, 2000; Friederici, 2006; Riva, 1998). Die fehlende Beeinträchtigung der übrigen Sprachverständnisaufgaben ließe sich möglicherweise durch den Erhalt der Verbindungen zu temporalen Strukturen, in welchen das semantische Lexikon lokalisiert ist, im Gegensatz zur Unterbrechung präfrontaler Areale, welche für die Produktion dieser semantischen Information zuständig sind (Friederici, 2006, Goldenberg, 2007), erklären. Eine weitere mögliche Erklärung für dieses Ergebnis könnte jedoch auch in der Umstrukturierung der Verarbeitungswege

(Verlagerung der Lateralisierung) im Laufe der ontogenetischen Entwicklung liegen (Penner et al., 2006).

Bezüglich der Altersgruppen zum Zeitpunkt der Operation fanden sich keine signifikanten Unterschiede, weshalb man darauf schließen kann, dass es für sprachliche Prozesse kein vulnerables Alter für die Operation gibt. Bei Kindern seien nach Richter et al. (2005b) die Sprachfunktionen im Cerebellum zwar schon ähnlich lokalisiert wie bei Erwachsenen, es besteht jedoch noch sehr lange die Möglichkeit, einzelne Teilleistungen im Gehirn umzustrukturieren, wenn Funktionen betroffen sind, die vor der Läsion noch nicht entwickelt waren (Siegmüller, 2007).

12.1.2 Emotionale Funktionen

Emotionale Funktionen wurden in dieser Studie zum ersten Mal an Patienten mit cerebellären pilozytischen Astrozytomen in differenziertem Ausmaß erfasst. Auch Studien an Patienten mit Tumoren der hinteren Schädelgrube erfassen Verhaltensauffälligkeiten lediglich durch Beobachtung und Befragung. Aus diesem Grund werden für einen Vergleich der vorliegenden Ergebnisse Studien herangezogen, die auch andere cerebelläre Störungen behandeln.

Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke: Bezüglich des Erkennens emotionaler Gesichtsausdrücke weisen Patienten, welche an einem cerebellären pilozytischen Astrozytom operiert wurden, im Vergleich zur Normpopulation signifikant bessere Leistungen im Erkennen von *Freude, Wut, Trauer und neutralen Gesichtsausdrücken* auf. Auch in der, in den Gesamtwert eingehenden, *generellen Fähigkeit, Emotionen zu erkennen*, erzielen die Patienten signifikant bessere Leistungen. Am besten wurde die Emotion Freude erkannt, was auch mit dem Ergebnis von Hoheisel und Kryspin-Exner (2005) übereinstimmt. Die erhaltene Fähigkeit, Basisemotionen zu erkennen- teilweise sogar überdurchschnittlich gut-, könnte durch die Verarbeitung dieser Emotionen im rechten Parietallappen (Adolphs et al., 1996; Drechsler, 2007) ermöglicht werden. Man geht zwar davon aus, dass die neuronalen Netzwerke für das Erkennen von Emotionen schon im Kindesalter existieren, die gezielte Nutzung jedoch erst mit zunehmender Reifung des Gehirns möglich ist (Drechsler, 2007), wodurch auch eine kompensatorische Umstrukturierung der Verarbeitung im Laufe der Entwicklung möglich wäre. Auch das

Fehlen einer vulnerablen Phase für die Entwicklung von Defiziten im Erkennen von Emotionen könnte durch diesen Kompensationsprozess erklärt werden.
Eine weitere mögliche Erklärung für die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestünde auch in der expliziten Verarbeitung (Benennen) der emotionalen Gesichtsausdrücke, bei welcher im Gegensatz zur impliziten Verarbeitung keine Unterschiede in der Aktivierung des Cerebellums zwischen Autisten und einer gesunden Kontrollgruppe auffindbar waren (Critcheley et al., 2000).
Das überdurchschnittliche Ergebnis im Erkennen von emotionalen Gesichtsausdrücken könnte auch aus einer mangelnden Differenzierung des Verfahrens im oberen Bereich resultieren.
Läsionen des Vermis konnten in dieser Studie nicht mit dem Erkennen von emotionalen Gesichtsausdrücken in Verbindung gebracht werden. Eine mögliche Erklärung dieses Ergebnisses besteht einerseits in der fehlenden Gleichverteilung der Gruppen (V6:nV11), andererseits besteht die Vermutung, dass die MRT-, CT- OP- und Ambulanzberichte die Läsionen und Operationen nicht ausreichend differenziert beschreiben und auch in die Gruppe „nicht Vermis“ leichte Läsionen des Vermis eingehen. Da auch ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen hinsichtlich des Zeitintervalls seit der Operation besteht (Differenz der Mittelwerte: 5.06 Jahre), könnte auch die längere Regenerationsphase der Patienten mit Läsionen des Vermis für ein Fehlen von Unterschieden verantwortlich sein.

Emotionsempfinden: Im *Empfinden von negativen Emotionen* weisen die Patienten eine signifikant höhere Aktivierung als die Normpopulation auf, während sie im *Empfinden positiver Emotionen* ihre Aktivierung signifikant geringer einschätzen. Die signifikant geringere *Aktivierung bei neutralen Bildern* ist nicht sonderlich überraschend, da schon bei der Auswahl angenommen wurde, dass neutrale Bilder auch geringere Aktivierungen auslösen können. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den Ergebnissen von Turner et al. (2007), die eine Übernahme des evolutionär wichtigen Empfindens von Furcht durch andere Strukturen als mögliche Erklärung für dieses Ergebnis postulieren. Eine mögliche Erklärung für das geringere Empfinden positiver Emotionen liegt in der Unterbrechung hypothalamo-cerebello-hypothalamischer Schleifen, welchen vegetative und emotionale Funktionen zugeschrieben werden (Fabbro, 2000; Zhu et al., 2006). Ein Fehlen somatischer Veränderungen führt demnach zu geringerem Emotionsempfinden (Damasio, 1998). Eine weitere denkbare Erklärung könnte die Unterbrechung der Verbindung des

Cerebellums zum Präfrontalkortex darstellen, da diese Struktur mit der Verarbeitung sozial relevanter Information bzw. mit der Rekonstruktion und Imagination von eigenen Gefühlen und denen anderer Personen vertraut ist (Adolphs, 2006; Turner et al., 2007).
Bezüglich des Altersunterschiedes zum Zeitpunkt der Operation kann von keiner vulnerablen Phase vor dem 10. Lebensjahr bezüglich der Fähigkeit, Emotionen zu empfinden, ausgegangen werden. Eine mögliche Erklärung besteht darin, dass die Fähigkeit, Emotionen zu empfinden und auch kategorisieren zu können, bereits ab dem 2. Lebensjahr entwickelt ist (Holodynski, 2006). Daher kann auch der signifikante Altersunterschied der Gruppen zum Zeitpunkt der Testung als irrelevant angesehen werden, da auch jüngere Patienten über dieselben Fähigkeiten verfügen müssten.
Des Weiteren konnte auch kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Lokalisation der Läsion im Vermis bzw. in den cerebellären Hemisphären gefunden werden. Als mögliche Erklärungsansätze wird auf die oben genannten Kritikpunkte verwiesen.

12.1.3 Psychische Belastungen

Was die aktuelle psychische Belastung der Patienten betrifft, unterscheidet sich diese nicht signifikant von der Normpopulation. Eine mögliche Erklärung für das Fehlen von Unterschieden könnte aber auch ein sozial erwünschtes Antwortverhalten darstellen, welches durch die hohe Augenscheinvalidität des Verfahrens sicherlich gefördert wird. Eine andere Erklärung besteht darin, dass Patienten, welche die Untersuchung verweigerten, vermehrt Verhaltensauffälligkeiten aufwiesen.
Hinsichtlich der aktuellen psychischen Belastung konnte hingegen ein Effekt des Alters zum Zeitpunkt der Operation nachgewiesen werden. Patienten, welche vor dem 10. Lebensjahr operiert wurden, weisen signifikant höhere psychische Belastungswerte auf, als Patienten, die ab dem 11. Lebensjahr operiert wurden. Dieses Ergebnis steht zwar einerseits im Gegensatz zur Studie von Levisohn et al. (2000), welcher eine positive Korrelation des Alters zum Zeitpunkt der Operation mit dem Schweregrad der Verhaltensauffälligkeiten postuliert. Andererseits liefert die Diskrepanz der Ergebnisse jedoch auch einen Hinweis auf die Notwendigkeit der Untersuchung homogener Patientengruppen, da in der Stichprobe von Levisohn et al. (2000) gerade die älteren Kinder an einem Medulloblastom operiert wurden.
Die von vielen Autoren (Aarsen et al., 2004; Beckwitt-Turkel et al., 2004; Levisohn et al., 2000; Riva & Giorgi, 2000; Steinlin et al., 2003) postulierte Rolle des Vermis bei

psychischen Auffälligkeiten konnte in dieser Studie nicht bestätigt werden. Wiederum sei darauf hingewiesen, dass sowohl die fehlende Gleichverteilung der Gruppen, fehlende medizinische Daten als auch der Gruppenunterschied des Zeitintervalls seit der Operation für dieses Resultat verantwortlich sein könnten.

12.1.4 Das cerebelläre kognitiv-affektive Syndrom (CCAS)

Das von Schmahmann und Sherman (1998) postulierte cerebelläre kognitiv-affektive Syndrom konnte in dieser Studie nicht bestätigt werden, da dieses Syndrom durch das gemeinsame Auftreten von exekutiven, sprachlichen, visuell-räumlichen und Affektregulationsstörungen definiert ist. Eine mögliche Ursache dieses Ergebnisses könnte in der Wahl des Verfahrens liegen, welches eine andere Dimension visuell-räumlicher Funktionen erfasst bzw. diese nicht ausreichend differenziert. Möglicherweise wird durch dieses Ergebnis aber auch nur die Kritik einer heterogenen Stichprobe in der Studie von Schmahmann und Sherman (1998) gestärkt, da Aarsen et al. (2004) das CCAS ebenfalls nicht bestätigen konnten.

12.1.5 Übereinstimmung subjektiver und objektiver Störungen

Was die Übereinstimmung zwischen subjektiver Einschätzung in den neuropsychologischen Funktionsbereichen und den objektiven Ergebnissen betrifft, so weisen die Patienten in keiner der erfassten Funktionen signifikante Übereinstimmungen zwischen Befund und Befinden auf. Bei Gedächtnisstörungen scheinen aufgrund eines relevanten negativen Zusammenhanges zwischen Befund und Befinden die Patienten, die objektiv eine Störung aufweisen, subjektiv eher keine Beeinträchtigung zu äußern und umgekehrt. Aus der relevanten positiven Korrelation kann auf eine Tendenz geschlossen werden, wonach bei Sprachstörungen und Störungen des Emotionsempfindens die Patienten das Vorliegen einer Beeinträchtigung eher korrekt einschätzen.

Für die fehlenden Übereinstimmungen in den subjektiven und objektiven Beeinträchtigungen gibt es etliche Erklärungen. Einerseits könnten Patienten im Laufe der Zeit gelernt haben, Störungen im Alltag zu kompensieren, sodass sie ihnen nicht mehr bewusst sind. Möglicherweise sind Störungen auch nicht so schwerwiegend, dass sie die Patienten in ihrem Alltag beeinträchtigen. Ein weiteres Problem stellt sicherlich auch die Definition der in der Allgemeinheit eher unbekannten Funktionsstörungen (z.B.

Exekutivfunktionen) dar. Obwohl versucht wurde, die Funktionsstörungen verständlich zu erklären, muss von einem unterschiedlichen Verständnis der jeweiligen Person ausgegangen werden. Auch am methodischen Vorgehen der Definition einer Störung muss Kritik geübt werden, da der Messfehler des Verfahrens nicht berücksichtigt wurde und somit möglicherweise mehr Patienten objektiv eine Störung zugewiesen wurde, als tatsächlich eine objektive Störung aufweisen.

12.2 Conclusio

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Patienten nach Operationen an cerebellären pilozytischen Astrozytomen mit hoher Wahrscheinlichkeit Defizite in exekutiven und verbalen Funktionen entwickeln. Des Weiteren besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit (64.7%), trotz fehlender signifikanter Unterschiede zwischen Patienten und Normpopulation, eine Störung in zumindest einer spezifischen Gedächtnisfunktion zu entwickeln. Was die emotionalen Funktionen anbelangt, entwickeln sich nach einer Operation an einem cerebellären pilozytischen Astrozytom auch Defizite im Empfinden von positiven Emotionen. Diese Ergebnisse bestätigen die Rolle des Cerebellums für diese Funktionen und untermauern die Vermutung einer Unterbrechung der Verbindung zu frontalen Strukturen, die womöglich aus der Operation resultiert und im Sinne der „Dysmetria of thought“ (Schmahmann, 1996) zu einer Störung des Informationsflusses führt. Auch die Kontrolltheorie (Ramnani, 2006), wonach eine automatische, rasche Verarbeitung über die cortico-ponto-cerebelläre Verbindung mit dem Präfrontalkortex durch eine Läsion unterbrochen wird, ist mit diesem Ergebnis vereinbar.

Der von Schmahmann & Sherman (1998) postulierte Zusammenhang zwischen emotionalen Funktionen und dem Vermis konnte in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden. Geht man jedoch von der valenzspezifischen Verarbeitung von Emotionen aus (Adolphs, 2006), bestünde aus den vorliegenden Ergebnissen möglicherweise Evidenz für eine Rolle der cerebellären Hemisphären in der Verarbeitung von Emotionen. Häufigere bzw. schwerwiegendere Läsionen der rechten cerebellären Hemisphären könnten aufgrund gekreuzter Bahnen mit Defiziten in der kortikal linkshemisphärisch lateralisierten Verarbeitung positiver Emotionen in Zusammenhang stehen, wie sie in dieser Studie auftreten. Umgekehrt könnte der Erhalt der linken cerebellären Hemisphäre den Erhalt des Empfindens von negativen Emotionen erklären. Vereinbar wäre dies auch mit den Ergebnissen der Emotionserkennung in Gesichtern, da das Erkennen von Emotionen bei anderen Personen mit dem somatosensorischen Kortex

der rechten Hemisphäre (Adolphs, 2002, 2006; Adolphs et al., 2000) und somit mit der linken cerebellären Hemisphäre in Verbindung gebracht wird. Geringere oder fehlende Läsionen der linken cerebellären Hemisphäre könnten demnach für die durchschnittlichen bis überdurchschnittlichen Leistungen im Erkennen von Freude, Wut, Trauer, Angst, Ekel und neutral zuständig sein. Um diese Überlegungen jedoch untersuchen und korrekte Aussagen bezüglich der Funktionalität unterschiedlicher cerebellärer Strukturen tätigen zu können, wäre die differenzierte Erfassung des Ausmaßes und der Lokalisation der Läsion mittels MRT-Untersuchung von Nöten.

Was die signifikant besseren Leistungen im Vergleich zur Normpopulation in der nonverbalen Intelligenz, der visuell-räumlichen Funktion und den Aufmerksamkeitsfunktionen (kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit, geteilte Aufmerksamkeit) anbelangt, können all jene Funktionen mit parietalen Strukturen in Verbindung gebracht werden. Daher wäre ebenfalls eine Abklärung der Lokalisation der Läsionen mittels MRT-Untersuchung anzuraten, um festzustellen, ob ein Erhalt dieser Verbindungen für dieses Ergebnis verantwortlich sein könnte.

Eine vulnerable Phase für den Zeitpunkt der Operation bis zum 10. Lebensjahr wurde für die Lernleistung und Wiedererkennensleistung bzw. für die vermehrte Entwicklung psychischer Belastungen bestätigt. Nicht bestätigt konnte in der vorliegenden Studie das von Schmahmann und Sherman (1998) postulierte CCAS werden, welches tatsächlich aus einer inhomogenen Stichprobe zu resultieren scheint. Die auftretenden Störungen der Exekutivfunktionen, der verbalen Fertigkeiten und der Affektregulation sind jedoch ebenfalls mit einer Unterbrechung frontaler Verbindungen in Zusammenhang zu bringen. Interessant, jedoch nicht verwunderlich, ist auch die Diskrepanz zwischen Befund und Befinden der Patienten.

Aufgrund dieser Ergebnisse wäre eine neuropsychologische Untersuchung in Exekutiv-Gedächtnis und Sprachfunktionen auf jeden Fall anzuraten, um etwaige Defizite aufzudecken und einer Manifestation durch neuropsychologisches Training entgegen wirken zu können. Bei jüngeren Patienten, die sich einer Operation unterziehen, ist vor allem das psychische Befinden zu verfolgen. Um Ängste zu mindern, aber auch, um die Patienten auf die möglichen Folgen vorbereiten zu können, sollten die Patienten und Angehörigen in einem Gespräch informiert werden.

Abschließend sei noch Folgendes gesagt: Keiner der Patienten fühlte sich in seinem Lebensweg eingeschränkt, sie konnten alle die berufliche und familiäre Laufbahn

einschlagen, die sie geplant hatten: Im klinischen Alltag zählt das Individuum, nicht das objektive Testergebnis- dies sollte immer Berücksichtigung finden.

13 Kritik und Ausblick

Im folgenden Abschnitt soll die Studie kritisch betrachtet und hinterfragt werden und aus dieser Kritik Ansätze für weitere Studien gewonnen werden. Da viele Kritikpunkte, welche die einzelnen Ergebnisse betreffen, schon in der Diskussion ausführlich behandelt wurden, werden diese nicht mehr besonders differenziert erläutert.

13.1 Stichprobe

Das grundlegende Problem einer klinischen Studie liegt in einer zu *geringen Stichprobe*. Leider konnte im zeitlichen Rahmen dieser Arbeit keine größere Stichprobe akquiriert werden. Dieses Problem verstärkt sich bei der Unterteilung der Stichprobe in Subgruppen, wobei sich hierbei vor allem die *Ungleichverteilung der Patienten zu den Gruppen* (Vermis/ nicht Vermis) massiv auswirkt. Auch die signifikanten *Unterschiede bezüglich des Alters zum Zeitpunkt der Testung* und bezüglich des *Zeitintervalls seit der Operation* tragen zu einer Verfälschung der Ergebnisse bei. Ein weiterer Kritikpunkt haftet vor allem am *Mangel an externer Validität*, die aufgrund der anfallenden Stichprobe aber auch aufgrund der Stichprobengröße als eingeschränkt betrachtet werden kann. Daher ist auch eine Generalisierbarkeit auf andere Institutionen nicht zulässig. Zwar wurde in dieser Studie die Kritik anderer Studien berücksichtigt und daher versucht, die *interne Validität* mittels Kontrolle von Störvariablen zu erhöhen. Der Einfluss von psychischen Störungen und die Medikation eines an einer bipolaren Störung erkrankten Patienten konnte jedoch aufgrund der Fragestellung nicht ausgeschlossen werden, weshalb die Ergebnisse unter Berücksichtigung dieser Störvariablen zu betrachten sind.

13.2 Erhebungsverfahren

Was die diagnostischen Verfahren anbelangt, gilt die schwerwiegendste Kritik der Erhebung der *visuell-räumlichen Funktion*, die mit der Vorgabe eines einzigen Verfahrens diese Funktion möglicherweise nicht differenziert genug erfasst. Diesbezüglich wäre es sinnvoll, in zukünftigen Studien mehrere Verfahren zur Erfassung visuell räumlicher Funktionen heranzuziehen, um sämtliche visuell-räumliche Fertigkeiten abzudecken. Kritisch zu betrachten ist auch die *Bilderauswahl des IAPS*, da die Festsetzung der Cutoffs aufgrund der Verfügbarkeit der Bilder und subjektiver

Einschätzung erfolgte. Des Weiteren ist diesbezüglich zu hinterfragen, ob nicht auch persönliche Erfahrungen in die Beurteilung der Bilder eingehen. Fraglich ist auch die Repräsentativität der Normen dieses Verfahrens, welches an einer amerikanischen Stichprobe normiert wurde. Subjektiv wurde zwar versucht, möglichst kulturfreie Bilder auszuwählen, inwieweit dies gelang, sollte jedoch in einer Normierungs- bzw. Validierungsstudie für Österreich überprüft werden. Auch der *Fragebogen zur Erhebung der subjektiven Beeinträchtigungen* wurde keiner testtheoretischen Reliabilitäts- bzw. Validitätsprüfung unterzogen. Was die fehlenden Normen des *H5PT-R* für 18-25 bzw. 18-31- Jährige anbelangt, kann zwar davon ausgegangen werden, dass sich die Leistungen nicht allzu sehr unterscheiden, da die Entwicklung der figuralen Intelligenz schon um das 14. Lebensjahr abgeschlossen ist (Romine, 2004, zitiert nach Konrad, 2007, S. 306), dennoch ist dadurch die Aussagekraft der Ergebnisse reduziert.

13.3 Statistische Auswertung

Ein weiterer Kritikpunkt besteht in der Verwendung der *statistischen Verfahren*. Aufgrund der geringen Stichprobengröße war es leider nicht möglich, höherwertige statistische Analysen zu berechnen. Ursprünglich wäre eine Auswertung mit höherem Informationsgehalt mittels MRT-Daten geplant gewesen wäre, welche jedoch nicht realisiert werden konnte. Was die Überprüfung auf Signifikanz betrifft, ist die *unkorrigierte Irrtumswahrscheinlichkeit* zu erwähnen, die zwar das geringere Übel im Vergleich zum Verlust der Teststärke darstellt, jedoch dennoch das Ergebnis verzerrt. Auch die *Definition einer Störung* wurde zwar schon mehrmals erwähnt. Es sei aber hier nochmals darauf hingewiesen, dass das nicht Berücksichtigen der Messfehler der Verfahren zu einer Überschätzung der Störungen führen könnte.

13.4 Ausblick

Aus der Kritik ist abzuleiten, dass eine Replikation dieser Studie mit einer größeren Anzahl an Patienten anzustreben ist. Um die externe Validität zu erhöhen, würde sich hierfür eine multizentrische Untersuchung anbieten. Des Weiteren wäre bei der Planung zukünftiger Studien eine differenziertere Erfassung visuell-räumlicher Funktionen zu berücksichtigen. Da die Ergebnisse dieser Studie aufgrund oben genannter Mängel keine

konkreten Aussagen bezüglich der funktionellen Topographie des Cerebellums zulassen, wäre es zielführend, das Ausmaß und die Lokalisation der durch die Operation entstandenen Läsionen mittels MRT-Untersuchung zu erheben und zu den kognitiven und emotionalen Funktionen in Bezug zu setzen. Ein weiterer Ausbau des Schwerpunktes des Emotionsempfindens, Emotionserkennens und psychischer Störungen wäre aufgrund der Ergebnisse dieser Studie erstrebenswert. Sinnvoll wäre diesbezüglich auch eine differenziertere Erfassung psychischer Störungen.

14 Zusammenfassung

Seit einiger Zeit wird dem Cerebellum neben motorischen Funktionen auch eine Modulator-Funktion von kognitiven und emotionalen Prozessen zugeschrieben (Andreasen et al., 1999; Riva & Giorgi, 2000; Schmahmann, 2000, 2004). Evidenz für diese Rolle ergibt sich aus den bidirektionalen Verbindungen des Cerebellums mit allen Ebenen des Zentralnervensystems (Dolan, 1998) bzw. aus Untersuchungen an Patienten mit cerebellärer Pathogenese, welche kognitive und emotionale Defizite entwickeln (Aarsen et al., 2004; Beckwitt-Turkel et al., 2004; Levisohn et al., 2000; Riva & Giorgi, 2000; Steinlin et al., 2003). Aufgrund der meist heterogenen Patientengruppen und der fehlenden Kontrolle von Störvariablen wie präoperativer Hydrocephalus und Radio- bzw. Chemotherapie scheint die Aussagekraft der Studien jedoch eingeschränkt zu sein.

Ziel dieser Untersuchung war es daher ursprünglich, kognitive und emotionale Funktionen in einer homogenen Gruppe von Patienten, welchen an der Universitätsklinik für Neurochirurgie des Allgemeinen Krankenhauses der Stadt Wien im Kindes- und Jugendalter ein cerebelläres pilozytisches Astrozytom operativ entfernt wurde und welche keine Chemo- bzw. Strahlentherapie erhalten hatten, zu untersuchen und die Ergebnisse mit dem Ausmaß und der Lokalisation der cerebellären Läsion in Beziehung zu setzten. Da die MRT-Untersuchung nicht realisiert werden konnten, wurden die Ziele dieser Studie modifiziert. In einer nachfolgenden Studie soll die ursprüngliche Fragestellung erarbeitet werden, um konkrete Aussagen bezüglich der funktionellen Organisation des Cerebellums treffen zu können.

Ziel dieser Untersuchung war es daher, Unterschiede zwischen Patienten und der Normpopulation hinsichtlich kognitiver und emotionaler Funktionen bzw. psychischer Belastungen aufzudecken. Zusätzlich wurde abgeklärt, ob die Diagnose eines präoperativen Hydrocephalus mit Störungen visuell-räumlicher Funktionen, eine Läsion des Vermis, im Gegensatz zu einer Läsion der cerebellären Hemisphären mit Störungen emotionaler Funktionen bzw. das Alter zum Zeitpunkt der Operation (bis zum 10. bzw. ab dem 11. Lebensjahr) mit kognitiven und emotionalen Folgen in Beziehung stehen. Untersucht wurden auch die Gültigkeit des cerebellären kognitiv –affektiven Syndroms (CCAS - definiert durch das gemeinsame Auftreten visuell-räumlicher, exekutiver, verbaler und Affektregulationsstörungen) und die Übereinstimmung zwischen objektiven und subjektiven Störungen neuropsychologischer Funktionen.

Was die *Durchführung der Untersuchung* anbelangt, konnten insgesamt 17 Patienten im Alter von 18-40 Jahren, deren Operation 8-25 Jahre zurück lag, in die Studie miteinbezogen werden. Mittels standardisierter diagnostischer Verfahren wurden intellektuelle, attentionale, mnestische, exekutive, verbale und visuell-räumliche Funktionen, das Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke, das Empfinden von Emotionen und die aktuelle psychische Belastung erfasst.

Was die *Ergebnisse* der vorliegenden Studie betrifft, zeigten die Patienten im Vergleich zur Normpopulation (berechnet mittels t-Test bei einer Stichprobe gegen den Populationsmittelwert) signifikant schlechtere Leistungen (T- bzw. Rohwerte) bezüglich der semantischen Wortflüssigkeit (RWT), der formal-lexikalischen Wortflüssigkeit, des Aphasie-Gesamtwertes, der semantischen Wortgenerierung (ACL), des Schreibens nach Diktat und im Empfinden von positiven bzw. neutralen Emotionen. Signifikant bessere Ergebnisse erreichten die Patienten hinsichtlich der nonverbalen Intelligenz, der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit, der geteilten Aufmerksamkeit, der visuell-räumlichen Funktion, des Erkennens von freudigen, wütenden, traurigen und neutralen Gesichtern bzw. im generellen Emotionserkennen und im Empfinden von negativen Emotionen. Für die Berechnung der Unterschiede zwischen den Subgruppen wurden die T- bzw. Rohwerte mittels t-Test für unabhängige Stichproben analysiert. Ein vulnerables Alter für die Operation vor dem 10. Lebensjahr konnte für die Lern- und Wiedererkennensleistung und die aktuelle psychische Belastung bestätigt werden. Zwischen der Diagnose eines präoperativen Hydrocephalus und Störungen visuell-räumlicher Funktionen bzw. hinsichtlich einer Läsion des Vermis und Defiziten in emotionalen Funktionen konnte kein Bezug hergestellt werden. Aufgrund fehlender Beeinträchtigungen in visuell-räumlichen Funktionen konnte auch das CCAS nicht bestätigt werden. Auch was die Übereinstimmung zwischen Befund und Befinden anbelangt (berechnet mittels Kontingenzanalyse der dichotomisierten Daten), ergaben sich keine signifikanten Ergebnisse.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Patienten nach Operationen an cerebellären pilozytischen Astrozytomen mit hoher Wahrscheinlichkeit Defizite in exekutiven, verbalen und mnestischen Funktionen bzw. im Empfinden von positiven Emotionen entwickeln. Diese Ergebnisse bestätigen die Rolle des Cerebellums für kognitive und emotionale Funktionen und untermauern die Vermutung einer Unterbrechung der Verbindung des Cerebellums mit frontalen Strukturen, welche mit diesen Funktionen in Zusammenhang gebracht werden. Für die Arbeit in der Praxis sollte aus diesem Ergebnis

einerseits eine bessere Information der Patienten und Angehörigen resultieren, um Ängste zu mindern bzw. auf etwaige Folgen vorzubereiten. Andererseits sollten die o.g. Bereiche diagnostisch abgeklärt werden, um auch etwaigen Defiziten mittels neuropsychologischen Rehabilitationsprogrammen entgegenwirken zu können.

15 Literaturverzeichnis

Aarsen, F. K., Van Dongen, H. R., Paquier, P. F., Van Mourik, M. & Catsman-Berrevoets, C. E. (2004). Long-term sequelae in children after cerebellar astrozytoma surgery [Electronic version]. *Neurology, 62* (2/2), 1311-1316.

Ackermann, H., Gräber S., Hertrich, I. & Daum, I. (1997). Categorial speech perception in cerebellar disorders [Electronic version]. *Brain and Language, 60*, 323-331.

Adolphs, R. (2002). Neural systems for recognizing emotion. *Current Opinion in Neurobiology, 12*, 169-177.

Adolphs, R. (2006). Physiologie und Anatomie der Emotion. In H.-O. Karnath & P. Thier, (Hrsg.), *Neuropsychologie.* (S. 535-544). Wien: Springer.

Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Cooper, G. & Damasio, A. R. (2000). A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping [Electronic version]. *Journal of Neuroscience, 20* (7), 2683-2690.

Adolphs, R. Damsio, H., Tranel, D. & Damasio, A. R. (1996). Cortical systems for recognition of emotion in facial expressions [Electronic version]. *Journal of Neuroscience, 16* (23), 7676-7687.

Adolphs, R., Tranel, D. & Damasio, A. R. (2003). Dissociabel neural systems for recognizing emotions [Electronic version]. *Brain and Cognition, 52*, 61-69.

Amelang, M., Bartussek, D., Stemmler, G. & Hagemann, D. (2006). Intelligenz. In H. Heuer, F. Rösler & W. H. Tack (Hrsg.), *Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung* (6., vollständig überarbeitete Auflage). (S.166-221). Stuttgart: Kohlhammer.

Andreasen, N. C., Nopoulos, P., O'Leary, D. S., Miller, D. D., Wassink, T. & Flaum, M. (1999). Defining the phenotype of schizophrenia: Cognitive dysmetria and its neural mechanisms [Electronic version]. *Biological Psychiatry, 46* (7), 908-920.

Annoni, J.-M., Ptak, R., Caldara-Schnetzer, A.-S., Khateh, A. & Pollermann, B. Z. (2003). Decoupling of autonomic and cognitive emotional reactions after cerebellar stroke [Electronic version]. *Annals of Neurology, 53*, 654-658.

Aschenbrenner, S., Tucha, O. & Lange, K. W. (2002). *Regensburger Wortflüssigkeits-Test*. Göttingen: Hogrefe.

Bauer, H. & Deecke, L. (2006). Forschungsmethoden der Neuropsychologie. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, W. Strubreither & I. Kryspin-Exner (Hrsg.),

Klinische Neuropsychologie: Grundlagen, Diagnostik, Rehabilitation. (S. 167-194). Wien: Springer.

Bauer, J. (2005). Die Neurobiologie der Empathie. Warum wir andere Menschen verstehen können. *Psychologie Heute, 32* (8): 50-53.

Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2006). *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung* (11., überarbeitete Auflage). Berlin: Springer.

Baddeley, A. D. (1992). Working memory: The interface between memory and cognition. *Journal of Cognitive Neuroscience, 4* (3), 281-288.

Bartha, L. (2006). Sprachstörungen. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, W. Strubreither, & I. Kryspin-Exner (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie: Grundlagen, Diagnostik, Rehabilitation.* (S. 385-396). Wien: Springer.

Bauman, M. L. & Kemper, T. L. (2005). Neuroanatomic observations of the brain in autism: a review and future directions [Electronic version]. *International Journal of Developmental Neuroscience, 23,* 183-187.

Beblo, T. (2004). Neuropsychologie affektiver Störungen. In S. Lautenbacher & S. Gauggel (Hrsg.), *Neuropsychologie psychischer Störungen.* (S. 177-198). Berlin: Springer.

Bechara, A. & Damasio, A. R. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision [Electronic version]. *Games and Economic Behavior, 52,* 336-372.

Beckwitt-Turkel, S., Shu Chen, L., Nelson, M. D., Hyder, D., Gilles, F. H., Woodall, L., Braslow, K. & Tavaré, C. J. (2004). Case Series: Akute mood symptoms associated with posterior fossa lesions in children [Electronic version]. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences, 16,* 443-445.

Berlit, P. (2007). *Basiswissen Neurologie* (5., überarbeitete und erweiterte Auflage). Heidelberg: Springer.

Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (2003). *Biologische Psychologie* (5., vollständig ergänzte und überarbeitete Auflage). Berlin: Springer.

Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (2006). *Biologische Psychologie* (6., vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage). Heidelberg: Springer.

Bodenburg, S. (2001). *Einführung in die Klinische Neuropsychologie* (1. Auflage). Bern: Hans Huber.

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

Brickenkamp, R. (2002). *Test d2. Aufmerksamkeits-Belastungs-Test* (9., überarbeitete und neu normierte Auflage). Göttingen: Hogrefe.

Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication.* London: Pergamon Press.

Cattell, R. B. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment [Electronic version]. *Journal of educational psychology, 54* (1), 1-22.

Connor, L. T., Braby, T. DS., Snyder, A. Z., Lewis, C., Blasi, V. & Corbetta, M. (2006). Cerebellar activity switches hemispheres with cerebral recovery in aphasia [Electronic version]. *Neuropsychologia, 44*, (2), 171-177.

Critchley, H. D., Daly, E. M., Bullmore, E. T., Williams, S. C. R., Van Amelsvoort, T., Robertson, D. M., Rowe, A., Phillips, M., McAlonan, G., Howlin, P. & Murphy, D. G. M. (2000). The functional neuroanatomy of social behaviour- changes in cerebral blood flow when people with autistic disorder process facial expressions [Electronic version]. *Brain, 123*, 2203-2212.

Damasio, A. R. (2001). Fundamental feelings [Electronic version]. *Nature, 413*, 781.

Damasio, A. R. (1998). Emotion in the perspective of an integrated nervous system [Electronic version]. *Brain Research Reviews, 26*, 83-86.

Daum, I., Ackermann, H., Schugens, M. M., Reimold, C., Dichgans, J., Birbaumer, N. (1993). The cerebellum and cognitive functions in humans [Electronic version]. *Behavioral Neuroscience, 107* (3), 411-419.

De Bleser, R. (2006). Aufbau und Funktionen der Sprache. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg), *Neuropsychologie.* (S. 340-145). Wien: Springer.

Delank, H.-W. & Gehlen, W. (2006). *Neurologie.* (11., korrigierte Auflage). Stuttgart: Thieme.

Derntl, B., Kryspin-Exner, I., Fernbach, E., Moser, E. & Habel, U. (2008). Emotion recognition accuracy in healthy young females is associated with cycle phase [Electronic version]. *Hormones and Behavior, 53*, 90-95.

Dierkes, S. (2000). *Wörterbuch Medizin*. (2. Auflage). München: dtv.

DocCheck (2008). *Infratentoriell.* Abgefragt 09.03.2008, von http://flexikon.doccheck.com/Spezial:Thumbnails/Infratentoriell.

DocCheck (2008). *Supratentoriell.* Abgefragt 09.03.2008, von http://flexikon.doccheck.com/Supratentoriell.

Dolan, R. J. (1998). A cognitive affective role for the cerebellum [Electronic version]. *Oxford University Press*, 545-546.

Drechsler, R. (2007). Emotionsverarbeitung. In L. Kaufmann, H.-C. Nuerk, K. Konrad & K. Willmes (Hrsg.), *Kognitive Entwicklungsneuropsychologie.* (S. 321-343). Göttingen: Hogrefe.

Drevets, W. C., Videen, T. O., Price, J. L., Preskorn, S. H., Carmichael, S. T. & Raichle, M. E. (1992). A functional anatomical study of unipolar depression [Electronic version]. *Journal of Neuroscience, 12* (9), 3628-3641.

Ekman, P. (1988). *Gesichtsausdruck und Gefühl: 20 Jahre Forschung von Paul Ekman.* Paderborn: Junfermann.

Fabbro, F. (2000). Introduction to language and cerebellum [Electronic version]. *Journal of Neurolinguistics, 13* (2-3), 83-94.

Fehr, B. & Russel, J. A. (1984). Concept of emotion viewed from a prototype perspective [Electronic version]. *Journal of Experimental Psychology General, 113* (3), 464-486.

Filipp, S.-H. & Ferring, D. (1991). Zur inhaltlichen Bestimmung und Erfassung von Lebensqualität im Umfeld schwerer körperlicher Erkrankungen [On the conceptualization and assessement of quality of life in the context of severe physical diseases]. *Praxis der Klinischen Verhaltensmedizin und Rehabilitation, 4*, 274–283.

Fimm, B. (2007). Aufmerksamkeit. In L. Kaufmann, H.-C. Nuerk, K. Konrad & K. Willmes (Hrsg.), *Kognitive Entwicklungsneuropsychologie.* (S. 153-176). Göttingen: Hogrefe.

Franke, G. H. (2002). *SCL90-R. Symptom-Checkliste von L.R. Derogatis- Deutsche Version-Manual.* (2., vollständig überarbeitete und neu normierte Auflage). Göttingen: Beltz.

Friederici, A. D. (2006). Neurobiologische Grundlagen der Sprache. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie.* (S. 346-355). Wien: Springer.

Galhom, A. A. (2006). *Posterior fossa tumors.* Retrieved November 06, 2007, from http://www.emedicine.com/med/topic2907.htm.

Gleissner, U. (2007). Lern- und Merkfähigkeit. In L. Kaufmann, H.-C. Nuerk, K. Konrad & K. Willmes (Hrsg.), *Kognitive Entwicklungsneuropsychologie.* (S. 177-199). Göttingen: Hogrefe.

Glickstein, M. (2006). Thinking about the cerebellum [Electronic version]. *Brain, 129,* 288-292.

Golden, C. J., Jackson, M. L., Peterson-Rohne, A. & Gontkovsky, S. T. (1996). Neuropsychological correlates of violence and aggression: a review of the clinical literature [Electronic version]. *Aggression and Violent Behavior, 1* (1), 3-25.

Goldenberg, G. (2007). *Neuropsychologie: Grundlagen, Klinik, Rehabilitation.* (4., aktualisierte und erweiterte Auflage). München: Urban & Fischer.

Gross-Tsur, V., Ben-Bashat, D., Shalev, R. S., Levav, M. & Sira, L. B. (2006). Evidence of a developmental cerebelo-cerebral disorder [Electronic version]. *Neuropsychologia, 44,* 2569-2572.

Guilford, J. P. (1956). The structure of intellect [Electronic version]. *Psychological bulletin, 53* (4), 267-293.

Haelmstaedter, C., Lendt, M & Lux, S. (2001). *Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest.* Göttingen: Beltz

Hahn, G. (2004). *Infratentorielles pilozytisches Astrozytom.* Abgefragt 09.03.2008, von http://www.Kinderradiologie-online.de/?search=20041208190125.

Haid, T., Martl, C. & Schubert, F. (2004). *Hamasch 5 Punkte-Test-revidierte Fassung.* Keine Angaben zu Ort und Verlag.

Hamm, A. O. (2006). Psychologie der Emotionen. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie.* (S. 527-534). Wien: Springer.

Härting, C., Markowitsch, H. J., Neufeld, H., Calabrese, P. & Deisinger, K. (2000). *Wechsler Gedächtnis Test- Revidierte Fassung.* Bern: Huber.

Hautzinger, M. (2006). Affektive Störungen: Neuropsychologie. In H. Förstl, M. Hautzinger & G. Roth (Hrsg.), *Neurobiologie psychischer Störungen.* (S. 448-480). Heidelberg: Springer.

Haxby, J. V., Hoffman, E. A. & Gobbini, I. M. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences, 4* (6), 223-233.

Haxby, J. V., Hoffman, E. A. & Gobbini, I. M. (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. *Biological Psychiatry, 51,* 59-67.

Hegerl, U. & Rupprecht, R. (2006). Affektive Störungen: Neurobiologie. In H. Förstl, M. Hautzinger & G. Roth (Hrsg.), *Neurobiologie psychischer Störungen.* (S. 423-446). Heidelberg: Springer.

Hennig, J. & Netter, P. (2005). *Biopsychologische Grundlagen der Persönlichkeit.* München: Spektrum.

Heubrock, D. (2008). Entwicklung kognitiver Systeme und Entwicklungsneuropsychologie. In S. Gauggel & M. Herrmann (Hrsg.), *Handbuch der Neuro- und Biopsychologie.* (S. 305-317). Göttingen: Hogrefe.

Hoheisel, B. & Kryspin-Exner, I. (2005). Emotionserkennung in Gesichtern und emotionales Gesichtergedächtnis: Neuropsychologische Erkenntnisse und Darstellung von Einflussfaktoren [Elektronische Version]. *Zeitschrift für Neuropsychologie, 16* (2), 77-87.

Holodynski, M. (2006). *Emotionen - Entwicklung und Regulation.* Heidelberg: Springer.

James, W. (1894). The physical basis of emotion [Electronic version]. *Psychological Review, 1*, 516-529.

Kalashnikova, L. A., Zueva, Y. V., Pugacheva, O. V. & Korsakova, N. K. (2005). Cognitive impairments in cerebellar infarcts [Electronic version]. *Neuroscience and Behavioral Phsiology, 35* (8), 773-779.

Kalbe, E., Reinhold, N., Ender, U. & Kessler, J. (2002). *Aphasie Check Liste.* Köln: Prolog.

Kammer, T. & Karnath, H.-O. (2006). Manifestationen von Frontalhirnschädigungen. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie.* (S. 489-500). Wien: Springer.

Karatekin, C., Lazareff, J. A. & Asarnow, R. F. (2000). Relevance of the cerebellar hemispheres for executive functions [Electronic version]. *Pediatric Neurology, 22* (2), 106-112.

Kaufmann, L., Mrakotsky, C. & Proksch, K. (2006). Entwicklungsneuropsychologie. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, W. Strubreither & I. Kryspin-Exner (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie: Grundlagen, Diagnostik, Rehabilitation.* (S. 373-381). Wien: Springer.

Kerkhoff, G. (2006). Störungen der visuellen Raumorientierung. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg), *Neuropsychologie* (S. 177-184). Wien: Springer.

Koch, C. S., Chi, J. H. & Gupta, N. (2005). Cerebellar Astrocytomas. In M. S. Berger & M. D. Prados (Eds.), *Textbook of Neuro-Oncology*. (p. 617-626). Philadelphia: Elsevier.

Konarski, J. Z., McIntyre, R. S., Grupp, L. A. & Kennedy, S. H. (2005). Is the cerebellum relevant in the circuitry of neuropsychiatric disorders [Electronic version]? *Review of Psychiatric Neuroscience, 30* (3), 178-186.

Konczak, J. (2006). Motorisches Lernen. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie.* (S. 624-631). Wien: Springer.

Konczak, J., Schoch, B., Dimitrova, A., Gizewski, E. & Timmann, D. (2005). Funktional recovery of children and adolescents after cerebellar tumour resection [Electronic version]. *Brain, 128*, 1428-1441.

Konrad, K. (2007). Entwicklung von Exekutivfunktionen und Arbeitsgedächtnisleistungen. In L. Kaufmann, H.-C. Nuerk, K. Konrad & K. Willmes (Hrsg.), *Kognitive Entwicklungsneuropsychologie* (S. 300-320). Göttingen: Hogrefe.

Kronsteiner, J. T. (2008). *Kolloidzysten – kognitive und emotionale Folgen.* Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien.

Kryspin-Exner, I. (2006). Neuropsychologie psychischer Störungen. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, W. Strubreither & I. Kryspin-Exner (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie: Grundlagen, Diagnostik, Rehabilitation.* (S. 501-512). Wien: Springer.

Kubinger, K. D. (2006). *Psychologische Diagnostik: Theorie und Praxis psychologischen Diagnostizierens.* Göttingen: Hogrefe.

Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (2005). *International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual.* Technical Report A-6. University of Florida, Gainesville: FL.

Larson, G. E., Haier, R. J., LaCasse, L. & Hazen, K. (1995). Evaluation of a "mental effort" hypothesis for correlations between cortical metabolism and intelligence [Electronic version]. *Intelligence, 21* (3), 267-278.

Lautenbacher, S. & Möser, C. (2004). Neuropsychologie der Schizophrenie. In S. Lautenbacher & S. Gauggel (Hrsg.), *Neuropsychologie psychischer Störungen.* (S. 285-299). Berlin: Springer.

LeDoux, J. (2001). *Das Netz der Gefühle: Wie Emotionen entstehen.* München: dtv.

Lehrner, J. & Brenner-Walter, B. (2006). Gedächtnisstörungen. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, W. Strubreither & I. Kryspin-Exner (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie: Grundlagen, Diagnostik, Rehabilitation.* (S. 455-473). Wien: Springer.

Levisohn, L., Cronin-Golomb, A. & Schmahmann J. D. (2000). Neuropsychological consequences of cerebellar tumour resection in children [Electronic version]. *Brain, 123*, 1041-1050.

MacDonald, T. (2006a). *Medulloblastoma.* Retrieved November 06, 2007, from http://www.emedicine.com/ped/topic1396.htm.

MacDonald, T. (2006b). *Ependymoma.* Retrieved November 06, 2007, from http://www.emedicine.com/ped/topic693.htm.

MacDonald, T. (2006c). *Astrocytoma.* Retrieved November 06, 2007, from http://www.emedicine.com/ped/topic154.htm.

Marien, P., Engelbourghs, S., Fabbro, F. & De Deyn, P. P. (2001). The lateralized linguistic cerebellum: A review and a new hypothesis [Electronic version]. *Brain and Laguage, 79*, 580-600.

Markowitsch, H. (2005). *Das Autobiographische Gedächtnis.* Stuttgart: Klett-Cotta.

Markowitsch, H. (2006). Neuroanatomie und Störungen des Gedächtnisses. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie.* (S. 448-462). Wien: Springer.

Mathes von Cramon, G.(2006). Exekutive Dysfunktionen. In H.-O. Karnath, W. Hartje & W. Ziegler (Hrsg.), *Kognitive Neurologie.* (S. 168-178). Stuttgart: Thieme.

Middleton, F. A. & Strick, P. L. (2001). Cerebellar projections to the prefrontal cortex of the primate [Electronic version]. *Journal of Neuroscience, 21* (2), 700-712.

Mrakotsky, C. (2007). Konzepte der Entwicklungsneuropsychologie. In L. Kaufmann, H.-C. Nuerk, K. Konrad & K. Willmes (Hrsg.), *Kognitive Entwicklungsneuropsychologie.* (S. 25-46). Göttingen: Hogrefe.

Muellbacher, W. (2006). Neuroplastizität. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, W. Strubreither & I. Kryspin-Exner (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie: Grundlagen, Diagnostik, Rehabilitation.* (S. 513-528). Wien: Springer.

Müller, H. & Krummenacher, J. (2006). Funktionen und Modelle der selektiven Aufmerksamkeit. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (2., aktualisierte und erweiterte Auflage). (S. 239-253). Heidelberg: Springer.

Palmen, S. J. M. C., van Engeland, H., Hof, P. R. & Schmitz, C. (2004). Neuropathological findings in autism [Electronic version]. *Brain, 127,* 2572-2583.

Parvizi, J., Anderson, S. W., Martin, C. O., Damasio, H. & Damasio, A. R. (2001). Pathological laughter and crying - A link to the cerebellum [Electronic version]. *Brain, 124,* 1708-1719.

Pawelak, U. (2004). *Kurzformen der Vienna Emotion Recognition Tasks (VERT-K) und der Vienna Memory of Emotion Recognition Tasks (VIEMER-K). Konstruktion und Erstanwendung*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien.

Penner, Z., Weissenborn, J. & Friederici, A. D. (2006). Sprachentwicklung. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (2., aktualisierte und erweiterte Auflage). (S. 632-639). Heidelberg: Springer.

Peper, M. (2008). Emotionen. In S. Gauggel & M. Herrmann (Hrsg.), *Handbuch der Neuro- und Biopsychologie.* (S. 347-358). Göttingen: Hogrefe.

Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. F. & Liberzon, I. (2002). Functional neuroanatomy of emotion: A meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI [Electronic version]. *Neuroimage, 16,* 331-348.

Poeck, K. & Hacke, W. (2006). *Neurologie*. (12., aktualisierte und erweiterte Auflage). Heidelberg: Springer.

Posner, M. I. & Boies, S. J. (1971). Components of attention [Electronic version]. *Psychological Review, 78* (5), 391-408.

Posner, M. I. & Raichle, M. E. (1996). *Bilder des Geistes : Hirnforscher auf den Spuren des Denkens.* Heidelberg: Spektrum.

Ramnani, N. (2006). The primates cortico-cerebellar system; anatomy and function [Electronic version]. *Nature Reviews Neuroscience, 7,* 511-522.

Raven, J.C., Court, J. H. & Raven, J. (1990). *Standard Progressive Matrices (SPM).* Weinheim: Beltz.

Reischies, F. M. (2003). Organische Psychosen. In M. T. Gastpar, S. Kasper & M. Linden (Hrsg.), *Psychiatrie und Psychotherapie* (2., vollständig neu bearbeitet Auflage). (S. 19-35). Wien: Springer.

Reitan, R. M. (1958). The validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills, 8,* 271-276.

Reitan, R. M. (1971). Trail Making Test results for normal and brain-damaged children. *Perceptual and Motor Skills, 33*, 575-581.

Reitan, R. M. (1992). *Trail Making Test- Manual for administration and scoring.* South Tucson: Reitan Neuropsychology Laboratory.

Rekate, H. L., Grubb, R. L., Aram, D. M., Hahn, J. F. & Ratcheson, R. A. (1985). Muteness of cerebellar origin. *Archives of Neurology, 42* (7), 697-698.

Renneberg, B. & Friemel, K. (2006). Persönlichkeits- und Impulskontrollstörungen-Neuropsychologie. In H. Förstl, M. Hautzinger & G. Roth (Hrsg.), *Neurobiologie psychischer Störungen.* (S. 635-648). Heidelberg: Springer.

Richter, S., Schoch, B., Ozimek, A., Gorissen, B., Hein-Kropp, C., Kaiser, O., Hövel, M., Wieland, R., Gizewski, E., Ziegler, W. & Timmann, D. (2005a). Incidence of dysarthria in children with cerebellar tumors: a prospective study [Electronic version]. *Brain and Language, 92*, 153-167.

Richter, S., Schoch, B., Kaiser, O., Groetschel, H., Hein-Kropp, C., Maschke, M., Dimitrova, A., Gizewski, E., Ziegler, W., Karnath, H.-O. & Timmann, D. (2005b). Children and adolescents with chronic cerebellar lesions show no clinically relevant signs of aphasia or neglect [Electronic version]. *Journal of Neurophysiology, 94*, 4108-4120.

Riva, D. (1998). The cerebellar contribution to language and sequential functions: Evidence from a child with cerebellitis [Electronic version]. *Cortex, 34*, 279-287.

Riva, D. & Giorgi, C. (2000). The cerebellum contributes to higher functions during development – Evidence from a series of children surgically treated for posterior fossa tumours [Electronic version]. *Brain, 123*, 1051-1061.

Rost, W. (2001). *Emotionen. Elixiere des Lebens.* (2., überarbeitete Auflage). Berlin: Springer.

Sattler, W. (2006). Funktionen frontaler Strukturen- Exekutivfunktionen. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, W. Strubreitner & I. Kryspin-Exner (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie: Grundlagen, Diagnostik, Rehabilitation.* (S. 475-490). Wien: Springer.

Schachter, S. & Singer, J. E. (1969). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state [Electronic version]. *Psychological Review, 69* (5), 379-399.

Schmahl, C. & Bohus, M. (2006). Persönlichkeits- und Impulskontrollstörungen-Neurobiologie. In H. Förstl, M. Hautzinger & G. Roth (Hrsg.), *Neurobiologie psychischer Störungen.* (S. 621-633). Heidelberg: Springer.

Schmahmann, J. D. (1996). From movement to thought: Anatomic substrates of the cerebellar contribution to cognitive prozessing [Electronic version]. *Human Brain Mapping, 4,* 174-198.

Schmahmann, J. D. (2000). The role of the cerebellum in affect and psychosis [Electronic version]. *Journal of Neurolinguistics, 13* (2-3), 189-214.

Schmahmann, J. D. (2004). Disorders of the cerebellum: Ataxia, dysmetria of thought, and the cerebellar cognitive affective syndrome [Electronic version]. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences, 16,* 367-378.

Schmahmann, J. D. & Pandya, D. N. (1997). Anatomic organization of the basilar pontine projections from prefrontal cortices in rhesus monkey [Electronic version]. *Journal of Neuroscience, 17* (1), 438-458.

Schmahmann, J. D. & Sherman, J. C. (1998). The cerebellar cognitive affective syndrome [Electronic version]. *Brain, 121,* 561-579.

Schmidbauer, M. (2006). Funktionelle Neuroanatomie. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, W. Strubreither & I. Kryspin-Exner (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie: Grundlagen, Diagnostik, Rehabilitation.* (S. 103-112). Wien: Springer.

Schmidt, K. H. & Metzler, P. (1992). *Wortschatztest*. Weinheim: Beltz.

Schoch, B., Gorissen, B., Richter, S., Ozimek, A., Kaiser, O., Dimitrova, A., Regel, J. P., Wieland, R., Hövel, M., Gizewski, E. & Timmann, D. (2004). Do children with focal cerebellar lesions show deficits in shifting attention [Electronic version]? *Journal of Neurophysiology, 92,* 1856-1866.

Schoppe, K. J. & Hamster, W. (2002). *Motorische Leistungsserie-MLS.* (2., vollständig überarbeitete und neu normierte Auflage). Wien: Schuhfried.

Schuhfied, Fa. Dr. G. (1995). *Standard Progressive Matrices. SPM (Version 7.00).* Moedling: Schuhfied.

Schützl, P. (2008). *Emotionserkennung bei Patienten mit Zerikaler Dystonie.* Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien.

Siegel, D. (2006). Entwicklungspsychologische, interpersonelle und neurobiologische Dimensionen des Gedächtnisses. Ein Überblick. In H. Welzer & H. Markowitsch (Hrsg.), *Warum Menschen sich erinnern können: Fortschritte der interdisziplinären Gedächtnisforschung.* (S. 19-49). Stuttgart: Klett-Kotta.

Siegmüller, J. (2007). Sprachentwicklung. In L. Kaufmann, H.-C. Nuerk, K. Konrad & K. Willmes (Hrsg.), *Kognitive Entwicklungsneuropsychologie.* (S. 119-136). Göttingen: Hogrefe.

Silveri, M. C., Di Betta, A. M., Filippini, V., Leggio, M. G. & Molinari, M. (1998). Verbal-short-term store-rehearsal system and the cerebellum [Electronic version]. *Brain, 121*, 2175-2187.

Spearman, C. (1904). "General intelligence", objectively determined and measured [Electronic version]. *American Journal of Psychology, 15* (2), 201-292.

Steinlin, M., Imfeld, S., Zulauf, P., Boltshauser, E., Lövblad, K.-O., Lüthi, A. R., Perrig, W. & Kaufmann, F. (2003). Neuropsychological long-term sequelae after posterior fossa tumour resection during childhood [Electronic version]. *Brain, 126*, 1998-2008.

Sternberg, R. J. & Kaufman, J. C. (1998). Human abilities. *Annual Review of Psychology, 49*, 479-502.

Sterr, A. (2008). Neuronale Plastizität. In S. Gauggel & M. Herrmann (Hrsg.), *Handbuch der Neuro- und Biopsychologie.* (S. 44-53). Göttingen: Hogrefe.

Stiles, J. (2007). Entwicklung räumlicher Fähigkeiten. In L. Kaufmann, H.-C. Nuerk, K. Konrad & K. Willmes (Hrsg.), *Kognitive Entwicklungsneuropsychologie.* (S. 245-270). Göttingen: Hogrefe.

Taber, K. H., Strick, P. L. & Hurley, R. A. (2005). Rabies and the cerebellum: New methods for tracing circuits in the brain [Electronic version]. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neuroscience, 17* (2), 133-138.

Tewes, U. (1994). *Hamburg-Wechsler Intelligenztest für Erwachsene- Revision 1991* (2., korrigierte Auflage). Bern: Huber.

Thach, W. T. (1996). On the specific role of the cerebellum in motor learning and cognition: Clues from PET activation and lesion studies in man [Electronic version]. *Behavioral and Brain Sciences, 19* (3), 411-431.

Thier, P. (2006). Die funktionelle Architektur des präfrontalen Kortex. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (S. 505-514). Wien: Springer.

Thurstone, L. L. (1931). The measurement of social attitudes [Electronic version]. *Journal of abnormal and social psychology, 26* (3), 249-269.

Treisman, A. M. (1980). A feature-integration theory of attention [Electronic version]. *Cognitive Psychology, 12*, 242-248.

Trepel, M. (2008). *Neuroanatomie: Struktur und Funktion* (4., neu bearbeitete Auflage). München: Elsevier.

Turner, B. M., Paradiso, S., Marvel, C. L., Pierson, R., Boles Ponto, L. L., Hichwa, R. D. & Robinson R. G. (2007). The cerebellum and emotional experience [Electronic version]. *Neuropsychologia, 45*, 1331-1341.

Ullsperger, M. & von Cramon, D. Y.(2006). Funktionen frontaler Strukturen. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie.* (S. 479- 489). Wien: Springer.

Vernon, P. E. (1965). Ability factors and environmental influences [Electronic version]. *American Psychologist, 20* (9), 723-733.

Wechsler, D. (1948). *The measurement of adult intelligence* (3. Auflage). Baltimore: Williams & Wilkins.

Willert, C., Schaumann-Kuchling, C., Adamaszek, M. & Spitzer, C. (2005). Neuropsychologische Defizite nach Kleinhirninfarkten [Elektronische Version]. *Der Nervenarzt, 8*, 989-991.

Wittenberg, R. & Cramer, H. (2000). *Datenanalyse mit SPSS für Windows* (2., neubearbeitete Auflage). Stuttgart: Lucius & Lucius.

Wurzer, W. (2006). <F07> Persönlichkeits- und Verhaltensstörungen aufgrund einer Erkrankung, Schädigung oder Funktionsstörung des Gehirns. In W. Beiglböck, S. Feselmayer & E. Honemann (Hrsg.), *Handbuch der klinisch-psychologischen Behandlung* (2., überarbeitete und erweiterte Auflage). (S. 71-100). Wien: Springer.

Zhu, J.-N., Yung, W.-H., Chow B. K.-C., Chan, Y.-S. & Wang, J.-J. (2006). The cerebellar-hypothalamic circuits: Potential pathways underlying cerebellar involvment in somatic-visceral integration [Electronic version]. *Brain Research Reviews, 52*, 93-106.

Zoelch, C. & Kerkhoff, G. (2007). Visuo-Perzeption und Visuo-Motorik. In L. Kaufmann, H.-C. Nuerk, K. Konrad & K. Willmes (Hrsg.), *Kognitive Entwicklungsneuropsychologie.* (S. 200-224). Göttingen: Hogrefe.

16 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Funktionelle Topographie des Cerebellums (Schmahmann, 2004) 54
Tabelle 2: Histologische Kriterien der Hirntumore -WHO (modifiziert nach Poeck und Hacke, 2006) 58
Tabelle 3: Aufschlüsselung der abhängigen Variablen für die Fragestellungen 87
Tabelle 4 :Soziodemographische Daten der Gesamtstichprobe 94
Tabelle 5: Differenzierung der Stichprobe nach dem Alter zum Zeitpunkt der Operation (N= 17) 95
Tabelle 6:Differenzierung der Stichprobe nach der Diagnose eines Hydrocephalus (N= 17) 96
Tabelle 7: Differenzierung der Stichprobe nach der Lokalisation der Läsion (N= 17) 97
Tabelle 8: Korrelationen der Subgruppen 98
Tabelle 9: Allgemeines Intelligenzniveau (Fragestellung1) 100
Tabelle 10: Exekutivfunktionen (Fragestellung1) 101
Tabelle 11: Attentionale Funktionen (Fragestellung1) 102
Tabelle 12: Mnestische Funktionen (Fragestellung1) 103
Tabelle 13: Visuell-räumliche Funktion (Fragestellung1) 104
Tabelle 14: Verbale Funktionen (Fragestellung 1) 107
Tabelle 15: Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke (Fragestellung1) 109
Tabelle 16: Emotionsempfinden (Fragestellung 1) 110
Tabelle 17: Psychische Belastung (Fragestellung 1) 111
Tabelle 18: Korrelationen der AV mit feinmotorischen Funktionen 112
Tabelle 19: Allgemeines Intelligenzniveau (Fragestellung 2) 114
Tabelle 20: Exekutivfunktionen (Fragestellung 2) 115
Tabelle 21: Attentionale Funktionen (Fragestellung 2) 116
Tabelle 22: Mnestische Funktionen (Fragestellung 2) 118
Tabelle 23: Visuell-räumliche Funktion (Fragestellung 2) 118
Tabelle 24: Verbale Funktionen (Fragestellung 2) 121
Tabelle 25: Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke (Fragestellung 2) 124
Tabelle 26: Emotionsempfinden (Fragestellung 2) 125
Tabelle 27: Psychische Belastung (Fragestellung 2) 126
Tabelle 28: Visuell-räumliche Funktion (Fragestellung 3) 126
Tabelle 29: Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke (Fragestellung 4) 129
Tabelle 30: Emotionsempfinden (Fragestellung 4) 130
Tabelle 31: Psychische Belastung (Fragestellung 4) 131
Tabelle 32: Deskriptive Darstellung der kognitiven, emotionalen und psychischen Störungen 132
Tabelle 33: Deskriptive Beschreibung des CCAS (Fragestellung 5) 134
Tabelle 34: Korrelationskoeffizienten der Störungen des CCAS 134
Tabelle 35: Kreuztabelle Exekutivfunktionen (Fragestellung 6) 136
Tabelle 36: Kreuztabelle Aufmerksamkeit (Fragestellung 6) 136
Tabelle 37: Kreuztabelle Gedächtnis (Fragestellung 6) 137
Tabelle 38: Kreuztabelle Sprachfunktion (Fragestellung 6) 137
Tabelle 39: Kreuztabelle Emotionserkennen (Fragestellung 6) 138
Tabelle 40: Kreuztabelle Emotionsempfinden (Fragestellung 6) 138
Tabelle 41: Zusammenfassung der Ergebnisse - Fragestellung 1 139
Tabelle 42: Zusammenfassung der Ergebnisse - Fragestellung 2 139

17 Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1 Gedächtnissysteme, -inhalte und –prozesse (modifiziert nach Bodenburg,2001)……15
Abb. 2.2 Neuronale Strukturen des Gedächtnisses (modifiziert nach Markowitsch, 2005)……...…17
Abb. 2.3 Komponenten der Exekutivfunktionen (modifiziert nach Bodenburg, 2001)……..17
Abb. 2.4 Verteilung visueller Funktionen (modifiziert nach Birbaumer & Schmidt, 2003)……...21
Abb. 2.5 Linguistisches Modell der Sprache (modifiziert nach Bartha, 2006)……....22
Abb. 2.6 Die perisylvische Sprachrgion (modifiziert nach Goldenberg, 2007)……..23
Abb. 2.7 Areale der Schriftsprache (modifiziert nach Goldenberg, 2007)……...……...24
Abb. 2.8 An der Emotionsverarbeitung beteiligte Gehirnstrukturen (modifiziert nach Adolphs, 2006)....27
Abb. 2.9 Modell der Emotionsverarbeitung nach Damasio (modifiziert nach Damasio, 1998)…….....28
Abb. 2.10 Modell der Gesichterverarbeitung (modifiziert nach Haxby et al., 2000) ……..…..30
Abb. 4.1 Kompensatorische Plastizität (modifiziert nach Muellbacher, 2006)……..…….36
Abb. 5.1 Medianer Sagittalschnitt durch das Cerebellum (modifiziert nach Trepel, 2008)…….…..…….45
Abb. 5.2 Außenansicht des Cerebellums: (modifiziert nach Trepel, 2008) …….…..…..46
Abb. 5.3 Verschaltung motorischer Strukturen (modifiziert nach Trepel, 2008)…….…….……...49
Abb. 5.4: Kognitives Modell der Kontrolltheorie (modifiziert nach Ramnani, 2006)……..……..57
Abb. 6.1 Infratentorielles pilozytisches Astrozytom (modifiziert nach Hahn, 2004) ……..…...…61
Abb. 10.1 Subgruppendifferenzierung „Alter zum Zeitpunkt der Operation“ …….……..…..95
Abb. 10.2 Subgruppendifferenzierung „Diagnose Hydrocephalus“ ……..……...…..96
Abb. 10.3 Subgruppendifferenzierung „Lokalisation der Läsion“ ……...……97

18 Anhang

18.1 Anhang A: Anamneseleitfaden

ANAMNESELEITFADEN

Name..... Geb.....

Alter…….

Code.....

Zeitpunkt der Operation:……

Alter zum Zeitpunkt der Operation:.....

Geschlecht: w ¨ m ¨

Schulabschluss:……

Schulleistungen vor Beginn der Krankheit:…….

Änderung der Schulleistungen nach der Operation…….

Förderbedarf/Nachhilfe…….

Beruf:…….

Familienstand/Kinder:……

Wohnsituation:…….....

Sozialanamnese:……

Hobbies/ Freizeit:…….....

Schädelverletzungen: nein ¨ ja ¨ ……..

Operationen: nein ¨ ja ¨ …….....

epileptische Anfälle: nein ¨ ja ¨ (Häufigkeit)…….....

Körperliche Krankheiten: nein ¨ ja ¨ ……..

psychische Störungen: nein ¨ ja ¨ (diagnostiziert)……...

Medikation: nein ¨ ja ¨ ……..

Chemotherapie nein ¨ ja ¨ ……..

Strahlentherapie nein ¨ ja ¨ ……..

Nikotin: nein ¨ ja ¨ (wieviel)…….

Alkohol: nein ¨ ja ¨ (wie viel)……...

Drogen: nein ¨ ja ¨ welche, wie häufig ……

Konflikte mit dem Gesetz nein ¨ ja ¨ ……

Körperliche/psychische Erkrankungen in der Familie: ……

Hörvermögen: normal ¨ nicht korrigiert ¨ korrigiert ¨

Sehvermögen: normal ¨ nicht korrigiert ¨ korrigiert ¨

Händigkeit: Linkshänder ¨ Rechtshänder ¨ Gemischt ¨

momentanes Befinden ……....

18.2 Anhang B: Subjektive Einschätzung

SUBJEKTIVE EINSCHÄTZUNG NEUROPSYCHOLOGISCHER FÄHIGKEITEN I

Bei der Bewältigung des Alltags kann das subjektive Gefühl auftreten, dass bestimmte Fähigkeiten beeinträchtigt sind und dies kann zu entsprechenden Einschränkungen führen.
Bitte schätzen Sie nun Ihre Fähigkeiten in den unten angeführten Bereichen auf einer Ratingskala ein:

0..... Im Alltag bemerke ich keine Beeinträchtigung in dieser Fähigkeit
1 .....Im Alltag bemerke ich eine leichte Beeinträchtigung in dieser Fähigkeit
2.....Im Alltag bemerke ich eine deutliche Beeinträchtigung in dieser Fähigkeit

	keine	leicht	deutlich
Aufmerksamkeit/Konzentration.....	**0**	**1**	**2**

(gemeint ist dabei die Fähigkeit seine Wahrnehmung auf etwas Relevantes zu richten, sich darauf zu konzentrieren und sich nicht von etwas Irrelevantem ablenken zu lassen)

Gedächtnis/ Lernfähigkeit……..... **0** **1** **2**
(gemeint ist dabei die Fähigkeit sich neue Informationen anzueignen und zu merken, sowie „alte" Informationen, die im Gedächtnis bereits gespeichert sind, erinnern zu können)

Sprache..... **0** **1** **2**
(gemeint ist dabei die Fähigkeit die richtigen Wörter zu finden, Wörter auszusprechen, Sätze zu bilden, zu lesen und Gesprochenes und Gelesenes zu verstehen)

visuell-räumliche Fähigkeiten..... **0** **1** **2**
(gemeint ist dabei die Fähigkeit sich räumlich zu orientieren, Entfernungen richtig zu unterscheiden sowie Positionen und Richtungen einzuschätzen)

Exekutivfunktionen……..... **0** **1** **2**
(gemeint ist dabei die Fähigkeit im Alltag Handlungen zu planen und durchzuführen, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen)

Feinmotorik……..... **0** **1** **2**
(gemeint ist dabei die Fähigkeit feine, genaue Bewegungen mit den Händen auszuführen, z.B. schreiben, zeichnen, nähen,….)

Grobmotorik……..... **0** **1** **2**
(gemeint ist dabei die Fähigkeit größere Bewegungen auszuführen, z.B. gehen, laufen, springen, stehen,….)

Sonstiges (bitte anführen)

_____	**0**	**1**	**2**
_____	**0**	**1**	**2**
_____	**0**	**1**	**2**

Danke einstweilen!

SUBJEKTIVE EINSCHÄTZUNG NEUROPSYCHOLOGISCHER FÄHIGKEITEN II

Bitte kreuzen Sie die Ausprägung der subjektiv empfundenen Schwierigkeiten an:

Im Alltag habe ich subjektiv.....Schwierigkeiten Emotionen in Gesichtern zu erkennen.
0 (keine) **1 (leichte)** **2 (deutliche)**

Im Alltag habe ich subjektiv .....Schwierigkeiten mir Gesichter zu merken.
0 (keine) **1 (leichte)** **2 (deutliche)**

Im Alltag habe ich subjektiv .....Schwierigkeiten Emotionen zu empfinden.
0 (keine) **1 (leichte)** **2 (deutliche)**

Im Alltag habe ich subjektiv.....Schwierigkeiten mit anderen mitzufühlen.
0 (keine) **1 (leichte)** **2 (deutliche)**

Danke für Ihre Mitarbeit!

18.3 Anhang C: IAPS Bilderauswahl

IAPS Neutrale Bilder

Bild (neutral)	Nummer	Valenz (sd)	Aktivierung (sd)
1Sportler	8010	4.38 (1,86)	4.12 (2.08)
4Glas	7054	4.14(1.09)	4.08 (2.13)
6Bub	2280	4.22(1.54)	3.77(1.89)
11Schnecken	5535	4.81(1.52)	4.11(2.31)
14Uhr	7211	4.81(1.78)	4.20 (2.40)
18Zwei Frauen	2595	4.88(1.24)	3.71(1.88)
21Auto	9913	4.38(1.89)	4.42(2.14)
24Alter Mann	2512	4.86(0.84)	3.46(1.75)
Mittelwert		**4.56**	**3.98**

IAPS positiv/stark-aktivierende Bilder

Bild (pos/st))	Nummer	Valenz (sd)	Aktivierung (sd)
3Bergsteiger	5629	7.03(1.55)	6.55(2.11)
8Skysurfer	8186	7.01(1.57)	6.84(2.01)
9Erotik	4608	7.07(1.66)	6.47 (1.96)
12Klippenspringer	8180	7.12(1.88)	6.59 (2.12)
15Fallschirm	5621	7.57 (1.42)	6.99(1.95)
17Rafting	8370	7.77(1.29)	6.73(2.24)
19Skispringer	8030	7.33(1.76)	7.35(2.02)
22Achterbahn	8490	7.20(2.35)	6.68(1.97)
Mittelwert		**7.26**	**6.78**

IAPS negativ/stark-aktivierende Bilder

Bild (neg/st)	Nummer	Valenz (sd)	Aktivierung (sd)
2Messer	6350	1.90(1.29)	7.29(1.87)
5Chinesen	9250	2.57(1.39)	6.60(1.87)
7Überfall	3500	2.21(1.34)	6.99(2.19)
10Feuerwehr	9921	2.04(1.47)	6.52(1.94)
13Baby	3170	1.46 (1.01)	7.21(1.99)
16Pistole	6230	2.37(1.57)	7.35(2.01)
20Stamm	9252	1.98(1.59)	6.64 (2.33)
23Totes Kind	9410	1.51(1.15)	7.07(2.06)
Mittelwert		**2.01**	**6.96**

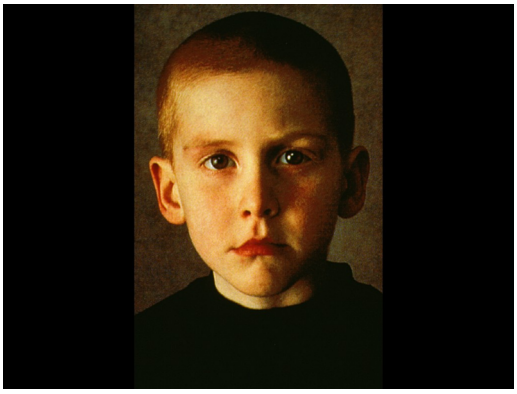
1

2

3

4

5



6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

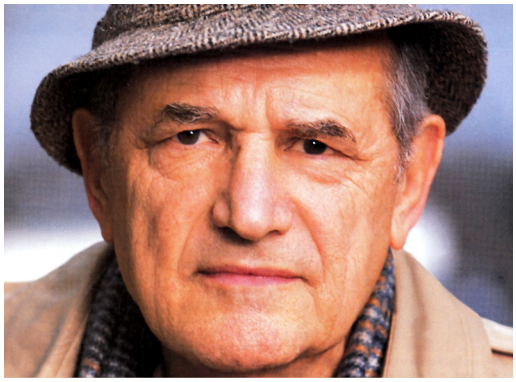
19

20

21

22

23



24

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig verfasst und keine anderen, als die von mir angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Alle Ausführungen, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

CURRICULUM VITAE

Persönliche Angaben:

Name:	Lehner Caroline Christine
Geboren:	29.12.1982 in Oberpullendorf
Nationalität:	Österreich
Stand:	ledig
E-Mail:	a0203326@unet.univie.ac.at

Bildungsweg:

aktuell	Seit WS 2002/2003 Studium der Psychologie an der Universität Wien
2005	Ausbildung zur HipHop-Trainerin am Universitätssportinstitut Wien
2005	Ausbildung zur Aerobic- und Fitnesstrainerin am Universitätssportinstitut Wien
1999	Ausbildung zur „Jugendtrainerin für Rhetorik, Projektmanagement und Gruppendynamik“
1993-2002	Bundesgymnasium in Eisenstadt
1989-1993	Volkschule Schützen/Geb.

Berufserfahrung und Praktika:

aktuell	Angestellt (seit Mai 2008) als Sozialpädagogin im Heilpädagogischen Zentrum Rust (PSD Bgld.)
	Wissenschaftliche Mitarbeiterin (seit Oktober 2007) im Rahmen der Diplomarbeit an der neurochirurgischen Abteilung der Universitätsklinik AKH Wien
	HipHop-Unterricht mit Jugendlichen im Rahmen des Projektes „Vereine, Bewegung, Schule“ (Seit September 2003)
Bis April 2008	Kreatives Tanzen mit Kindern und Jugendlichen des Heilpädagogischen Zentrums Rust (Seit September 2004)
September 2006	Praktikum an der Station 06 der Universitätsklinik für Neuropsychiatrie des Kindes- und Jugendalters im Ausmaß von 160 Stunden

Sept. - Dez. 2005	Pflichtpraktikum an der Ambulanz der Universitätsklinik für Neuropsychiatrie des Kindes- und Jugendalters im Ausmaß von 240 Stunden
August 2004	Praktikum im Heilpädagogischen Zentrum Rust im Ausmaß von 72 Stunden