

**Der Beitrag des Kleinhirns
zu neuropsychologischen Funktionen**

Dissertation
von
Barbara Wilde

Dresden, 2004

Betreuer: Prof. Dr. Roman Ferstl

Anschrift der Verfasserin:
Barbara Wilde
Großenhainer Str. 35 a
01097 Dresden

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG	7
1 THEORETISCHER TEIL	8
1.1 ANATOMIE DES KLEINHIRNS	8
1.1.1 Makroskopische Anatomie des Kleinhirns	8
1.1.2 Mikroskopische Anatomie des Kleinhirns.....	10
1.1.3 Funktionelle Neuroanatomie des Kleinhirns	11
1.1.4 Diaschisis	17
1.2 DER BEITRAG DES KLEINHIRNS ZU MOTORISCHEM UND ASSOZIATIVEM LERNEN	19
1.2.1 Motorisches Lernen	19
1.2.2 Assoziatives Lernen.....	20
1.3 NEUROPSYCHOLOGISCHE FUNKTIONEN DES KLEINHIRNS	22
1.3.1 Das „cerebellar cognitive affective syndrome“	22
1.3.2 Aufmerksamkeitsfunktionen.....	24
1.3.3 Exekutivfunktionen.....	28
1.3.4 Sprache.....	31
1.3.5 Räumliche Funktionen.....	35
1.3.6 Gedächtnis	38
1.3.7 Emotionen und Störungen des Affektes	40
1.4 THEORETISCHES ERKLÄRUNGSMODELL NACH COURCHESNE UND ALLEN.....	42
1.5 DER FRONTALE CORTEX.....	44
1.6 INTRAKRANIELLE TUMOREN	47
1.6.1 Astrozytome.....	48
1.6.2 Glioblastome	48
1.6.3 Oligodendrogliome	48
1.6.4 Gangliozytome.....	49
1.6.5 Meningeome	49
1.6.6 Hämangioblastome	49
1.6.7 Metastasen	49
1.6.8 Hämangiome.....	50
2 ABLEITUNG DER FRAGESTELLUNG.....	51
3 METHODEN DER ERSTEN UNTERSUCHUNG.....	54
3.1 PRÄZISIERUNG DER FRAGESTELLUNGEN UND INHALTLICHE HYPOTHESEN.....	54
3.2 PLANUNG DER UNTERSUCHUNG	55
3.2.1 Design.....	55
3.2.2 Variablen.....	55

3.3	STICHPROBE	68
3.3.1	Rekrutierung der Stichproben	68
3.3.2	Ausschlußkriterien	68
3.3.3	Darstellung der Stichproben	69
3.4	DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNG.....	71
3.5	AUSWERTUNG DER DATEN	72
4	ERGEBNISSE DER ERSTEN UNTERSUCHUNG.....	73
4.1	KLINISCHE DATEN UND ERGEBNISSE DER STÖRVARIABLEN.....	73
4.2	ERGEBNISSE DER KONTROLLVARIABLEN	75
4.2.1	Prämorbid Intelligenz.....	75
4.2.2	Feinmotorik.....	75
4.2.3	Stimmungslage.....	77
4.3	STATISTISCHE ERGEBNISSE	78
4.3.1	Ergebnisse der Aufmerksamkeitstests	78
4.3.2	Ergebnisse der Testverfahren zur Messung exekutiver Funktionen.....	81
4.3.3	Ergebnisse der Gedächtnistests.....	85
4.3.4	Ergebnisse der Testverfahren für visuell-räumliche Leistungen.....	88
4.3.5	Ergebnisse zur Lateralisierung sprachlicher Funktionen.....	89
4.3.6	Ergebnisse zur Lateralisierung nicht-sprachlicher Funktionen	92
4.3.7	Zusammenfassung der Ergebnisse	95
5	METHODEN DER ZWEITEN UNTERSUCHUNG.....	97
5.1	PRÄZISIERUNG DER FRAGESTELLUNGEN UND INHALTLICHE HYPOTHESEN.....	97
5.2	PLANUNG DER UNTERSUCHUNG	98
5.2.1	Design	98
5.2.2	Variablen.....	98
5.3	STICHPROBE	101
5.3.1	Rekrutierung der Stichprobe	101
5.3.2	Ausschlußkriterien	101
5.3.3	Darstellung der Stichprobe	102
5.4	TESTVERFAHREN	104
5.5	DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNG.....	104
5.6	AUSWERTUNG DER DATEN	104
6	ERGEBNISSE DER ZWEITEN UNTERSUCHUNG.....	106
6.1	DESKRIPTIVE DATEN.....	106
6.2	ERGEBNISSE DER KONTROLLVARIABLEN	108
6.2.1	Alter	108
6.2.2	Prämorbid Intelligenz.....	108
6.2.3	Stimmungslage.....	108

6.3 STATISTISCHE ERGEBNISSE	109
6.3.1 Ergebnisse der Patienten mit frontalen Läsionen	109
6.3.2 Ergebnisse des Vergleichs beider Patientengruppen	115
6.3.3 Vergleich der Patientengruppen in Abhängigkeit von der Lateralität der Läsion	121
7 DISKUSSION	131
7.1 DISKUSSION DER ERGEBNISSE	132
7.1.1 Neuropsychologische Defizite nach fokalen Kleinhirnläsionen (1. Untersu- chung)	132
7.1.2 Lateralisierung sprachlicher und nicht-sprachlicher Funktionen bei Patienten mit unilateraler Kleinhirnläsion.....	138
7.1.3 Neuropsychologische Defizite nach Läsionen des Frontalhirns (2. Untersu- chung).....	140
7.1.4 Vergleich neuropsychologischer Leistungsprofile nach cerebellären bzw. frontalen Läsionen (2. Untersuchung).....	142
7.1.5 Vergleich der neuropsychologischen Leistungsprofile in Abhängigkeit von der Lateralität der Läsion (2. Untersuchung)	144
7.2 DISKUSSION DER STÖRVARIABLEN.....	147
7.3 ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION	149
ZUSAMMENFASSUNG.....	152
LITERATUR.....	153

Danksagung

Bei der Erstellung dieser Arbeit haben mich viele Menschen unterstützt. Ihnen allen möchte ich ganz herzlich danken!

- Prof. Dr. Ferstl für die Betreuung der Arbeit, die Unterstützung und die Geduld bei der Beantwortung meiner Fragen
- Dr. Birgit Gottwald für die direkte Betreuung meiner Arbeit in der Klinik für Neurochirurgie, für die große Unterstützung bei der Einarbeitung in das Thema, die unzählbaren ausführlichen fachlichen Diskussionen, die gute Zusammenarbeit und noch vieles mehr
- Dr. Zoran Mihajlovic für die Hilfe in allen medizinischen Fragen inkl. der Interpretation der MRT-Aufnahmen, die neurologischen Untersuchungen der Patienten und auch für die vielen Fachdiskussionen
- Dr. Hugo für die ausführlichen und geduldigen Erklärungen auf alle neuropathologischen Fragen
- Dipl.-Psych. Simone Goebel und Dipl.-Psych. Inka-Maria Jahns für die Unterstützung in der Datenerhebung während ihrer Praktika in der Neurochirurgie, die gute Zusammenarbeit und die große Unterstützung in der Rekrutierung gesunder Kontrollprobanden
- Meinen Eltern für ihre große Unterstützung nicht nur finanziell und meinem Vater für das Korrekturlesen
- Dipl.-Psych. Oliver Fries für die ständige Ansprechbarkeit und Hilfe bei allen technischen und auch motivationalen Problemen und für das Korrekturlesen
- Dipl.-Psych. Andre Marsula für das Korrekturlesen
- Den Kontrollprobanden für die unentgeltliche Teilnahme an der Untersuchung
- Allen voran den Patienten, die trotz der außergewöhnlich belastenden Situation an der Untersuchung teilgenommen haben

IHNEN UND EUCH ALLEN GANZ HERZLICHEN DANK!

Einleitung

Wenn ein Mensch eine Verletzung des Gehirns erfährt, so führt diese nicht selten zu einer entscheidenden Veränderung des bisherigen Lebens. In Abhängigkeit von dem genauen Ort der Schädigung können verschiedenste Beeinträchtigungen auftreten, die ihrerseits mehr oder weniger reversibel sind. Für viele Patienten steht dabei zunächst der Wunsch nach uneingeschränkter Bewegungsfähigkeit im Vordergrund, gefolgt von unbeeinträchtigter Sprache; Defizite höherer kognitiver Funktionen werden häufig erst im weiteren Verlauf wahrgenommen und gewinnen mit zunehmender körperlicher Genesung an Relevanz. Eine frühzeitige Diagnostik und Therapie solcher kognitiven Einschränkungen kann spätere Schwierigkeiten im Alltag und bei dem beruflichen Wiedereinstieg entschärfen und somit auch reaktiven psychischen Beeinträchtigungen vorbeugen.

Während die verschiedensten Areale des Großhirns und zunehmend auch die sie verknüpfenden Netzwerke seit langem im Zentrum der neuropsychologischen Forschung stehen, wurden dem Kleinhirn zumeist nur motorische Funktionen zugeschrieben. So gilt seine Relevanz für Stützmotorik, Zielmotorik und Blickmotorik als unumstritten, neurologische Defizite nach Kleinhirnläsionen wie z.B. Ataxie, Dysmetrie oder cerebelläre Dysarthrie sind aus der Klinik hinreichend bekannt und in Lehrbüchern nachzulesen. Ein möglicher Beitrag des Kleinhirns zu kognitiven Funktionen wird jedoch erst seit ca. 15 Jahren, seit dem jedoch in zunehmendem Ausmaß diskutiert. Sicher nicht zuletzt aufgrund der vergleichsweise seltenen rein fokalen Kleinhirnläsionen ist die Forschungslage jedoch widersprüchlich und gut kontrollierte Studien sind leider noch selten.

Es ist das Ziel dieser Studie durch eine umfassende neuropsychologische Untersuchung einer Patientenstichprobe mit fokalen Kleinhirnläsionen einen Beitrag zu der Frage der kognitiven Funktion des Kleinhirns zu leisten. Der Vergleich zu einer weiteren Patientenstichprobe mit frontalen Läsionen soll zum einen den Beitrag der zugrundeliegenden cerebro-cerebellären Netzwerke überprüfen, zum anderen dient er der Einschätzung der klinischen Relevanz der kognitiven Defizite.

1 THEORETISCHER TEIL

Der Theoretische Teil dieser Arbeit ist folgendermaßen gegliedert: Zum besseren Verständnis werden zu Beginn kurz die Anatomie sowie die funktionelle Neuroanatomie des Kleinhirns dargestellt, gefolgt von einem Abschnitt über den Beitrag des Kleinhirns zu motorischem und assoziativem Lernen. Einen inhaltlichen Schwerpunkt bilden dann die neuropsychologischen Funktionen des Kleinhirns. Nach der Darstellung eines theoretischen Erklärungsmodells und einer anschließenden kurzen Beschreibung der Funktionen des präfrontalen Cortex schließt der Theoretische Teil mit einer Erläuterung derjenigen Hirntumoren, die für das Verständnis der späteren Darstellung der Stichproben von Relevanz sind.

1.1 Anatomie des Kleinhirns

1.1.1 Makroskopische Anatomie des Kleinhirns

Das Kleinhirn liegt in der hinteren Schädelgrube zwischen dem Okzipitallappen und dem Hirnstamm. Vom Okzipitallappen wird es durch das Tentorium Cerebelli getrennt, nach ventral grenzt es an den vierten Ventrikel und den Hirnstamm an. Es besteht aus den beiden Hemisphären, die in der Mittellinie durch den Vermis verbunden werden. Die beiden Hemisphären werden longitudinal in die paravermal gelegene Pars intermedia und die lateral gelegene Pars lateralis unterteilt. Auf horizontaler Ebene unterscheidet man den Lobus anterior und den Lobus posterior, die durch die Fissura prima voneinander abgegrenzt werden und gemeinsam das Corpus cerebelli bilden. An der Unterseite des Kleinhirns, kaudal der Fissura dorsolateralis, befindet sich der kleinere Lobus flocculonodularis.

Im Marklager liegen die paarigen tiefen Kleinhirnkerne, von denen die Kleinhirnefferenzen ausgehen. Der größte der Kerne, der Nucleus dentatus, wird der lateralen Hemisphäre zugeordnet. In der Pars intermedia finden sich der Nucleus emboliformis und der Nucleus globosus, die zum Nucleus interpositus zusammengefasst werden. Medial, dem Vermis zugeordnet, befindet sich der Nucleus fastigii (s. Abb. 1).

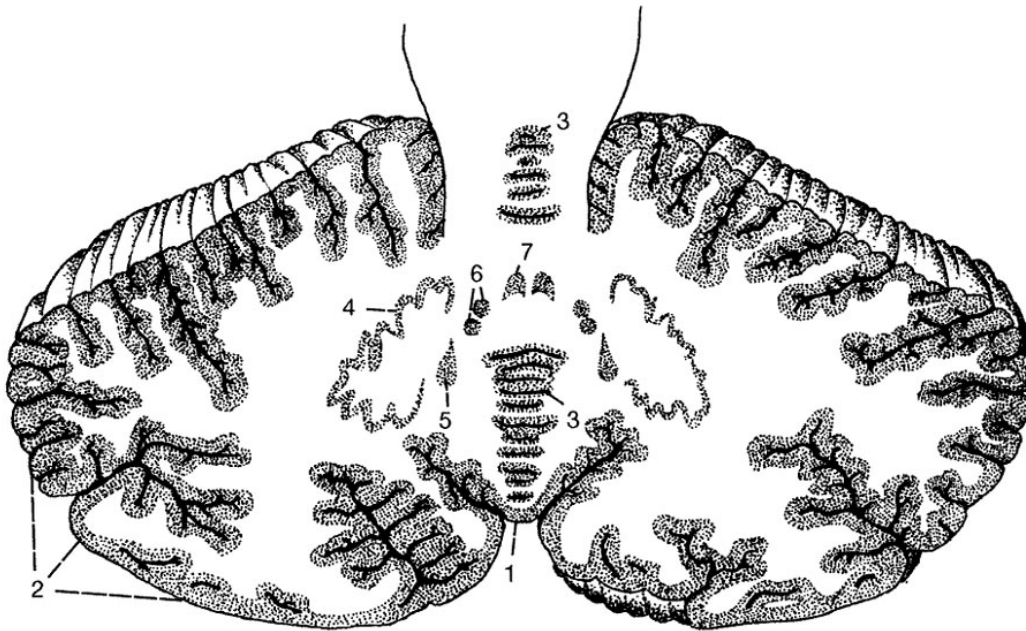


Abb. 1: Horizontalschnitt durch das Kleinhirn. 1: Vermis, 2: Kleinhirnhemisphäre, 3: Anschnitt von Rindenteilen des Vermis, 4: Nucleus dentatus, 5: Nucleus emboliformis, 6: Nucleus globosus, 7: Nucleus fastigii (aus Trepel, 2004)

Auf funktioneller Ebene werden drei Bereiche des Kleinhirns unterschieden. Die Verbindungen zwischen Ursprungs- und Zielorten durch die Kleinhirnafferenzen und -efferenzen verlaufen dabei größtenteils reziprok.

Das Vestibulocerebellum (Archicerebellum) ist der phylogenetisch älteste Teil des Kleinhirns, der bereits bei Fröschen nachweisbar ist. Anatomisch besteht das Vestibulocerebellum aus dem Lobus flocculonodularis und angrenzenden Teilen der Uvula. Afferenzen der vestibulären Kerne erreichen das Vestibulocerebellum über den unteren Kleinhirnstiel und begründen die Bedeutsamkeit dieser Region für das Körpergleichgewicht beim Stehen und Gehen. Visuelle Afferenzen und Efferenzen haben die Steuerung der Augenbewegungen durch das Vestibulocerebellum zur Folge.

Das Spinocerebellum (Paleocerebellum) umfasst neben dem Vermis und der Pars intermedia die medial anterioren Anteile der Kleinhirnhemisphären. Im Wesentlichen erhält es Afferenzen aus dem Rückenmark. Über die tiefliegenden Kleinhirnerne werden Teile der absteigenden motorischen Bahnen kontrolliert. So ist das Spinocerebellum an der Ausführung von Bewegungen beteiligt, hierbei vor allem an der Regulation der Gelenkpositionen.

Das Pontocerebellum (Neocerebellum) stellt die lateralen Anteile der Kleinhirnhemisphären dar. Es umfasst den größten Teil der Kleinhirnhemisphären und ist erst beim Menschenaffen nachweisbar. Das Pontocerebellum erhält seine Afferenzen über die pontinen Kerne und den mittleren Kleinhirnstiel vor allem aus den kontralateral gelegenen kortikalen Regionen vor

und hinter dem Sulcus centralis. Die vom Nucleus dentatus ausgehenden Efferenzen projizieren über den kontralateralen ventrolateralen Thalamus u.a. in die motorischen und prämotorischen Cortices. Das Pontocerebellum wird mit der Bewegungsplanung und -initiierung in Verbindung gebracht. Weiterhin vermittelt es schnelle und zielgerichtete Bewegungen der Hände und Augen (Dichgans & Klockgether, 1992; Ghez & Gordon, 1996; Poeck, 1994; Trepel, 2004).

1.1.2 Mikroskopische Anatomie des Kleinhirns

Die Kleinhirnrinde besteht aus drei Schichten, der äußeren Molekularschicht, der Purkinjellschicht und der Körnerzellschicht ganz innen. Sie ist dabei im Gegensatz zur Großhirnrinde überall gleichmäßig in der selben Art aufgebaut (s. Abb. 2).

Die Molekularschicht setzt sich vor allem aus den Axonen der Körnerzellen zusammen, die dort das Parallelfasersystem bilden. Sie besteht damit weniger aus Zellkernen, sondern hauptsächlich aus Fasern. Die ebenfalls in der Molekularschicht angesiedelten Stern- und Korbzellen dienen als inhibitorisch wirkende Interneuronen.

Die regelmäßig angeordneten Zellkörper der Purkinjezellen bilden die Purkinjellschicht. Ihre Dendriten erstrecken sich in die Molekularschicht, wo sie über exzitatorisch synaptische Kontakte mit den Parallelfasern verbunden sind. Die Axone der Purkinjezellen stellen die einzigen efferenten Fasern des Kleinhirns dar; sie ziehen zu den Kleinhirnkernen bzw. z.T. auch direkt zu den Vestibulariskernen und wirken inhibitorisch.

Die Körnerzellschicht setzt sich aus ca. 10^{10} kleinen Körnerzellen zusammen. Am äußeren Rand dieser Schicht befinden sich die Golgizellen. Sie dienen als inhibitorisch wirkende Interneuronen.

Als Afferenzen erreichen das Kleinhirn Moos- und Kletterfasern. Die Moosfasern enden an den Körnerzellen, die ihrerseits über die Parallelfasern exzitatorisch auf die Purkinjezellen wirken. Jede Purkinjezelle steht so mit ca. 200 000 Parallelfasern in Kontakt. Die Kletterfasern bilden den anderen exzitatorischen Eingang des Kleinhirns. Über sehr starke synaptische Verbindungen treten sie mit nur einer bis zehn Purkinjezellen in Kontakt. Weiterhin wird eine diffuse Innervation des Kleinhirns durch monoaminerge Afferenzen beschrieben (Dichgans & Klockgether, Ghez & Gordon, 1996; 1992; Poeck, 1994; Trepel, 2004.).

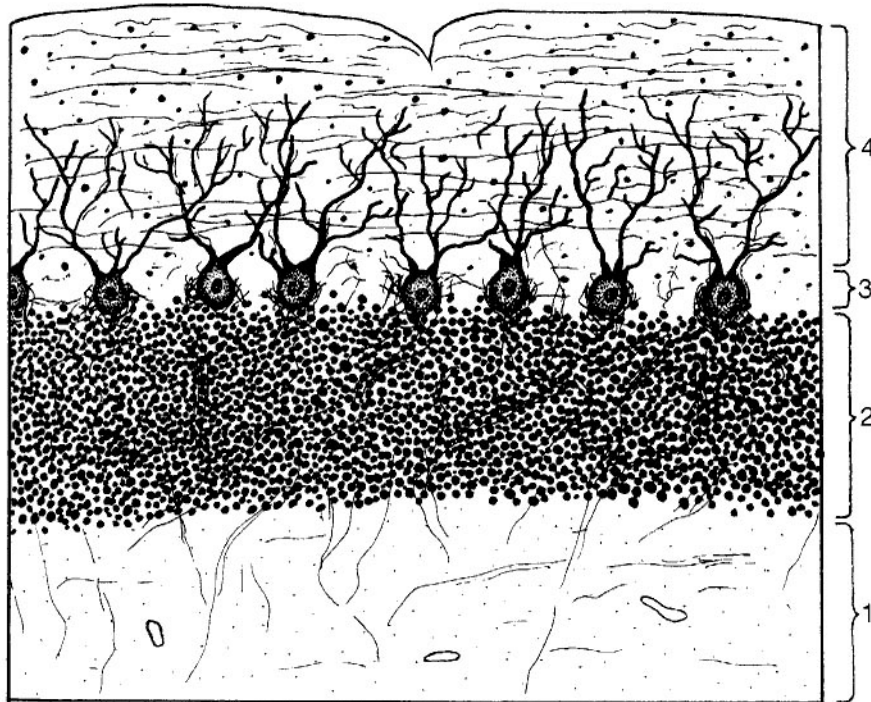


Abb. 2: Mikroskopisches Bild der Kleinhirnrinde. Von innen nach außen: 1: Marklager, 2: Körnerzellschicht, 3: Purkinjezellschicht, 4: Molekularschicht (aus Trepel, 2004)

1.1.3 Funktionelle Neuroanatomie des Kleinhirns

Es ist seit langem bekannt, dass das Kleinhirn einen entscheidenden Beitrag zu verschiedenen motorischen Funktionen leistet. Dabei wird vereinfacht gesprochen davon ausgegangen, dass den Kleinhirnhemisphären von den prämotorischen Arealen eine Art „Kopie“ eines Bewegungsablaufes übermittelt wird. Dieser Entwurf wird dann als optimiertes Bewegungsprogramm dem motorischen Kortex zur Ausführung zugeleitet. Dabei gilt als Leistung des Kleinhirns die Optimierung des Bewegungsablaufes, die eine Erhöhung der Zielgenauigkeit und eine rasche glatte Ausführung ermöglicht. Neben propriozeptiven sind hierbei auch visuelle und vestibuläre Afferenzen von Bedeutung.

Schädigungen des Kleinhirns können sich u.a. in folgenden motorischen Störungen manifestieren (Dichgans & Klockgether, 1992, Poeck, 1994):

- Ataxie: Störung der Gleichgewichtsregulation und der Bewegungskoordination, die bereits im Sitzen (Rumpfataxie) oder im Stehen (Standataxie) zur Fallneigung führt. Das Gehen wird breitbeinig, Richtungsabweichungen können auftreten (Gangataxie).
- Dysmetrie: Korrekturbedürftige überschießende oder zu kurze Zielbewegungen.
- Dysdiadochokinese: Unfähigkeit aufeinanderfolgende Bewegungen (auch feinmotorisch) auszuführen, basierend auf einer Störung der zeitlichen Bewegungskoordination.
- Intentions- und Haltetremor
- Cerebelläre Dysarthrie: Verlangsamte, verwaschene und skandierende Sprache.
- Okulomotorische Störungen: sakkadierte Blickfolge und fehlende Unterdrückung des vestibulo-okulären Reflexes.

Lateralisierte motorische Störungen treten aufgrund der doppelt gekreuzten Verbindungen zwischen Kleinhirn und Großhirn (s.u.) ipsilateral zur cerebellären Läsion auf.

Verbindungen zwischen Cerebellum und Cerebrum verlaufen auf afferenter Ebene über cortico-pontine und ponto-cerebelläre Moosfaserprojektionen, die Efferenzen bestehen aus cerebello-thalamischen und thalamo-cortikalen Faserzügen. Dabei kreuzen sowohl die afferenten als auch die efferenten Faserzüge jeweils vor der pontinen bzw. der thalamischen Verschaltung (Abb. 3). Ein zweites afferentes System verbindet den cerebralen Cortex mit dem Nucleus ruber und diesen über Kerne der inferioren Olive durch die Kletterfasern mit dem Cerebellum.

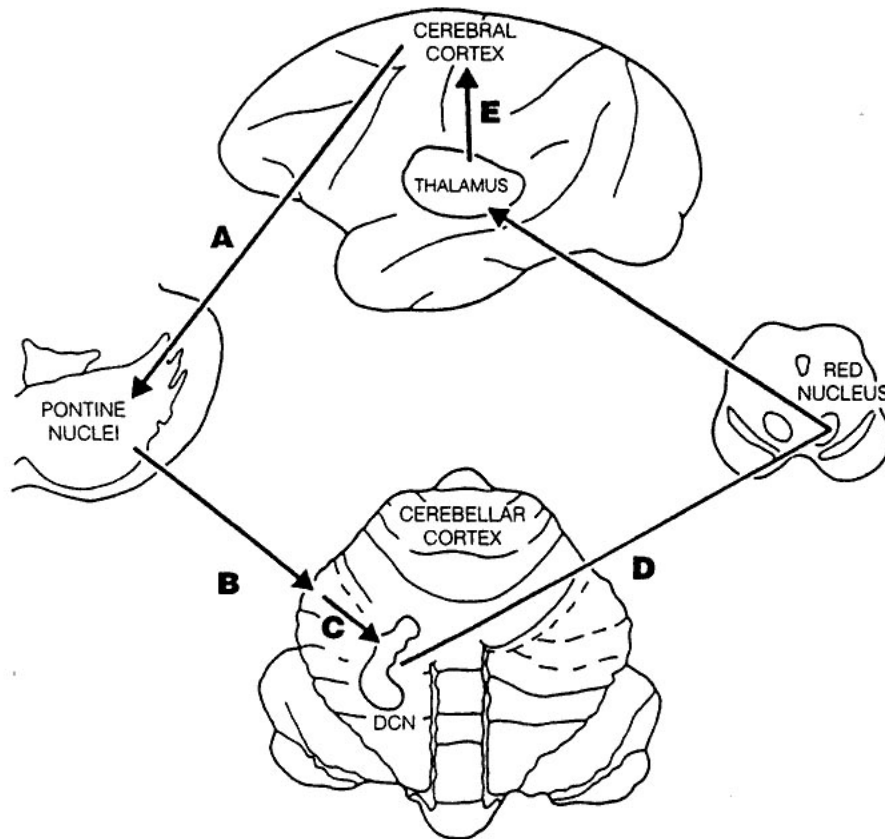


Abb. 3: Diagramm der cerebro-cerebellären Verbindungen. Feedforward-Schleife: Die cortico-pontine Verbindung (A) überträgt assoziative, paralimbische, sensorische und motorische Information vom cerebralen Cortex auf die Neuronen des ventralen Pons. Die Axone der pontinen Neuronen erreichen den cerebellären Cortex über pontocerebelläre Verbindungen (B). Feedback-Schleife: Der cerebelläre Cortex ist mit den tiefen cerebellären Kernen (DCN) verbunden (C), die ihrerseits über den Nucleus Ruber zum Thalamus projizieren (D). Der Kreislauf wird durch die thalamische Projektion zum cerebralen Cortex geschlossen (E) (aus Schmahmann & Pandya, 1997).

Da der Schwerpunkt dieser Arbeit auf dem Beitrag des Kleinhirns zu kognitiven Prozessen liegt, sollen im Folgenden vor allem die zugrunde liegenden kognitionsspezifischen anatomischen Netzwerke beschrieben werden. Erkenntnisse über eine mögliche neuropsychologische Funktion des Kleinhirns können zum einen aus Läsionsstudien gewonnen werden; eine andere wichtige Grundlage dieser Hypothese stellen Ergebnisse anatomischer Studien dar, die Verbindungen des Kleinhirns mit cerebro-cortikalen Regionen nachweisen, die im allgemeinen als für höhere kognitive Funktionen verantwortlich gelten. Diese zugrunde liegenden anatomischen Netzwerke werden im Folgenden näher beschrieben.

Afferenzen

Es konnte nachgewiesen werden, dass cortico-pontine Verbindungen nicht nur Informationen aus motorischen, prämotorischen, supplementärmotorischen und somatosensorischen Arealen übertragen. Schmahmann und Pandya (1997) haben die Verteilung cortico-pontiner Projektionen im Rhesusaffen dargestellt (Abb. 4). Verbindungen zu verschiedenen Regionen des Pons

haben ihren Ursprung im posterior parietalen Assoziationscortex (Schmahmann & Pandya, 1989), im Temporallappen und hier vor allem im superior temporalen Sulcus und auch in okzipitalen Regionen (Schmahmann & Pandya, 1991). Bezüglich des visuellen Systems wurde nachgewiesen, dass sowohl von den primären als auch von den assoziativen visuellen Cortices Informationen über visuell-räumliche Parameter, nicht aber Parameter zur Objektidentifikation zum Pons weitergeleitet werden. Auf präfrontaler Ebene gehen die Verbindungen vor allem von dorso-lateralen und präfrontal medialen Bereichen aus. Ursprünge aus dem orbitofrontalen und dem ventrolateralen präfrontalen Cortex konnten nicht nachgewiesen werden (Schmahmann & Pandya, 1997). Bei Katzen wurden jedoch Verbindungen zwischen rostralen und caudalen Bereichen des Gyrus Cinguli und dem Pons gezeigt.

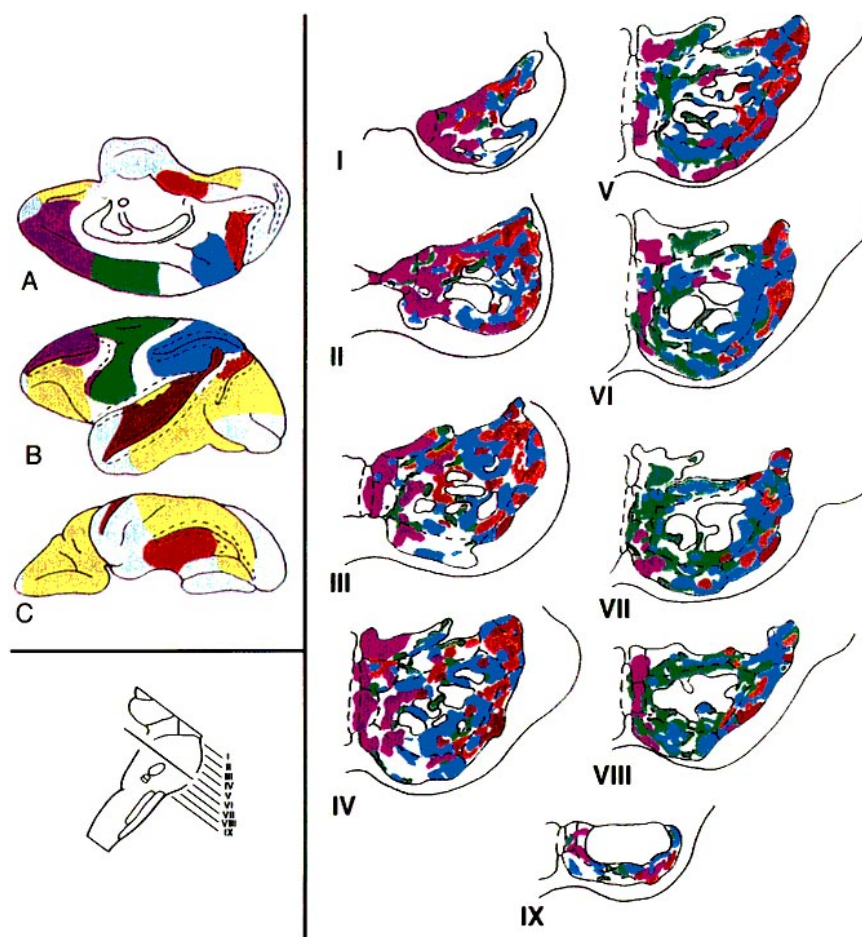


Abb. 4: Farbcodierte Darstellung der Verbindungen zwischen den Assoziationscortices in präfrontalen (lila), posterior parietalen (blau), temporalen (rot), parastriatalen und hippocampalen Regionen (orange) und von motorischen, prämotorischen und supplementärmotorischen Arealen (grün) im Rhesusaffen. Links die mediale (A), laterale (B) und ventrale (C) Ansicht der cerebralen Hemisphäre, rechts die verschiedenen rostrocaudalen Schnitte (I-IX) des basilaren Pons. Cerebrale Regionen, von denen keine Verbindungen zum Pons nachgewiesen werden konnten, sind gelb dargestellt (aus Schmahmann & Pandya, 1997).

Die Datenlage zu pontocerebellären Verbindungen ist in ihrem Umfang wesentlich geringer. Physiologische Studien haben gezeigt, dass parietaler und präfrontaler Cortex mit den cerebellären Hemisphären in Verbindung stehen, während auditorische und visuelle Informationen in Vermislappen VI und VII projiziert werden (Schmahmann & Pandya, 1997). Die genaue Übertragung höherer kognitiver Informationen über den Pons ins Cerebellum und ihre dortige genaue Verarbeitung sind jedoch noch nicht ausreichend erforscht.

Efferenzen

Die cerebellären Efferenzen bestehen zunächst aus Axonen der Purkinjezellen, die in den tiefen cerebellären Kernen enden. Hierbei projizieren mediale Anteile des cerebellären Cortex in mediale Kernregionen, nämlich in den Nucleus fastigii, während mediolaterale Bereiche in den Nucleus interpositus und die lateralen Kleinhirnhemisphären in den ebenfalls lateral gelegenen Nucleus interpositus projizieren (Haines, Patrick & Satrulle, 1982). Von dort ausgehend bestehen Verbindungen über motorische und non-motorische thalamische Kerne zu verschiedenen cerebro-cortikalen Regionen. Hierbei scheinen die Regionen, die über den Pons ins Cerebellum projizieren, ihrerseits auch Projektionen aus dem Cerebellum zu empfangen, die Verbindungen verlaufen also reziprok (Schmahmann & Pandya, 1997).

Dass cerebelläre Projektionen nicht nur, wie zunächst angenommen, über ausschließlich ventrolaterale Anteile des Thalamus in rein motorische Areale projizieren, wurde verschiedentlich nachgewiesen; eine ausführliche Zusammenfassung der Ergebnisse findet sich bei Middleton & Strick (1997, 2001). Über „labeling“ Studien konnten Projektionen innerhalb eines Netzwerkes über eine Länge von drei Neuronen verfolgt werden (Hoover & Strick, 1993). In derartigen Studien wird ein „tracer“ (z.B. Herpes Simplex Virus) injiziert, der retrograd die vorangeschalteten Neuronen markiert, von denen die Information übertragen wurde. Vereinfacht gesprochen kann damit die Spur der Informationsverarbeitung zurückverfolgt werden. Wurde nun ein retrograder „tracer“ in präfrontale dorsolaterale Areale injiziert, die auf neuropsychologischer Ebene im Allgemeinen mit dem Arbeitsgedächtnis in Verbindung gebracht werden, so wurden dadurch in der Folge ventral gelegene Neuronen des Nucleus dentatus markiert. Injektionen in das motorische oder prämotorische Handareal hingegen hatten eine weiter dorsal gelegene Markierung des Nucleus dentatus zur Folge, die caudale Region ließ sich durch Injektionen in die frontalen Augenfelder markieren. Daraus resultiert nicht nur, dass neben Verbindungen des Nucleus dentatus zu motorischen und okulomotorischen Arealen ebenfalls Verbindungen zu präfrontalen Arealen bestehen, sondern auch, dass die unterschiedlichen Bereiche des Nucleus dentatus in verschiedene Zielorte projizieren (Middleton & Strick, 1997).

Auch in einer physiologischen Studie, in der Affen die Aufgabe hatten, in einer bestimmten Reihenfolge auf Tasten zu drücken, konnten Mushiake & Strick (1993) die unterschiedlichen Ausgangsorte der jeweiligen Efferenzen nachweisen. In der Untersuchung wurden zwei Be-

dingungen unterschieden: In der Gedächtnisbedingung („remembered sequence“) war es die Aufgabe der Affen, sich die Reihenfolge, in der verschiedene Tasten aufleuchteten, zu merken, bevor sie die Folge nach einem Startsignal wiedergeben sollten. In der zweiten, einfacheren Bedingung („tracking“) hingegen leuchtete immer die jeweils nächste Taste auf, welche die Affen dann direkt betätigen sollten. Bei der Ableitung der Aktivität verschiedener Neurone des Nucleus dentatus konnte nachgewiesen werden, dass ca. 60% der Neuronen in Abhängigkeit der Bedingung feuerten. Von diesen aufgabenabhängigen Neuronen feuerten 75% am stärksten während der Ausführung der „tracking“ Bedingung, diese Neuronen befanden sich in dem Areal, das nachweislich in den prämotorischen Cortex projiziert. Ungefähr 16% der Neuronen feuerten vor allem während der Instruktionsphase und der Phase vor dem Startsignal in der „remembered sequence“ Bedingung. Diese Neuronen lagen größtenteils in dem Bereich des Nucleus dentatus, der in den präfrontalen Cortex projiziert und somit möglicherweise für die Arbeitsgedächtnisaspekte der Aufgabe verantwortlich ist. Die Studie belegt somit zum einen die Spezifität der verschiedenen Neuronen des Nucleus dentatus, zum anderen wurden Neuronen nachgewiesen, die nicht in Abhängigkeit von motorischen Aspekten sondern abhängig von den kognitiven Anforderungen feuerten.

Eine erste Übertragung der Schlussfolgerungen auf den Menschen gelang Kim, Ugurbil & Strick (1994) mit Hilfe einer fMRT-Studie. In einer ersten Bedingung hatten die Teilnehmer lediglich die Aufgabe, Stifte von Löchern an einer Seite eines Brettes in Löcher an der anderen Seite umzustecken. In der zweiten Bedingung sollte das Umstecken nach bestimmten komplexen Regeln erfolgen. Unter der zweiten Bedingung war die bilaterale Aktivität des Nucleus dentatus deutlich stärker ausgeprägt als in der ersten Bedingung. Weiterhin lagen die in der zweiten Bedingung aktiven Neuronen auch hier vermehrt im ventralen Bereich des Nucleus dentatus. Die Ergebnisse weisen daher auf einen Beitrag der ventral im Nucleus dentatus gelegenen Neuronen zu kognitiven Funktionen hin.

Zusammenfassend bestehen anatomische Hinweise darauf, dass das Cerebellum Informationen aus zahlreichen cerebro-cortikalen Regionen empfängt, die ihrerseits mit höheren kognitiven Funktionen in Verbindung gebracht werden. Weiterhin projizieren differenzierte Efferenzen aus verschiedenen cerebellären Regionen über unterschiedliche Bereiche der cerebellären tiefen Kerne und über den Thalamus in unterschiedliche – nicht nur motorik-assozierte – Areale. Diese Ergebnisse bilden die Grundlage für die Annahme, dass das Cerebellum nicht nur für die optimale Bewegungsausführung, sondern auch für das optimale Funktionieren höherer kognitiver Prozesse Relevanz besitzt.

1.1.4 Diaschisis

Der Begriff Diaschisis bedeutet in der direkten Übersetzung „Schock“ und wurde im Jahre 1911 durch von Monakow geprägt (in Kolb & Whishaw, 1993). Er besagt, dass eine Läsion sich auch auf zwar nicht direkt betroffene, aber anatomisch oder funktionell mit dem Läsionsort verbundene Hirnregionen auswirken kann, was sich in einer Abnahme des lokalen Metabolismus äußert. Der Grund für den veränderten Metabolismus wird dabei in der Abnahme des axonalen Inputs gesehen, über welches ursprünglich Informationen aus dem nun zerstörten Areal übermittelt wurden. Als Folge wird in dem von der Diaschisis betroffenen Areal ein reduzierter Blutfluss festgestellt. Diaschisis wurde sowohl nach ischämischen Läsionen als auch nach Tumoren beobachtet. Auch nach Injektionen von Intracarotid Natrium Amytal (WADA Test) konnte sie nachgewiesen werden (Reivich, 1992). Obwohl Diaschisisphänomene üblicherweise als zumindest z.T. reversibel betrachtet werden, sind auch Berichte von über mehrere Jahre bestehenden Diaschisisphänomenen bekannt (z.B. Attig, Botez, Hublet, Vervonk, Jacqy & Capon, 1991).

Am bekanntesten ist die gekreuzte cerebelläre Diaschisis, bei der beispielsweise nach links frontaler Läsion eine Minderdurchblutung des rechtsseitigen Cerebellums auftritt; doch auch innerhalb des Großhirns sind kontralaterale Diaschisisprozesse möglich (Rijntjes & Weiller, 2003). In Bezug auf die das Großhirn und das Kleinhirn verbindenden Netzwerke liegt in der gekreuzten cerebellären Diaschisis ein weiterer Beweis für die engen Verbindungen. Ist der Ursprungsort cerebellärer Afferenzen geschädigt, so zeigt sich dies im Cerebellum.

Auf funktioneller Ebene konnte sowohl nach anterioren als auch nach posterioren cerebralen Läsionen eine auf gekreuzter cerebellärer Diaschisis beruhende cerebelläre Ataxie nachgewiesen werden (in Reivich, 1992). In einer umfassenden Studie wurde festgestellt, dass aphasische Patienten mit Läsionen im Broca-Areal und im unteren Teil des linken präzentralen Gyri eine ausgeprägte gekreuzte cerebelläre Diaschisis aufwiesen (Abe, Ukita, Yorifuji & Yanagihara, 1997). Patienten mit links frontalen Läsionen, die ebenfalls den präzentralen Gyrus, nicht jedoch das Broca-Areal betrafen, zeigten keine cerebelläre Hypoperfusion. Die Autoren interpretieren die Ergebnisse als Nachweis für funktionelle und anatomische Verbindungen zwischen dem basalen frontalen Gyrus (Broca-Areal) und dem Kleinhirn. Ein Beitrag des Kleinhirns zu sprachlichen Prozessen über diese Verbindungen wird ebenfalls diskutiert.

Geht man von reziproken Verbindungen zwischen Cerebellum und Cerebrum aus, so müsste auch eine Minderdurchblutung cerebraler Areale nach Kleinhirnläsionen, also eine cerebrale Diaschisis bestehen. Tatsächlich konnte eine solche Hypoperfusion mit Hilfe von SPECT sowohl nach Kleinhirntumoren als auch nach Infarkten nachgewiesen werden (Attig et al., 1991; Boni, Valle, Cioffi, Bonetti, Perrone, Tofani & Maini, 1992). Attig et al. stellten bei drei Patienten mit einem auf die hintere Schädelgrube begrenzten Infarkt in kontralateral temporalen, parietalen und fronto-parieto-temporalen Arealen eine Minderdurchblutung fest. Das

Zeitintervall zwischen Infarkt und Untersuchung war dabei zwischen den Patienten sehr unterschiedlich (7 Wochen, 3 Monate, 17 Jahre). Boni et al. (1992) konnten erstmals eine kontralaterale präfrontale Hypoperfusion bei vier Patienten nach Kleinhirntumoren nachweisen. Bei einem fünften Patienten mit einer angeborenen cerebellären Hypoplasie wurde keine cerebrale Diaschisis festgestellt. Die Autoren werten die Daten als Unterstützung der Annahme, dass das Kleinhirn zu kognitiven Prozessen beiträgt.

Andere Autoren stellten in einer Gruppe von 19 Patienten mit Kleinhirnininfarkt nur bei sechs Patienten kontralaterale fronto-parietale bzw. temporale Diaschisis fest (Gomez-Beldarrain, Garcia-Monco, Quintana, Llorens & Rodeno, 1997). Bei sieben Patienten zeigte sich eine ipsilaterale fronto-parietale bzw. temporale Minderdurchblutung und bei den übrigen sechs Patienten konnte keinerlei cerebrale Diaschisis nachgewiesen werden. Ebenfalls durchgeführte neuropsychologische Tests führten außer einem tendenziellen Defizit im Benennen zu keinen signifikanten Ergebnissen, wobei kritisch zu bemerken ist, dass es sich bei der Kontrollgruppe ebenfalls um neurologische Patienten handelte, deren fehlende neuropsychologische Beeinträchtigung lediglich durch Werte oberhalb des cut-off Wertes für Demenz (≥ 23) im Mini-Mental-State-Test (Folstein, Folstein & Mc Hugh, 1975) nachgewiesen wurde. Die Autoren zogen die Schlussfolgerung, dass der Läsionsort weder für eventuelle neuropsychologische Defizite, noch für die Diaschisis Relevanz besitzt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass neben der bekannten gekreuzten cerebellären Diaschisis auch eine gekreuzte cerebrale Diaschisis nachgewiesen werden konnte, obwohl hierzu weniger konsistente Ergebnisse vorliegen. Beide Arten der Diaschisis sind auf die anatomischen Verbindungen zwischen Kleinhirn und Großhirn zurückzuführen. Ob die cerebrale Diaschisis die Grundlage neuropsychologischer Defizite nach Kleinhirnläsionen darstellt, lässt sich bisher nicht erschöpfend klären. Dass sie von verschiedensten Autoren immer wieder als eine mögliche Erklärung herangezogen wird, wird in den folgenden Abschnitten über den Beitrag des Kleinhirns zu verschiedenen neuropsychologischen Funktionen deutlich werden.

1.2 Der Beitrag des Kleinhirns zu motorischem und assoziativem Lernen

Der Beitrag des Kleinhirns zu motorischem und assoziativem Lernen stellt einen vergleichsweise gut untersuchten Aspekt der Kleinhirnforschung dar. Da es sich dabei gewissermaßen um eine Basis handelt, auf der die Erforschung komplexerer kognitiver Prozesse basiert, sollen die grundlegenden Theorien im Folgenden kurz dargestellt werden.

1.2.1 Motorisches Lernen

Der Beitrag des Kleinhirns zu motorischem Lernen wird seit langem diskutiert. Beispiele komplexer Bewegungsabläufe wie etwa Tennis spielen oder Klavier spielen, an deren Erlernen und auch an deren Ausführung das Kleinhirn beteiligt ist, sind aus der Literatur bekannt (Thach, 1997). Hinweise darauf resultieren zum einen aus Beobachtungen an Patienten mit Kleinhirnläsionen, die Schwierigkeiten im Erlernen und in der Durchführung von Bewegungsaufgaben zeigen, zum anderen aus Studien, die mit Hilfe bildgebender Verfahren die Aktivierung des Kleinhirns bei entsprechenden Aufgaben nachweisen konnten (Friston, Frith, Passingham, Liddle & Frackowiak, 1992; Grafton, Woods & Mike, 1994; Jenkins, Brooks, Nixon, Frackowiak & Passingham, 1994; Seidler, Puroshotham, Kim, Ugurbil, Willingham & Ashe, 2002; Seitz, Roland, Bohm, Greitz & Stone-Elander, 1990).

Die heutigen Vorstellungen über cerebelläres motorisches Lernen basieren auf den Theorien von Marr (1969), Albus (1971) und Gilbert (1974, vgl. auch Thach, 1997; Houk, Buckingham & Barto, 1997). Möglich wird die Durchführung und das Erlernen von Bewegungen nach diesen Netzwerkmodellen durch das Zusammenspiel der verschiedenen cerebellären Afferenzen, den hoch konvergent verschalteten Moosfasern, die über Körnerzellen und Parallelfasern mit den Purkinjezellen in Verbindung stehen, und den etwa eins zu eins mit den Purkinjezellen verschalteten Kletterfasern. Neben der Konvergenz der Verschaltung liegt ein weiterer Unterschied der beiden Systeme in der Feuerungsrate. Während das Moosfaser-Parallelfasernsystem mit einer Frequenz von 0-500 pro Sekunde feuert, liegt die Rate der Kletterfasern nur bei ca. einer Entladung pro Sekunde; in der Stärke ihres synaptischen Kontaktes zur Purkinjezelle ist sie den Parallelfasern jedoch weit überlegen.

Informationen aus praktisch dem ganzen Nervensystem werden über Moos- und Parallelfasern den Purkinjezellen übermittelt, die ihrerseits auf die somatotopisch organisierten tiefen cerebellären Kerne projizieren. Die die Purkinjezellen erreichende Information ist daher nicht nur somatosensorischer Art, sondern sie beinhaltet ebenfalls Informationen über den Kontext, in welchem eine Bewegung ausgeführt wird. Diese Vereinigung der Kontextinformationen und des motorischen Outputs in den Purkinjezellen ermöglicht das Erlernen automatisierter

im Gegensatz zu bewusstseinsgesteuerten Bewegungen. So wird angenommen, dass allein die Kontextinformation, z.B. beim Musizieren die Kombination bestimmter Töne eines oft geübten Musikstückes, die geübte Bewegungsreaktion hervorruft, die ihrerseits wieder den Trigger für die folgende Bewegung darstellt. Die Aufgabenkontrolle wird so anstatt von bewussten cerebro-cortikalen Prozessen zunehmend von automatisierten im Kleinhirn lokalisierten Prozessen ausgeübt.

Doch wie kommt es zur Optimierung dieser von einem intakten Kleinhirn kontrollierten typischerweise glatten Bewegungen? Die Annahme besteht darin, dass die Kletterfasern stets dann reagieren, wenn beim Lernen einer Bewegung die tatsächliche von der geplanten Bewegung abweicht. Die Stärke des synaptischen Kontaktes führt nun dazu, dass die synaptischen Übertragungen der Parallelfasern an der Purkinjezelle, die an der fehlerhaften Bewegungsreaktion „beteiligt“ waren, in ihrem Kontakt reduziert werden. Durch wiederholtes Üben bleiben, vereinfacht gesprochen, nur die synaptischen Übertragungen der Parallelfasern aktiv erhalten, die zu dem korrekten Bewegungsmuster und somit zu keiner „Hemmung“ durch die Kletterfasern geführt haben (Thach, 1997). Dadurch werden überflüssige Abweichungen minimiert und die exakte Bewegung optimiert.

Insgesamt wird die Frage, welche genaue Rolle dem Kleinhirn beim motorischen Lernen zukommt, widersprüchlich diskutiert. In einer ausführlichen Darstellung zahlreicher Studien zur Rolle des Kleinhirns für motorisches Lernen fasst Doyon (1997) jedoch zusammen, dass ausreichende Nachweise vorliegen, die bestätigen, dass das Kleinhirn für den Erwerb motorischer Skills von großer Bedeutung ist. Die Frage, ob das Kleinhirn auch für die Durchführung automatisierter Bewegungsabfolgen gleichermaßen relevant ist oder ob diese eher in rein cerebro-cortikalen Netzwerken repräsentiert sind, kann derzeit nicht erschöpfend beantwortet werden.

1.2.2 Assoziatives Lernen

Während die Funktion des Kleinhirns bei komplexen Aufgaben wie dem Lernen von Fingersequenzen oder auch visuo-motorischer Skills noch immer diskutiert wird, ist seine Relevanz für die Klassische Konditionierung als Basisfunktion allen assoziativen Lernens unumstritten. Für eine ausführliche Beschreibung und Zusammenfassung zahlreicher Studienergebnisse sei auf Thompson et al. (Thompson, Bao, Chen, Cipriano, Grethe, Kim, Thompson, J.K., Tracy, Weninger & Krupa, 1997) verwiesen.

Nach ausführlichen tierexperimentellen Untersuchungen beziehen sich die meisten Untersuchungen am Menschen auf den Lidschlussreflex. Hinweise darauf, dass für die Klassische Konditionierung des Lidschlussreflexes der jeweils zum Auge ipsilateral gelegene Teil des Kleinhirns von Bedeutung ist, stammen aus verschiedensten Studien. Zum einen stützen sowohl Studien an Patienten mit cerebellären Läsionen als auch Studien mit bildgebenden Ver-

fahren diese Annahme. Zum anderen wurden analog zur Abnahme der Purkinjezellpopulation bei Gesunden mit zunehmendem Alter Veränderungen der Lidschlusskonditionierung beobachtet, die ebenfalls einen Zusammenhang zwischen dem Kleinhirn und der Klassischen Konditionierung nahelegen (Woodruff-Pak, 1997). An dieser Stelle sei nur darauf hingewiesen, dass auf der Ebene des cerebellären Cortex Langzeitunterdrückung („long-term-depression“) und im Nucleus interpositus Langzeitpotenzierung („long-term-potentiation“) für die Bahnung der Klassischen Konditionierung verantwortlich gemacht werden. Dabei besteht das für den konditionierten Stimulus relevante Netzwerk aus vom Pons zum Cerebellum projizierenden Moosfasern, das „verstärkende“ Netzwerk des unkonditionierten Stimulus umfasst die Neuronen der inferioren Olive und die von dort zum Cerebellum projizierenden Kletterfasern. Das der konditionierten Reaktion zugrundeliegende Netzwerk beinhaltet den Nucleus interpositus und die von ihm ausgehenden Projektionen über den superiores cerebellären Pedunkel zum Nucleus ruber sowie rubrale Projektionen zu motorischen und prämotorischen Kernen.

Thompson et al. (1997) fassen die Bedeutung der Ergebnisse folgendermaßen zusammen:

„The experimental findings reviewed ... provide perhaps the first conclusive evidence for the localization of a basic form of memory storage to a particular brain region, namely the cerebellum, and indicate that the cerebellum is indeed a cognitive machine.“ (Thompson et al., 1997, S.152)

In dem Zitat wird der fließende Übergang zwischen motorischen und kognitiven Funktionen deutlich, die dem Kleinhirn zugeschrieben werden. In vielen Aufgaben scheint eine eindeutige Trennung beider Bereiche kaum möglich und wenig sinnvoll (Bloedel & Bracha, 1997). Da jedoch nach traditioneller Sichtweise das Kleinhirn nur mit motorischen Funktionen in Verbindung gebracht wird, wird zunehmend versucht, die kognitiven Aspekte herauszuarbeiten, um diese von der Motorik unabhängig darstellen zu können. So konnte in verschiedenen Studien nachgewiesen werden, dass Defizite im assoziativen Lernen nicht nur auf motorische Aspekte zurückzuführen sind (Drepper, Timmann, Kolb & Diener, 1999; Timmann, Drepper, Maschke, Kolb, Böring, Thilmann & Diener, 2002; Tucker, Nixon, Rushworth, Harding, Jahansahi, Quinn & Thompson, 1996).

Zusammenfassend gilt der Beitrag des Kleinhirns zu Funktionen des motorischen und assoziativen Lernens in weiten Kreisen als unumstritten. Hinweise darauf, dass sich dieser Beitrag nicht nur auf die motorischen, sondern auch auf die kognitiven Aspekte des assoziativen Lernens bezieht, nehmen zu und werden durch zahlreiche Untersuchungen zu kognitiven Funktionen des Kleinhirns, die v.a. seit den 90er Jahren durchgeführt wurden, unterstützt.

1.3 Neuropsychologische Funktionen des Kleinhirns

Obwohl in den Lehrbüchern zumeist nur die rein motorische Funktion des Kleinhirns beschrieben wird, verdeutlichen die beschriebenen Forschungsbeiträge zum motorischen Lernen, dass dort bereits auch ein möglicher Beitrag zu kognitiven Funktionen in Erwägung gezogen wird. In den 90er Jahren begann die umstrittene kognitive Funktion des Kleinhirns in den Fokus neuropsychologischer Forschung zu rücken.

Einen Hinweis auf eine mögliche nicht-motorische Funktion des Kleinhirns liefern u.a. Berichte über morphologische cerebelläre Veränderungen bei Patienten mit einer Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Störung (ADHS) oder schizophrenen Patienten. So werden z.B. negative Korrelationen zwischen dem Volumen des Kleinhirns und der Dauer negativer und psychotischer Symptome sowie psychosozialer Beeinträchtigung bei schizophrenen Patienten berichtet (Wassink, Andreasen, Nopoulos & Flaum, 1999). Bei Patienten mit ADHS werden Vermishypoplasien nachgewiesen (siehe Punkt 1.3.2.1 Aufmerksamkeit und Kleinhirn).

Weiterhin sprechen sowohl Läsionsstudien als auch Studien mit bildgebenden Verfahren für eine Beteiligung des Kleinhirns an kognitiven Prozessen. Die Ergebnisse dieses Forschungsgebietes sollen im folgenden Abschnitt nach Funktionsbereichen unterteilt dargestellt werden. Dem vorangestellt wird die Beschreibung des von Schmahmann & Sherman (1998) formulierten „cerebellar cognitive affective syndrome“, die einen grundlegenden Beitrag in diesem Forschungsgebiet darstellt.

1.3.1 Das „cerebellar cognitive affective syndrome“

Das „cerebellar cognitive affective syndrome“ wurde 1998 von Schmahmann und Sherman postuliert. Die Autoren untersuchten Patienten mit rein cerebellären Läsionen, die sich innerhalb eines Zeitrahmens von sieben Jahren (1989-1996) in der Neurologie vorstellten. Alle Patienten wurden neurologisch untersucht, es wurden – soweit möglich – durch MRT und EEG, ein „mental bedside testing“ sowie eine ausführliche neuropsychologische Testung durchgeführt. Nach der Beachtung verschiedener Ausschlusskriterien (z.B. neurologische Erkrankungen wie Morbus Alzheimer oder Morbus Parkinson, psychiatrische Grunderkrankungen, Drogen- oder Alkoholmissbrauch, Schädel-Hirn-Trauma) ergab sich eine Stichprobe von 20 Patienten. Dabei waren die folgenden Krankheitsbilder vertreten: Schlaganfall (13), postinfektiöse Cerebellitis (3), cerebello-cortikale Atrophie (3) und Resektion eines Tumors des Vermis. Der Untersuchungszeitpunkt variierte zwischen einer Woche und sechs Jahren nach Beginn der Erkrankung.

Die Ergebnisse führten zu der Formulierung eines nach Kleinhirnläsionen bestehenden „cerebellar cognitive affective syndrome“, das die folgenden Defizite beinhaltet:

- Störung der Exekutivfunktionen
(Planung, „Shifting“, abstraktes Schlussfolgern, Arbeitsgedächtnis, Wortflüssigkeit)
- Störung der räumlichen Kognitionen
(visuo-räumliche Organisation, visuo-räumliches Gedächtnis)
- Persönlichkeitsveränderungen
(Abflachung des Affekts, disinhibiertes oder unangemessenes Verhalten)
- Sprachliche Schwierigkeiten
(Dysprosodie, Agrammatismus, leichte Benennstörung)

Schmahmann und Sherman (1998) betonen, dass diese Auffälligkeiten nicht nur anhand einer detaillierten neuropsychologischen Testung nachweisbar waren, sondern durchaus klinische Relevanz besaßen und auch von Angehörigen und dem Klinikpersonal bemerkt wurden. Dabei waren die Defizite nicht durch möglicherweise ebenfalls vorhandene motorische Beeinträchtigungen zu erklären. Eine deskriptive Betrachtung der Stichprobe ergab, dass die Defizite bei bilateralen und großen Läsionen sowie bei akutem Beginn besonders ausgeprägt waren. Posteriore Läsionen waren vor allem für die kognitiven Verhaltensaspekte ausschlaggebend; Vermisläsionen führten zu einer Störung des Affekts. Der anteriore cerebelläre Cortex hingegen schien sowohl für kognitive als auch für affektive Aspekte eine insgesamt geringere Relevanz zu haben. Aufgrund der geringen Stichprobengröße und der Heterogenität der Stichprobe warnen die Autoren jedoch vor endgültigen Schlussfolgerungen bezüglich der Lokalisationen. Die Defizite werden als eine Folge der Unterbrechungen anatomischer Verbindungen zu Arealen des cerebralen Cortex interpretiert.

Die beschriebene Studie stellt die zur Zeit auf neurologischer wie neuropsychologischer Ebene wohl ausführlichste Beschreibung einer im Vergleich zu anderen Berichten doch verhältnismäßig großen Stichprobe cerebellärer Patienten dar. Trotz vieler noch offener Fragen, hat die Veröffentlichung dazu geführt, „that the contribution of the cerebellum to cognition and emotion can no longer be ignored“ (Dolan, 1998, S. 546).

1.3.2 Aufmerksamkeitsfunktionen

Eine intakte Aufmerksamkeit kann als Basisfunktion fast aller kognitiver Funktionen gelten. Ist die Aufmerksamkeit gestört, so wird sich diese Störung im Alltag auf die Funktionen ausweiten, die nicht als automatisierte Routinefunktionen gelten können. Konzentrationsstörungen, erhöhte Ermüdbarkeit, Intoleranz gegenüber Geräuschen und die Unfähigkeit, mehrere Dinge gleichzeitig zu tun, können die Folge sein (Sturm & Zimmermann, 2000).

Unter dem Begriff Aufmerksamkeit werden verschiedene spezifische Aufmerksamkeitsbereiche zusammengefasst. Van Zomeren und Brouwer (1994) beschreiben verschiedene Aufmerksamkeitsfunktionen entlang zweier Dimensionen: der Intensität und der Selektivität. Bezüglich der Intensität werden Alertness – tonische Alertness als allgemeines Aufmerksamkeitsniveau und phasische Alertness als die Fähigkeit, das Aufmerksamkeitsniveau in Erwartung auf ein Ereignis hin zu steigern – und längerfristige Aufmerksamkeitszuwendung im Sinne von Vigilanz unterschieden. Unter Selektivität werden die Begriffe der fokussierten (selektiven) und der geteilten Aufmerksamkeit zusammengefasst. Bei der fokussierten Aufmerksamkeit steht die Beachtung nur eines Aspektes bzw. nur einer Modalität im Vordergrund, zugleich ist die Nichtbeachtung anderer Aspekte erforderlich, während bei der geteilten Aufmerksamkeit die simultane Bearbeitung mehrerer Aufgaben erforderlich ist. Den verschiedenen Aufmerksamkeitsfunktionen übergeordnet ist die „supervisory attentional control“ in Anlehnung an das Modell von Shallice (1988). Diese Kontrollfunktion beschreibt die Fähigkeit, bei neuen Aufgaben das richtige Handlungsschema auszuwählen, und stellt somit die Flexibilität zwischen verschiedenen Reaktionsalternativen dar. Der Übergang zu Exekutivfunktionen, den Fähigkeiten der Planung und Strategiebildung (s. Punkt 1.3.3 Exekutivfunktionen) ist dabei als fließend zu betrachten.

Aus funktionell neuroanatomischer Sicht werden vor allem der Hirnstamm und die rechte Hemisphäre, hier vor allem parietale und frontale Anteile, mit Aufmerksamkeitsfunktionen in Verbindung gebracht. Dabei werden inzwischen weniger einzelne Lokalisationen als vielmehr den verschiedenen Funktionen zugrunde liegende Netzwerke diskutiert. Sturm und Zimmermann (2000) haben den Versuch einer Zusammenstellung der für die unterschiedlichen Aufmerksamkeitsfunktionen relevanten Hirnareale unternommen, sie selbst weisen dabei auf die zwangsläufige Unvollständigkeit einer solchen Taxonomie hin (s. Tab. 1).

Tab. 1: Aufmerksamkeitsfunktionen und funktionale Netzwerke (aus Sturm & Zimmermann, 2000)

Dimension	Bereich	Netzwerk
Intensität	Aufmerksamkeitsaktivierung (Alertness) (intrinsisch, tonisch, phasisch)	Hirnstammanteil der formatio reticularis, insbesondere noradrenerge Kerngebiete, dorsolateraler präfrontaler und inferiorer parietaler Cortex der rechten Hemisphäre, intralaminare und retikuläre Thalamuskern, anteriorer Anteil des Gyrus Cinguli
	Daueraufmerksamkeit, Vigilanz	
Selektivität	Selektive oder fokussierte Aufmerksamkeit	Inferiorer frontaler Cortex insbesondere der linken Hemisphäre (Inhibition?), fronto-thalamische Verbindungen zum nucleus reticularis des Thalamus, anteriores Cingulum (?)
	Visuell-räumliche selektive Aufmerksamkeit, Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus	Inferiorer Parietalcortex (disengage), colliculi superiores (shift), posterior lateraler Thalamus, insbesondere Pulvinar (engage)
	Geteilte Aufmerksamkeit	Präfrontaler Cortex (bilateral), vordere Abschnitte des Cingulum

Aufmerksamkeit und Kleinhirn

Verschiedene Studien haben Hinweise dafür geliefert, dass auch das Kleinhirn einen Beitrag zu Aufmerksamkeitsfunktionen liefert.

Die anatomischen Verbindungen zwischen cerebro-cortikalen Strukturen und dem Kleinhirn, die auch Aufmerksamkeitsprozessen zugrunde liegen können, wurden bereits beschrieben (Punkt 1.1.3 Funktionelle Neuroanatomie des Kleinhirns). Weitere anatomische Hinweise stammen aus dem Bereich der Forschung, der sich mit Patienten mit Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Störung (ADHS) befasst. ADHS ist unter anderem dadurch gekennzeichnet, dass relevanten Reize nicht genügend Aufmerksamkeit zuteil wird, während bezüglich irrelevanter Stimuli die Response-Unterdrückung gestört ist. Neben anatomischen Korrelaten im präfrontalen Cortex sowie in den Basalganglien wurden auch cerebelläre Abnormalitäten festgestellt: Kinder mit ADHS wiesen in einer MRT-Studie signifikant kleinere Lappen des posterior inferioren Vermis (VIII-X) auf als Kontrollpersonen, bezüglich der superior posterioren Vermislappen (VI-VII) hingegen bestand kein Unterschied (Berquin, Giedd, Jacobsen, Hamburger, Krain, Rapoport & Castellanos, 1998; Castellanos, Giedd, Berquin, Walter, Sharp, Tran, Vaituzis, Blumenthal, Nelson, Bastain, Zijdenbos, Evans & Rapoport, 2001; Mostovski, Reiss, Lockhart & Denckla, 1998). Die Autoren interpretieren die Ergebnisse dahingehend, dass exekutiven Aufmerksamkeitsaspekten ein frontal subcortikales Netzwerk zugrunde liegt, in welches die posterior inferioren vermalen Bereiche integriert sind. Für die

Aufmerksamkeitsausrichtung und das räumliche Aufmerksamkeitsshifting hingegen wird ein die posterior superiores vermalen Bereiche und den parietalen Cortex umfassendes Netzwerk angenommen.

Auch fMRT-Studien liefern Hinweise auf von der Motorik unabhängige Kleinhirnaktivität bei Aufmerksamkeitsaufgaben. Allen et al. konnten nachweisen, dass motorische und Aufmerksamkeitsaspekte einer Aufgabe jeweils unterschiedliche Bereiche des Cerebellums aktivieren (Allen, Buxton, Wong & Courchesne, 1997). Die drei Bedingungen der Versuchsanordnung erforderten von den Teilnehmern entweder visuelle Aufmerksamkeit ohne motorische Reaktion, nur eine motorische Reaktion ohne Aufmerksamkeitskomponente oder Aufmerksamkeit und motorische Reaktion. Es konnte eine doppelte Dissoziation cerebellärer Areale bezüglich Funktion und Struktur nachgewiesen werden: Während die rein motorische Aufgabe (mit der rechten Hand) zu maximaler Aktivität im rechten anterioren Cerebellum führte, war unter der reinen Aufmerksamkeitsbedingung im linken superior posterioren Cerebellum die stärkste Aktivität nachweisbar.

In einer weiteren fMRT-Studie, in der eine „focused-attention“ Aufgabe als Kontrolle für eine „shifting-attention“ Aufgabe diente, bestand die stärkste Aktivität in der rechten lateralen Hemisphäre des Cerebellums. Bei einigen Teilnehmern wurde auch eine Aktivierung des ventralen Nucleus Dentatus nachgewiesen (Le, Pardo & Hu, 1998). Trotz unterschiedlicher Regionen stärkster Aktivierung, die vermutlich auf die unterschiedlichen Aufgaben (Allen et al.: „focused attention“, Le et al.: „shifting attention“) zurückzuführen sind, konnte in beiden Studien eine Beteiligung des Kleinhirns an Aufmerksamkeitsprozessen unabhängig von motorischen Komponenten nachgewiesen werden.

Einen ausführlichen Beitrag zur Erforschung von Strukturen, die Aufmerksamkeitsprozessen zugrunde liegen, liefert die Arbeitsgruppe um Courchesne (Ciesilski, Courchesne & Elmasian, 1990; Harris, Courchesne, Townsend, Carper & Lord, 1999; Townsend, Courchesne, Covington, Westerfield, Harris, Lyden, Lowry & Press, 1999; Townsend, Westerfield, Leaver, Makeig, Jung, Pierce & Courchesne, 2001). Im Zentrum ihrer Untersuchungen stehen vor allem autistische Patienten. Der Zusammenhang zum Kleinhirn besteht darin, dass in 95% aller Autopsiefälle autistischer Patienten eine anatomische Abweichung der superior posterioren Vermislappen (VI-VII), zumeist in Form einer Hypoplasie, festgestellt wurde (Townsend et al., 2001).

In einer Aufgabe zur räumlichen Aufmerksamkeit wiesen autistische Patienten nicht nur verzögerte Reaktionszeiten auf, sondern machten auch mehr Fehler als Kontrollpersonen. Die Tatsache, dass die Patienten auch stärker von einem größeren Intervall zwischen Hinweisreiz und Zielreiz profitierten, weist auf eine verzögerte Ausrichtung der Aufmerksamkeit hin. Die von Mostovski et al. (1998) angenommene Relevanz des posterior superiores Vermis für die Ausrichtung räumlicher Aufmerksamkeit scheint sich hier zu bestätigen. Vergleichbare Ergebnisse werden auch von Patienten mit cerebellärer Läsion berichtet (Akshoomoff, Cour-

chesne & Townsend, 1997). Vor allem die Ausrichtung der Aufmerksamkeit ipsilateral zur Läsion scheint hier beeinträchtigt zu sein. Auch in der Bearbeitung einer Aufgabe, die einen Aufmerksamkeitswechsel zwischen auditorischen und visuellen Reizen erforderte, konnten sowohl für Patienten mit cerebellären Läsionen als auch für autistische Patienten Defizite nachgewiesen werden (Courchesne, Townsend, Akshoomoff, Saitoh, Yeung-Courchesne, Lincoln, James, Haas, Schreibman & Lau, 1994).

Carper & Courchesne (2000) weisen weiterhin auf eine inverse Korrelation zwischen der Größe der beschriebenen Vermislappen (VI-VII) und der Größe des frontalen Cortex bei autistischen Patienten hin, die bei gesunden Kontrollen nicht besteht. Dies legt nahe, dass anatomische Abweichungen einer Cortexregion, in diesem Fall dem Cerebellum, Fehlentwicklungen einer anderen Region, hier dem frontalen Cortex, zur Folge haben. Eine solche mögliche Abhängigkeit stünde im Einklang mit Berichten von gekreuzter Diaschisis bei Patienten mit Kleinhirnläsionen (Rousseaux & Steinling, 1992, vgl. Punkt 1.1.4 Diaschisis).

Ein weiterer Hinweis auf bestehende Aufmerksamkeitsdefizite nach Kleinhirnläsionen stammt aus unserer Kieler Arbeitsgruppe (Gottwald, Mihajlovic, Wilde & Mehdorn, 2003). Im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden erwiesen sich die Patienten (nach fokal cerebellären Tumoren bzw. Blutungen) als beeinträchtigt in der geteilten Aufmerksamkeit. Dabei handelte es sich um qualitative Defizite (Auslassungen kritischer Reize), Unterschiede in der Reaktionsgeschwindigkeit wurden hingegen nicht festgestellt. In einer Aufgabe zur selektiven Aufmerksamkeit zeigten sich keine signifikanten Gruppendifferenzen. Die Beeinträchtigung der Patienten bezog sich daher auf die erhöhten kognitiven Anforderungen der Aufgabe, in der Reize zweier Modalitäten zugleich beachtet werden sollten, und ist nicht auf motorische Defizite zurückzuführen.

Diesen verschiedenen Nachweisen für eine Beteiligung des Kleinhirns an Aufmerksamkeitsprozessen stehen Studien gegenüber, in denen Patienten mit cerebellären Läsionen keine oder möglicherweise nur motorisch bedingte Defizite in Aufgaben zur Aufmerksamkeit zeigten. Helmuth, Ivry & Shimizu (1997) berichten, in einer „shifting-attention“ Aufgabe keine Defizite bei Patienten mit cerebellärer Läsion festgestellt zu haben (eine Ausnahme bilden beobachtete verlängerte Reaktionszeiten, die als Folge motorischer Einschränkungen interpretiert werden). Ravizza & Ivry (2001) wiesen in einer Studie mit Parkinsonpatienten und Patienten mit Kleinhirnläsionen bei einer „shifting-attention“ Aufgabe zunächst zwar in beiden Gruppen Defizite nach, die Kleinhirnpatienten konnten sich nach einer Reduktion der motorischen Anforderungen jedoch signifikant verbessern. Auch hier wurden daher die Defizite auf motorische Einschränkungen zurückgeführt.

Zusammenfassend beruhen die derzeitigen Erkenntnisse über einen Einfluss des Kleinhirns auf Aufmerksamkeitsprozesse vor allem auf Studien an autistischen Patienten. Untersuchungsergebnisse von Patienten mit Kleinhirnläsionen sind selten und z.T. widersprüchlich. Die Unterschiedlichkeit verschiedener Aufmerksamkeitsprozesse trägt sicher zur Widersprüchlichkeit der Ergebnisse und auch zu den unterschiedlichen in fMRT-Studien nachgewiesenen aktiven Regionen bei. So ist trotz wertvoller Hinweise aus verschiedenen Forschungsbereichen eine umfassende Aussage derzeit nicht möglich.

1.3.3 Exekutivfunktionen

Unter Exekutivfunktionen werden verschiedene komplexe kognitive Prozesse zusammengefasst. Eine eindeutige und ausschließliche Definition besteht derzeit nicht. In der Literatur werden Begriffe wie Antizipation, Planung, Handlungsinitiierung, kognitive Flexibilität und Umstellungsfähigkeit („switching“), Koordinierung von Informationen und Wahrnehmungsprozessen sowie Zielüberwachung den exekutiven Funktionen zugeordnet (Matthes-von Cramon & von Cramon, 2000). Eine Gemeinsamkeit der verschiedenen Funktionen besteht darin, dass sie vor allem in neuen Situationen, für die kein festes Handlungsschema besteht, zum Tragen kommen. Dies kann dazu führen, dass Patienten mit exekutiver Dysfunktion in der Klinik bzw. in einer strukturierten Testsituation kaum auffällig sind, in der Planung und Bewältigung ihres Alltags jedoch gravierende Probleme aufweisen.

Aus funktionell neuroanatomischer Sicht werden Exekutivfunktionen dem präfrontalen Cortex zugeschrieben. Aus Sicht von Matthes-von Cramon und von Cramon ist dies jedoch weniger auf eine Lokalisation der Funktion im präfrontalen Cortex zurückzuführen, als vielmehr auf die Tatsache, dass dieser durch seinen großen Faserreichtum mit nahezu allen Hirnregionen in anatomisch enger Verbindung steht. Exekutivfunktionen stellen keine kognitive Basisfunktion dar, sondern sehr komplexe kognitive Prozesse. Dieser Komplexität scheint die präfrontale Verknüpfung von Informationen aus verschiedenen Hirnarealen zugrunde zu liegen.

Auf theoretischer Ebene besteht ein enger Zusammenhang zum Arbeitsgedächtnis und damit zum von Norman & Shallice (Shallice, 1988) postulierten „Supervisory Attentional System“ (SAS). Nach dieser Theorie bestehen für bekannte Situationen und Anforderungen erfahrungsbedingte Schemata zur Verfügung, die in den entsprechenden Situationen aktiviert werden und dann automatisch ablaufen. Diese Form der Handlungskontrolle wird als „Contention Scheduling“ bezeichnet. Sie ermöglicht ein auf die Situation abgestimmtes schnelles und wenig Aufmerksamkeit erforderndes Verhalten. Das SAS hingegen wird in dem Moment erforderlich, in dem kein bereits bekanntes Schema zur Verfügung steht. Es stellt die bewusste und flexible Handlungssteuerung dar, die die Bewältigung neuer Situationen erst ermöglicht. Nach

dieser Theorie werden exekutive Dysfunktionen auf eine Störung des SAS zurückgeführt. Extern gesteuerte Verhaltensweisen und mangelnde Flexibilität sind die Folge.

Exekutivfunktionen und Kleinhirn

Wenn Autoren davon ausgehen, dass das Kleinhirn an höheren kognitiven Funktionen beteiligt ist, so steht in deren Forschung oft eine Untersuchung der Exekutivfunktionen oder zumindest bestimmter Aspekte dieser Funktionen im Mittelpunkt. Die Gründe dafür sind zum einen anatomischer Art und liegen in den nachgewiesenen engen anatomischen Verbindungen zwischen Kleinhirn und frontalem Cortex (vgl. Punkt 1.1 Anatomie des Kleinhirns; Middleton & Strick, 1997; Middleton & Strick, 2001; Schmahmann & Pandya, 1997), zum anderen bestehen theoriegeleitete Gründe. Nimmt man z.B. an, dass das Kleinhirn eine prädiktive und vorbereitende Funktion ausübt (Courchesne & Allen, 1997), so liegt der Zusammenhang zu exekutiven Funktionen nahe (s. hierzu Punkt 1.4 Prediction and preparation theory). Neben der Überprüfung planerischer und strategischer Fähigkeiten steht die Untersuchung der Flexibilität mit Hilfe von „Fluency-Aufgaben“ und hier vor allem von Wortflüssigkeit im Vordergrund.

Defizite in der Wortflüssigkeit konnten bei Patienten mit Kleinhirnläsionen aufgrund von Infarkten (Neau, Arroyo-Anollo, Bonnaud, Ingrand & Gil, 2000; Schmahmann & Sherman, 1998; Vokaer, Bier, Elinx, Claes, Paquier, Goldman, Bartholomé & Pandolfo, 2002), Tumoren (Levisohn, Cronin-Golomb & Schmahmann, 2000; Riva & Giorgi, 2000) und cerebellär degenerativen Erkrankungen (Bürk, Bösch, Globas, Zühlke, Daum, Klockgether & Dichgans, 2001; Leggio, Silveri, Petrosini & Molinari, 2000) nachgewiesen werden. Patienten mit Kleinhirnläsionen scheinen dabei in stärkerem Maße nach semantischen als nach phonematischen Gesichtspunkten vorzugehen als gesunde Kontrollpersonen (Molinari, Leggio & Silveri, 1997). Eine semantische Clusterbildung liegt dann vor, wenn z.B. beim Aufzählen von Tierarten nach Untergruppen wie Haustieren, Insekten, Raubtieren vorgegangen wird, eine phonematische Clusterbildung würde z.B. in der Aufzählung von phonematisch ähnlichen Tierworten resultieren (z.B. Affe, Ameise, Antilope oder Maus, Laus). Insgesamt sind bei cerebellär geschädigten Patienten phonematische Wortflüssigkeit und alternierende Kategorien stärker beeinträchtigt als die semantische Wortflüssigkeit (Bürk et al., 2001; Leggio et al., 2000; Neau et al., 2000). Eine mögliche Interpretation besteht darin, dass es sich bei semantischer Wortflüssigkeit in höherem Ausmaß um eine „normale“, da inhaltlich strukturierte Aufgabe handelt, die geringere Anforderungen an planerische und strategische Fähigkeiten stellt, als bei der „ungewöhnlichen“ und wenig automatisierten phonematischen Flüssigkeit. Da die Aufgabe der alternierenden Kategorien direkt eine hohe Flexibilität erfordert, scheinen alternierende Kategorien und phonematische Wortflüssigkeit Exekutivfunktionen besser abzubilden als semantische Wortflüssigkeit.

Da bei Patienten mit Läsionen des Kleinhirns häufig eine Dysarthrie besteht, ist es notwendig zu belegen, dass Defizite in der Wortflüssigkeit tatsächlich auf eine Störung der Exekutivfunktionen und nicht auf eine motorische Komponente zurückzuführen sind. Dies gelang z.B. durch den Nachweis, dass die Einführung des Dysarthriescores als Kovariate keine Veränderung der Ergebnisse zur Folge hatte (Leggio et al., 2000).

Auch in fMRT-Studien konnte bei Gesunden eine Aktivierung des Kleinhirns bei Wortflüssigkeitsaufgaben bzw. der Vervollständigung von Wortstämmen nachgewiesen werden (z.B. Desmond, Gabrieli & Glover, 1998; Hubrich-Ungureanu, Kaemmerer, Henn & Braus, 2002; Mariën, Engelborghs, Fabbro & De Deyn, 2001). Die Tatsache, dass die Aufgaben vor allem die rechte Hemisphäre des Cerebellums aktivieren, deckt sich mit der Feststellung, dass Patienten mit rechtsseitigen Kleinhirnläsionen in Wortflüssigkeitsaufgaben stärkere Defizite aufweisen als mit linksseitigen Läsionen (Molinari et al., 1997). Der Zusammenhang zur sprachlichen Lateralisierung besteht unabhängig von exekutiven Dysfunktionen und wird unter Punkt 1.3.5 behandelt. Dass es sich jedoch nicht nur um die Abbildung rein sprachlicher Effekte handelt, konnten z.B. De Zubicaray, Zelaya, Andrew, Williams & Bullmore (2000) nachweisen: Nach der Präsentation einer Wortkarte, sollten die Teilnehmer entweder eine passende übergeordnete („initiation“-Bedingung) oder eine nicht passende („suppression“-Bedingung) Kategorie nennen, als Kontrollbedingung diente das Nennen der Buchstabenanzahl des gezeigten Wortes. Sowohl die Initiierung als auch die Response-Unterdrückung gelten als Aspekte der Exekutivfunktionen. Es zeigte sich, dass die Teilnehmer für die Nennung einer unpassenden Kategorie die längste Zeit benötigten, und diese Bedingung sowohl auf cerebraler als auch auf cerebellärer Ebene die stärkste Aktivierung zur Folge hatte. Dies galt zum einen gegenüber der Kontrollbedingung, zum anderen auch im Vergleich zur „initiation“-Bedingung. Diese Bedingung wurde als die mit den höchsten kognitiven Anforderungen bezeichnet. Die Rolle des Kleinhirns wird von den Autoren als vorbereitender Mechanismus interpretiert, der mit zunehmenden kognitiven Anforderungen stärker aktiviert wird. Ein vergleichbares Ergebnis im Sinne einer bilateralen cerebellären Aktivitätszunahme zeigte sich darüberhinaus, wenn in einer Verbgenerierungsaufgabe nicht das erstmögliche genannt werden sollte, sondern ein zwar passendes aber eher ungewöhnliches Verb (Seger, Desmond, Glover & Gabrieli, 2000).

Auch im Wisconsin Card Sorting Test (WCST) als klassischer Aufgabe der Überprüfung exekutiver Funktionen wie Konzeptbildung und Konzeptwechsel konnten Defizite bei Patienten mit Kleinhirnläsionen nachgewiesen werden (Bürk et al., 2001; Riva & Giorgi, 2000; Vokaer et al., 2002). Dabei bezogen sich die Defizite weniger auf die Anzahl richtig gefundener Kategorien als vielmehr auf eine erhöhte Perseverationsneigung. Im fMRT führte die Bearbeitung einer an den WCST angelehnten Aufgabe zu links cerebellärer Kleinhirnaktivität (Rao, Bobholz, Hammeke, Rosen, Woodley, Cunningham, Cox, Stein & Binder, 1997). Eine Beeinträchtigung der Planungsfähigkeit wurde auch mit Hilfe der Tower-of-Hanoi bzw. Tower-of-

Toronto-Aufgabe gezeigt. Patienten mit rein cerebellären Läsionen erreichten insgesamt weniger Lösungen, benötigten eine längere Planungszeit vor dem ersten Zug und führten auch mehr unerlaubte Züge durch (Grafman, Litvan, Massaquoi, Steward, Sirigu & Hallett, 1992). Vergleichbare Defizite berichten auch Fiez, Petersen, Cheney & Raichle (1992) in ihrer vielzitierten Einzelfallstudie, in der der Patient nach einem rechtsseitigen PICA-Infarkt trotz erhaltener Intelligenz deutliche Schwierigkeiten in der Fehlererkennung aufwies.

Defizite verschiedener Aspekte der Exekutivfunktionen konnten bisher in vielen Studien nachgewiesen werden. Derartige Störungen werden z.T. auch als ausschlaggebend für sekundäre Beeinträchtigungen wie z.B. Defizite in wenig strukturierten Gedächtnisaufgaben angesehen (Appollonio, Grafman, Schwartz, Massaquoi & Hallett, 1993). Es bleibt jedoch zu betonen, dass die Annahme der Beeinträchtigung von Exekutivfunktionen unabhängig von motorischen Aspekten nicht allgemein geteilt wird. So betonen Daum & Ackermann (1997) in ihrer kritischen Zusammenfassung der derzeitigen Forschungslage, dass die Nachweise z. T. nicht replizierbar waren und daher noch nicht als ausreichend bezeichnet werden können.

Störungen der Exekutivfunktionen nach Kleinhirnläsionen werden zum einen auf die engen anatomischen Verbindungen zwischen dem frontalen Cortex und dem Cerebellum zurückgeführt. Es wäre zum anderen denkbar, dass dem Kleinhirn aufgrund seiner Verbindungen zu fast allen kortikalen Strukturen bzgl. der Koordination verschiedenster Funktionsbereiche eine ähnliche Rolle zukommt, wie dem ebenfalls verschiedene Strukturen vernetzenden frontalen Cortex. Eine Störung der kognitiv hoch komplexen Exekutivfunktionen wäre somit die Folge einer läsionsbedingten mangelnden Koordination durch das Kleinhirn.

1.3.4 Sprache

Erworbene zentrale Sprachstörungen werden als Aphasien bezeichnet. Klinisch werden vier Standardsyndrome unterschieden: die amnestische Aphasie, gekennzeichnet durch Wortfindungsstörungen, die Broca-Aphasie, bei der bei eingeschränktem Sprachfluss Agrammatismus und Sprechapraxie im Vordergrund stehen, die Wernicke-Aphasie, die durch Paraphasien, Jargon und z.T. überschießenden Sprachfluss gekennzeichnet ist, und die Globale Aphasie als schwerste aphasische Störung, bei der fast nur noch Automatismen geäußert werden und eine Kommunikation kaum möglich ist. Wurden früher spezifische Lokalisationen der verschiedenen Sprachfunktionen diskutiert, wie z.B. die Lokalisation expressiver Sprachfunktionen im Broca-Zentrum und rezeptiver Sprachfunktionen im Wernicke-Zentrum, geht man heute eher von sprachverarbeitenden Netzwerken aus, die diese Areale natürlich beinhalten. Die Netzwerke umfassen dabei nicht nur die linke, bei den meisten Menschen sprachdominante Hemisphäre, auch der rechten Hemisphäre werden sprachliche Aspekte, wie z.B. die Prosodie zugeordnet. Weiterhin wird eher eine genaue Untersuchung der Symptome als eine Syndromklassifizierung befürwortet (Huber & Ziegler, 2000).

Sprachstörungen sind generell von Sprechstörungen, Dysarthrien, zu unterscheiden, bei denen nicht kognitive Sprachfunktionen, sondern dem Sprechen zugrunde liegende motorische Funktionen beeinträchtigt sind.

Sprache und Kleinhirn

Dass das Kleinhirn einen motorischen Beitrag zum Sprechen leistet, ist unumstritten. Ob seine Funktion jedoch über diesen rein artikulatorischen Beitrag hinausgeht, soll im Folgenden zunächst anhand einer kurzen Beschreibung der Dysarthrie und des nach Läsionen der hinteren Schädelgrube beschriebenen transienten Mutismus diskutiert werden; daran anschließend folgt eine Darstellung der aktuellen Forschungsergebnisse zur möglichen sprachlichen Funktion des Kleinhirns.

Es ist seit langem bekannt, dass Erkrankungen des Kleinhirns Artikulationsstörungen zur Folge haben können. Eine solche ataktische Dysarthrie äußert sich in einer verlangsamten Sprechrates und einem veränderten Sprachrhythmus im Sinne einer Verlängerung unbetonter Silben. Ein Tremor der Stimme sowie unregelmäßige Veränderungen der Stimmlage können hinzu kommen (Ackermann & Hertrich, 2000; Fiez & Raichle, 1997). Eine Dysarthrie tritt vor allem nach Schädigungen des superior anterioren Vermis und der paravermalen Regionen auf. Linksseitige Läsionen sollen dabei in stärkerem Maße ausschlaggebend sein als rechtsseitige. Diese Form der Dysarthrie ist von der nach Schädigungen des motorischen Cortex oder der Basalganglien abzugrenzen. So kommt es bei letzterer z.B. eher zu einer Zunahme des Sprechtempos.

Wildgruber, Ackermann & Grodd (2001) konnten die Beiträge der verschiedenen Hirnregionen zu motorischen Aspekten der Sprache genauer spezifizieren, in dem sie Gesunde eine Silbe in verschiedener Frequenz still wiederholen ließen und die Aktivität mittels fMRT aufzeichneten. Es zeigte sich, dass cerebelläre Aktivität erst bei Frequenzen des Sprechtempos von 4 bzw. 5,5 Hz nachweisbar waren, nicht jedoch in der langsamsten Bedingung von 2,5 Hz. Im Gegensatz dazu nahm die Aktivität im linken Putamen mit zunehmender Frequenz ab. Die unumstrittene artikulatorische Funktion des Kleinhirns hat immer wieder zur Folge, dass eine darüber hinausgehende Funktion als unwahrscheinlich betrachtet wird. So wiesen Ackermann et al. auch in einer hoch automatisierten Sprachaufgabe wie dem stillen Aufzählen der Monate rechtshemisphärische Kleinhirnaktivierung nach (Ackermann, Wildgruber, Daum & Grodd, 1998). Da eine solche Aufgabe keine höheren sprachlichen Anforderungen stellt und auch „inner speech“ zur Aktivierung orofacialer und laryngealer Muskeln führt, wurde die Kleinhirnaktivierung als motorisch bedingt interpretiert.

Bezüglich der Sprachwahrnehmung hat sich ebenfalls die Tübinger Arbeitsgruppe explizit mit der Rolle des Cerebellums beschäftigt (Ackermann, Gräber, Hertrich & Daum, 1997; Mathiak, Hertrich, Grodd & Ackermann, 2002). Die Autoren berufen sich auf die von Ivry & Keele postulierte Zeitgeber-Funktion des Kleinhirns. Nach dieser Hypothese werden im Kleinhirn genaue zeitliche Informationen gespeichert und eine Zeitgeber-Funktion wird ausgeübt. Nach Meinung der Autoren hat eine Störung dieser Funktion nicht nur motorische Koordinationsdefizite zur Folge, sondern auch eine Beeinträchtigung der zeitlichen Komponente der Wahrnehmung (für eine detaillierte Darstellung siehe Ivry, 1997). Im Rahmen der Sprachwahrnehmung konnte diese Hypothese insofern bestätigt werden, als sich bilateral geschädigte Kleinhirnpatienten in der Wahrnehmung linguistisch relevanter Zeitintervalle (die z.B. im Unterschied der Worte „Boten“ und „Boden“ zum Ausdruck kommen) beeinträchtigt zeigten (Ackermann et al., 1997). In einer vergleichbaren Aufgabe, in der Stimuli nur aufgrund rein zeitlicher linguistischer Merkmale unterschieden werden sollten, konnte im fMRT Aktivität des rechts lateralen Cerebellums nachgewiesen werden (Mathiak et al., 2002). Die Autoren betonen, dass die Lokalisation dieser von zeitlich linguistischen Aspekten abhängigen Aktivierung derjenigen gleicht, die bei anderen verbalen Aufgaben in fMRT-Studien gefunden wurde und dort vielleicht fälschlicherweise als Beweis einer sprachlichen Funktion des Kleinhirns herangezogen wurde. Wie sich in der folgenden Darstellung von fMRT-Studien mit verbalen Aufgaben zeigen wird, lassen sich jedoch nicht alle Ergebnisse allein auf zeitliche Aspekte der Sprachwahrnehmung oder die artikulatorische Funktion des Kleinhirns zurückführen.

Zunächst spricht schon die bei Sprachaufgaben nachgewiesene rechts betonte laterale Aktivität des Kleinhirns, die gemeinsam mit der links cerebraler sprachassoziierter Areale auftritt und sich deutlich von den für die Artikulation relevanten paraverbalen Bereichen unterscheidet, für eine sprachliche Rolle des Kleinhirns (s. auch Petersen, Fox, Posner, Mintun & Raichle, 1989). Die den anatomischen Bahnen entsprechende cerebelläre Aktivierung kontralateral zu cerebralen Gebieten wurde verschiedentlich nachgewiesen. So zeigt sich z.B. bei linkshändigen Personen mit rechtshemisphärischer Sprachverarbeitung entsprechende links cerebelläre Aktivität. Die Verarbeitung im Kleinhirn scheint also auch bei linkshemisphärischer Sprachdominanz kontralateral zur dominanten Hemisphäre zu erfolgen (Hubrich-Ungureanu et al., 2002). Ein weiterer interessanter Aspekt ergab sich beim Vergleich von Singen und Sprechen, der zu gegensätzlichen Aktivierungsmustern führte (Riecker, Ackermann, Wildgruber, Dogil & Grodd, 2000). Das Nachsingen einer Melodie führte vor allem im rechten motorischen Cortex, der rechten Inselregion und dem linkslateralen Cerebellum zu verstärkter Aktivität. Eine Sprachaufgabe führte zu kontralateraler Aktivität der selben Areale. Dabei erwies sich die Inselregion als ausschlaggebend für die direkte (hörbare) Ausführung der Aufgabe, während der motorische Cortex und das Cerebellum auch bei „stiller Ausführung“ Aktivität aufwiesen.

Neben den bereits unter Punkt 1.3.3 (Exekutivfunktionen) angesprochenen Patientenstudien, in denen eine verminderte Wortflüssigkeit nachgewiesen wurde, wurden sprachliche Defizite nach Kleinhirnläsionen bei Erwachsenen fast ausschließlich in Einzelfallstudien dokumentiert. Eine Ausnahme bildet eine Studie an vier Patienten mit Läsionen unterschiedlicher Ätiologie und auch unterschiedlicher Lokalisation im Kleinhirn, von denen alle Sprachschwierigkeiten aufwiesen (Fabbro, Moretti & Bava, 2000). Die Defizite waren dabei weniger ausgeprägt als bei aphasischen Patienten und traten überraschenderweise auch bei einer Patientin mit linksseitiger Kleinhirnläsion auf. Eine Untersuchung der Sprachdominanz wurde nicht durchgeführt. Möglicherweise liegt der Grund dieser ungewöhnlichen Lokalisation in der Zweisprachigkeit der betreffenden Patientin. Die Autoren interpretieren die Rolle des Kleinhirns als eine in das frontale Netzwerk eingehende Kontrollinstanz zur Sprachverarbeitung.

Mariën et al. (Mariën, Engelborghs, Pickut & De Deyn, 2000; Mariën, Saerens, Nanhoe, Mogens, Nagels, Pickut, Dierckx & De Deyn, 1996) berichten von zwei Fällen, in denen ein Infarkt der rechten Arteria cerebellaris superior zu einer aphasischen Störung führte, die vor allem durch eine deutlich verminderte Spontansprache gekennzeichnet war („Lurias dynamic aphasia“), hinzu kamen expressiver sowie rezeptiver Agrammatismus. In beiden Fällen wurde mittels SPECT eine linkscerebrale Hypoperfusion festgestellt, deren Ausmaß im Verlauf mit dem der aphasischen Störung korrelierte. Nach Meinung der Autoren reflektiert die gekreuzte cerebrale Diaschisis die reduzierte Informationsvermittlung cerebello-cortikaler Netzwerke, die ihrerseits sprachliche Störungen nach Kleinhirnläsionen zur Folge hat, obwohl diese Sprachfunktionen selbst nicht direkt im Kleinhirn lokalisiert sind (Mariën et al., 2001).

Als ein weiterer Hinweis darauf, dass das Kleinhirn an der Sprachproduktion beteiligt ist, gilt das „posterior fossa syndrome“, das erstmalig von Hirsch et al. (Hirsch, Renier, Czernichow, Benveniste & Pierre-Kahn, 1979) beschrieben wurde. Es handelt sich hierbei um einen transienten Mutismus, der vor allem bei Kindern nach Resektionen von Tumoren der hinteren Schädelgrube auftreten kann. Angaben der Auftretenshäufigkeit schwanken zwischen 1,6% und 29% (Sadeh & Cohen, 2001). Im Allgemeinen entwickelt sich das Syndrom ein bis vier Tage nach der Operation und kann Wochen bis Monate anhalten (Pollack, 1997). Der Mutismus geht mit einer regressiven Veränderung der Persönlichkeit sowie mit emotionaler Labilität und einer Abnahme willentlich initiiertter Bewegungen einher. Eine allgemeine Aktivitätsabnahme war auch in neuropsychologischen Testverfahren nachweisbar. Im Verlauf scheint sich zunächst die affektive Komponente und im Anschluss die Sprachproduktion zu normalisieren.

Die genauen anatomischen Faktoren, die zu der Entwicklung eines „posterior fossa syndrome“ führen, sind bisher nicht bekannt. Als Grunderkrankung liegt grundsätzlich ein Vermistumor vor, der den inferioren Vermis betrifft und operativ durch eine Vermispaltung entfernt wurde. Pollack (1997) berichtet jedoch, dass von 92 Kindern nach einer Resektion eines Vermistumors nur 12 Kinder (8,5%) postoperativ einen Mutismus entwickelten. Mit Aus-

nahme einer häufigen bilateralen, das Brachium Pontis umfassenden Ödementwicklung konnten morphologisch keine ausschlaggebenden Faktoren ermittelt werden. Die Tatsache, dass das Syndrom zumeist bei Kindern beobachtet wird, führt der Autor darauf zurück, dass große Vermistumoren im Erwachsenenalter vergleichsweise selten auftreten. Warum sich die Symptomatik nicht direkt postoperativ sondern oft erst Tage später entwickelt, bleibt rätselhaft, kann jedoch als Hinweis darauf gelten, dass die relevanten Strukturen nicht direkt durch das intraoperative Vorgehen beschädigt sein können. Der Einfluss einer postoperativen Ödementwicklung erscheint möglich. In jedem Fall scheint ein an der Sprachinitiierung und auch an der Initiierung sonstiger Aktivitäten beteiligtes Netzwerk durch die Vermispaltung in seiner Ausführung beeinträchtigt zu werden.

Zusammenfassend weist die derzeit in der Literatur berichtete Ergebnislage auf eine von artikulatorischen Prozessen unabhängige Beteiligung des Kleinhirns an Sprachfunktionen hin. Eine aphasische Symptomatik wie sie nach links cerebralen Läsionen auftritt, wird jedoch nur in Einzelfällen und auch dort nur in geringem Schweregrad berichtet. Ein Schwerpunkt scheint vielmehr in der Sprachinitiierung zu liegen, was sich bei geringem Schweregrad in einer verminderten Wortflüssigkeit und bei ausgeprägter Störung im „posterior fossa syndrome“ widerspiegelt. Als sprachrelevante Regionen des Cerebellums gelten die rechte Hemisphäre und der inferiore Vermisbereich. Es bleibt zu diskutieren, ob es sich um eine sprachspezifische Störung handelt oder eine generelle Problematik, Aktivitäten zu initiieren.

1.3.5 Räumliche Funktionen

Räumliche Funktionen umfassen die visuelle aber auch die taktile und akustische Wahrnehmung von Reizen, die uns das Zurechtfinden im Raum ermöglicht. Räumliche Störungen lassen sich in vier Kategorien unterteilen (Kerkhoff, 2000).

1. Räumlich-perzeptive Störungen können die verschiedenen sensorischen Modalitäten umfassen und beziehen sich auf eine elementare Störung der Raumwahrnehmung.
2. Eine räumlich-kognitive Störung liegt dann vor, wenn die mentale Manipulation nach räumlichen Aspekten beeinträchtigt ist.
3. Eine räumlich-konstruktive Störung führt zu Defiziten im manuellen Konstruieren einer Figur.
4. Eine beeinträchtigte Orientierung im realen oder vorgestellten Raum schließlich wird als räumlich-topographische Störung bezeichnet.

Während räumlich-topographische Störungen vor allem nach Hippocampusläsionen auftreten, entstehen die übrigen Störungen räumlicher Funktionen bevorzugt nach parietalen Läsionen. Dabei ist eine höhere Häufigkeit und auch eine stärkere Ausprägung der Störung nach rechtsseitigen Läsionen zu beobachten. Insgesamt ist die visuelle Modalität die am besten unter-

suchte. Dies mag zum einen in ihrer Dominanz gegenüber den anderen Modalitäten begründet sein, zum anderen in der guten Untersuchbarkeit. Obwohl räumliche Störungen von Patienten selbst relativ selten beschrieben werden, ist ihre Inzidenz nach rechtshemisphärischen Läsionen mit 50-70% sehr hoch (Kerkhoff, 2000).

Räumliche Funktionen und Kleinhirn

Gegenüber Aufmerksamkeits-, Exekutiv- und sprachlichen Funktionen stellen die räumlichen Funktionen in der neuropsychologischen Kleinhirnforschung einen weniger gut untersuchten Bereich dar. Dies mag einerseits mit der Vielfältigkeit räumlicher Funktionen in Zusammenhang stehen, andererseits handelt es sich möglicherweise bei geringgradigen Störungen räumlicher Funktionen um weniger augenscheinliche Störungsbilder als bei Aufmerksamkeits- oder sprachlichen Defiziten. Ein weiterer Grund mag in der schlechteren Untersuchbarkeit räumlicher Funktionen mittels bildgebender Verfahren liegen.

Eine umfangreiche Zusammenfassung der Ergebnisse zu visuo-räumlichen Defiziten nach Kleinhirnläsionen im Tierversuch findet sich bei Lalonde (1997). An Mäusen und Ratten mit cerebellärer Atrophie und gesetzten Läsionen konnte u.a. im „Morris water maze“ nachgewiesen werden, dass das Kleinhirn sowohl für visuo-räumliche als auch für visuo-motorische Prozesse eine Rolle spielt. Gestörte cerebelläre Verbindungen zum superioren Colliculus, dem Hippocampus und neocortikalen Strukturen, scheinen die Ursache dieser Defizite zu sein.

Wallesch und Horn (1990) berichten bzgl. einer Stichprobe von 12 Patienten (11 Tumorresektionen, 1 Infarkt) u.a. von Defiziten der Patienten in einer räumlichen Rotationsaufgabe. Bei einem Vergleich der Patienten mit jeweils entweder rechtsseitiger oder linksseitiger Läsion zeigten sich bezüglich verbaler Funktionen keine Unterschiede, die räumlichen Defizite waren jedoch in der Patientengruppe mit linksseitig cerebellärer Läsion ausgeprägter. Dieses Ergebnis erscheint aufgrund der gekreuzten Verbindungen zu cerebrocortikalen rechtsseitigen Arealen plausibel. Ein von den Autoren selbst angegebener Nachteil der Studie liegt darin, dass sich die beiden Gruppen bezüglich der Dauer eines präoperativ bestandenen Hydrocephalus unterschieden, die bei den rechtsseitig geschädigten Patienten länger war. Weiterhin zeigte sich, dass sich die Dauer des Hydrocephalus negativ auf die allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit der Patienten ausgewirkt hatte. Die Ergebnisse sind daher zwar richtungsweisend, jedoch mit Vorsicht zu interpretieren.

Eine Differenz zwischen Verbal- und Handlungs-IQ zu Ungunsten des Handlungs-IQs wird von Botez-Marquard, Léveillé & Botez (1994) bei einer Patientin mit linksseitigem Infarkt der Arteria cerebelli superior berichtet. Neben der cerebellären Läsion wurde eine Hypoperfusion der kontralateralen Basalganglien und der fronto-parietalen Areale im SPECT nachgewiesen.

Auch nach der Durchführung detaillierter neuropsychologischer Testbatterien wird bei cerebellär geschädigten Patienten immer wieder von Defiziten in räumlichen Testverfahren wie z.B. der Rey-Osterrieth Figur oder dem Mosaiktest berichtet (Levisohn et al., 2000; Neau et al., 2000; Riva & Giorgi, 2000; Schmahmann & Sherman, 1998). Einen besonderen Zusammenhang dieser Defizite zu rechts im Vergleich zu links-cerebellären Läsionen konnten dabei nur Riva & Giorgi nachweisen. Weiterhin werden Einzelfälle räumlicher Dysgraphie nach cerebellärer Atrophie bzw. Blutung beschrieben (Silveri, Misciagna, Leggio & Molinari, 1997, 1999).

In einer fMRT-Studie zeigte sich deutliche bilaterale Aktivierung des Kleinhirns in einer motorikunabhängigen visuellen Wahrnehmungsaufgabe (Calhoun, Adali, McGinty, Pekar, Watson & Pearlson, 2001).

In diesem Zusammenhang soll auch kurz die Rolle des Kleinhirns in der visuellen Wahrnehmung diskutiert werden, da diese eine Grundfunktion zumindest der visuo-räumlichen Testverfahren darstellt.

Die genaue Ursache einer möglichen Störung der visuellen Wahrnehmung nach Kleinhirnläsionen ist höchst umstritten. Zwar konnte ausgeschlossen werden, dass weder allein okulomotorische Defizite noch Störungen in der zeitlichen Bewegungswahrnehmung ausschlaggebend sind (Nawrot & Rizzo, 1995; Thier, Haarmeier, Treue & Barash, 1999), alternative Interpretationen konnten jedoch ebensowenig bestätigt werden.

Einen Ansatz zu allgemeinen Wahrnehmungsstörungen bei Kleinhirnerkrankungen stellt die „data-acquisition-theory“ von Bower (1997) dar. Die Rolle des Kleinhirns wird hier als eine die explorative Wahrnehmung allgemein unterstützende verstanden. Schädigungen des Kleinhirns führen somit zu einer veränderten, wenngleich nicht fehlenden, dennoch sub-optimalen Wahrnehmung, die für die verschiedenen Ergebnisse unterschiedlichster Bereiche verantwortlich ist. Im Gegensatz zu einer spezifischen wird damit eine globale Funktion des Kleinhirns postuliert. Dieser Ansatz beinhaltet zwar interessante Erklärungsmöglichkeiten verschiedenster Ergebnisse (z.B. den gestörten Erwerb des Lid-Schluss-Reflexes oder die morphologischen Abweichungen bei Autismus), kann jedoch die z.T. spezifischen Störungsprofile beispielsweise nach fokaler rechts- bzw. linksseitig cerebellärer Läsion nicht ausreichend erklären.

Zusammenfassend liegen bzgl. der Rolle des Kleinhirns für räumliche Funktionen kaum Interpretationsansätze vor, obwohl zahlreiche Hinweise auf eine Funktionsstörung nach Kleinhirnläsionen bestehen. So bleibt oft nur das in der beschriebenen fMRT-Studie ausgedrückte Erstaunen über die Ergebnisse: „We were surprised to observe such extensive cerebellar activation. [...] Additional experiments would be required...“ (Calhoun et al., 2001, S. 1087).

1.3.6 Gedächtnis

In der Gedächtnisforschung unterscheidet man u.a. das Kurz- und das Langzeitgedächtnis. Das Kurzzeitgedächtnis beschreibt einen nur Sekunden umfassenden Informationsspeicher. Baddeley und Hitch bezeichnen diese verschiedenen kurzzeitigen Speichersysteme in ihrem Arbeitsgedächtniskonzept als „Sklavensysteme“. Verbale Informationen werden nach dieser Annahme im „phonological loop“ gespeichert, visuell-räumliche Informationen im „visual scratchpad“ (Baddeley, 1998). Koordiniert werden diese Subsysteme durch die Zentrale Exekutive als übergeordneter Instanz. Hier besteht ein enger Zusammenhang zu den Exekutivfunktionen und dem von Shallice postulierten „Supervisory Attentional System“ (Shallice, 1988; vgl. Punkt 1.3.3 Exekutivfunktionen).

Aus funktionell neuroanatomischer Sicht werden die Sklavensysteme in den entsprechenden Assoziationscortices vermutet, d.h. der „phonological loop“ in temporo-parietalen Arealen der linken Hemisphäre und das „visual scratchpad“ im rechtsseitigen Parietallappen. Für die Zentrale Exekutive scheint der dorsolaterale präfrontale Cortex (DLPC) eine wichtige Rolle zu spielen. Bezieht man den Arbeitsgedächtnisbegriff nicht nur auf das Halten sondern auch auf das gleichzeitige Manipulieren von Informationen, so führen Läsionen des dorsolateralen präfrontalen Cortex zu Arbeitsgedächtnisdefiziten (von Cramon, 1996).

Das Langzeitgedächtnis wird in das explizite und das implizite Gedächtnis unterteilt. Das explizite (deklarative) Gedächtnis beschreibt die bewusste Erinnerungsleistung, die sowohl räumlich und zeitlich gebundene persönliche Erlebnisse umfasst (episodisches Gedächtnis) als auch zeitlich ungebundenes Faktenwissen (semantisches Gedächtnis). Das implizite Gedächtnis umfasst unbewusste erfahrungsbedingte Verhaltensänderungen, wie z.B. Priming-Phänomene (Markowitsch, 1999; Schuri, 2000).

Soll etwas korrekt erinnert werden, so müssen drei Phasen durchlaufen werden: die Enkodierung, das Abspeichern und schließlich der Abruf. Als für das Abspeichern besonders relevante Strukturen gelten der Hippocampus, der anteriore und mediale Thalamus und Strukturen des basalen Vorderhirns. Insgesamt gilt wie für die meisten neuropsychologischen Funktionen, dass weniger eine umgrenzte Struktur, als vielmehr ein Netzwerk von Strukturen an der Umsetzung beteiligt sind (für eine genauere Darstellung der Netzwerke, z.B. des Papez'schen Schaltkreises siehe u.a. von Cramon, 1992; Schuri, 2000). Schwere retrograde Amnesien treten nach Läsionen des anterolateralen temporalen und des inferotemporalen Cortex auf. Diese Strukturen scheinen daher eine hohe Relevanz für die langfristige Speicherung und den Abruf alter Gedächtnisinhalte zu haben. Insgesamt treten schwerste Amnesien nach bilateraler Schädigung auf, nach unilateraler Läsion kommt es eher zu leichteren materialspezifischen Defiziten. Nach präfrontalen Schädigungen kann es zu Störungen beim freien Abruf, zu erhöhter

Interferenzanfälligkeit und zu Störungen des Gedächtnisses für die zeitliche Reihenfolge kommen; schwere Amnesien werden hier nicht beobachtet.

Gedächtnis und Kleinhirn

Insgesamt stehen in der Erforschung neuropsychologischer Funktionen des Kleinhirns Gedächtnisdefizite seltener im Vordergrund als Aufmerksamkeitsdefizite oder Störungen der Exekutivfunktionen. Die Untersuchungen beziehen sich dabei grundsätzlich auf anterograde Gedächtnisinhalte verbaler oder visueller Art, die entweder im freien Abruf oder in Wiedererkennungsverfahren überprüft werden.

Schugens, Ackermann & Daum (1999) fassen zusammen, dass keine eindeutigen Hinweise auf Defizite des deklarativen Gedächtnisses nach Kleinhirnläsionen bestehen. Nichtsdestotrotz wird in einigen Studien von Gedächtnisdefiziten berichtet, auch wenn diese nicht im Mittelpunkt der Untersuchung standen (Neau et al., 2000; Schmahmann & Sherman, 1998; Vokaer et al., 2002). Störungen des visuell-räumlichen Gedächtnisses scheinen dabei ausgeprägter zu sein, als die des verbalen Gedächtnisses.

Einen bemerkenswerten Beitrag zu der Fragestellung lieferten Appollonio et al. (1993). Die Autoren konnten nachweisen, dass die Gedächtnisleistung von 11 Patienten mit cerebellärer bzw. olivoponto-cerebellärer Atrophie von dem durch die Aufgabe erforderten „effort“ abhängig war. In reinen Wiedererkennenaufgaben zeigten die Patienten keine Defizite, bei steigenden Anforderungen im freien Abruf waren jedoch Störungen nachweisbar. Auch in Aufgaben bzgl. der Exekutivfunktionen erwiesen sich die Patienten als beeinträchtigt. Da die Einführung eines „Initiierungs-/Perseverationsindex“ als Kovariate alle Signifikanzen in den Gedächtnisaufgaben eliminierte, interpretieren die Autoren die Gedächtnisdefizite als sekundäre Störung, deren Ursache in einer exekutiven Dysfunktion liegt.

Auf einen Beitrag des Kleinhirns zu solchen Gedächtnisaspekten, die eher den Exekutivfunktionen zugeordnet werden können, weisen auch Desmond et al. (Desmond, Gabrieli, Wagner, Ginier & Glover, 1997) mittels einer fMRT-Studie hin. Sie konnten eine Aktivierung der rechten inferioren cerebellären Hemisphäre nachweisen, die von der Schwierigkeit („load“) einer verbalen Arbeitsgedächtnisaufgabe abhängig war. Die Tatsache, dass in Patientenstudien nicht immer eine Störung des Arbeitsgedächtnisses beobachtet wurde (vgl. z.B. Schmahmann & Sherman, 1998) trägt zur kontroversen Diskussion dieser Ergebnisse bei.

Zusammenfassend werden ausgeprägte Amnesien, wie sie z.B. nach Läsionen des Temporalappens auftreten können, nach Kleinhirnläsionen nicht beobachtet. Die Forschungsergebnisse weisen darauf hin, dass leichte Gedächtnisdefizite eher eine sekundäre Störung darstellen, die primär auf eine exekutive Dysfunktion zurückzuführen sind. Möglicherweise spielen auch

Defizite in der visuo-räumlichen Wahrnehmung in entsprechenden Gedächtnisaufgaben eine Rolle.

1.3.7 Emotionen und Störungen des Affektes

Neben kognitiven Störungen gehen Hirnschädigungen auch häufig mit psychischen Veränderungen einher. Obwohl die Grenze zu rein reaktiven Veränderungen oft nicht eindeutig zu ziehen ist, müssen organisch bedingte Persönlichkeitsveränderungen in Betracht gezogen werden. Die Symptome können dabei zum einen zu neuropsychiatrischen Krankheitsbildern wie z.B. Depression oder Demenz zusammengefasst werden, zum anderen lassen sie sich entweder dem inhibitorischen oder dem disinhibitorischen Komplex zuordnen. In Anlehnung an Hermann (2000) sind einige Beispiele in Tabelle 2 aufgeführt.

Tab. 2: Beispiele einer möglichen Unterteilung psychischer Auffälligkeiten (in Anlehnung an Hermann, 2000).

Inhibitorischer Komplex	Disinhibitorischer Komplex
Motorische Verlangsamung	Motorische Unruhe
Sprechverarmung	Gesteigerte Sprechaktivität
Nichtwahrnehmung von Sinnesreizen	Veränderte Wahrnehmung
Depressive Grundstimmung	Manische, euphorische Grundstimmung
Sozialer Rückzug	Distanzlosigkeit
Entscheidungsunfähigkeit, reduzierte Planungsfähigkeit	Ideenflucht, Perseverationen, Regelbrüche

Die ursprüngliche Annahme, dass nur die Schädigung bestimmter Hirnareale zu ihrerseits spezifischen Veränderungen im emotional-affektiven Verhalten führt, gilt heute als nicht mehr haltbar (Hermann, 2000). Vielmehr resultieren die Auffälligkeiten aus einer Störung der multiplen Interaktion verschiedener funktioneller Systeme. Dabei sind bestimmte Strukturen wie der orbito-frontale Cortex oder der inferiore Temporallappen sowie fronto-striatale Schleifen besonders vulnerabel. Weiterhin scheinen inhibitorische Symptome eher nach linkshemisphärischen und disinhibitorische nach rechthemisphärischen Läsionen aufzutreten.

Emotionen und Kleinhirn

Schon die Tatsache, dass beispielsweise ein Zusammenhang zwischen Autismus oder Schizophrenie und morphologischen Veränderungen des Kleinhirns besteht, legt den Schluss nahe, dass neben Motorik und Kognition auch der Affekt einem Einfluss des Kleinhirns unterliegt. Im Gegensatz zu den Kleinhirnhemisphären, die vermutlich den Beitrag des Kleinhirns zur Kognition leisten, wird angenommen, dass der phylogenetisch ältere Nucleus fastigii, der

Vermis und der Lobus flocculonodularis das „limbische Kleinhirn“ darstellen und somit einen Beitrag zur Verarbeitung der Emotionen leisten (Schmahmann, 2000).

Mit dem „cerebellar cognitive affective syndrome“ postulierten Schmahmann & Sherman (1998) neben kognitiven auch affektive Veränderungen nach Kleinhirnläsionen, die z.B. durch Passivität und verringerte Emotionalität aber auch durch disinhibitorisches und sozial unangemessenes z.T. kindliches Verhalten gekennzeichnet waren.

„The affective changes included a combination of passivity, flattening or blunting of emotion and little observable emotional expression, sometimes simultaneous with or alternating with a disinhibited, inappropriately jocular, flippant, silly or child-like behavior style.“
(Schmahmann, 2000, S. 199-200)

Derartige Veränderungen wurden vor allem bei Patienten mit vermaler Läsion beobachtet. Vergleichbare Auffälligkeiten werden auch bei Kindern nach der Resektion vermaler Tumoren beschrieben (Levisohn et al., 2000; Riva & Giorgi, 2000). Neben einem postoperativen transienten Mutismus zeigten einige Kinder autistische Verhaltensweisen wie das Vermeiden von physischem und von Blickkontakt sowie repetitive rhythmische Schaukelbewegungen. Wie bereits unter Punkt 1.3.4.1 (Sprache und Kleinhirn) beschrieben, setzte diese Symptomatik zumeist wenige Tage nach der Operation ein und nahm im postoperativen Verlauf wieder ab.

Auch im Tierversuch konnte ein Einfluss des Kleinhirns, speziell des Vermis, auf Emotionen nachgewiesen werden. So reduzierten gesetzte Vermisläsionen beispielsweise das aggressive Verhalten von Rhesusaffen (für eine genaue Darstellung siehe Berman, 1997).

Zusammenfassend bestehen Hinweise darauf, dass umgrenzte Bereiche des Kleinhirns (Vermis, Nucleus fastigii, Lobus flocculonodularis) das emotionale Verhalten sowohl beim Menschen als auch beim Tier beeinflussen. Ob die Tatsache, dass in den meisten neuropsychologischen Studien bzgl. des Kleinhirns keine emotionalen Auffälligkeiten berichtet werden, darin begründet ist, dass diese nicht vorlagen oder ob sie lediglich nicht im Mittelpunkt standen und daher nicht erfasst wurden, bleibt offen.

1.4 Theoretisches Erklärungsmodell nach Courchesne und Allen

Die Tatsache, dass es möglich war, eine eventuelle kognitive Funktion des Kleinhirns über weite Strecken der neuropsychologischen Forschung zu vernachlässigen, weist darauf hin, dass es sich nach Kleinhirnläsionen um weniger spezifische Störungen oder auch um weniger ausgeprägte Störungsmuster handelt als nach Schädigungen anderer Hirnregionen. Wie sich auch in der bisherigen Zusammenfassung der Forschungsergebnisse zu neuropsychologischen Defiziten nach Kleinhirnläsionen zeigt (vgl. Punkt 1.3 Neuropsychologische Funktionen des Kleinhirns), existieren für keinen Funktionsbereich eindeutige Ergebnisse.

An dieser Stelle soll daher die Theorie von Courchesne und Allen (1997; Allen & Courchesne, 1998) zur planenden und vorbereitenden Funktion des Kleinhirns dargestellt werden, die eine Erklärungsmöglichkeit für die große Bandbreite neuropsychologischer Defizite nach Kleinhirnläsionen bietet.

Courchesne und Allen (1997) postulieren eine sich auf verschiedenste Funktionen auswirkende Rolle des Kleinhirns, die durch ständige Vorbereitung und Bereitstellung von Konzepten in Erwartung bestimmter Reize deren Verarbeitung optimiert.

“This cerebellar preparatory function is neither a sensory nor a motor activity but, rather, a general one that prepares whichever neural systems (e.g., sensory, motor, autonomic, memory, attention, affective, speech, language) may be needed in upcoming moments. In other words, the cerebellum prepares internal conditions (e.g., by repositioning sensory receptors; by altering cerebral bloodflow levels; by enhancing neural signal to noise; by enhancing neural responsiveness in hippocampus, thalamus, and superior colliculus; by modulating motor control systems) for imminent information acquisition, analysis, or action. The preparatory actions thereby facilitate and improve sensory processing and mental and motor performance in response to subsequent sensory events.” (Courchesne & Allen, 1997, S. 2)

Aufgrund bisheriger „Erfahrungen“ soll das Kleinhirn aus bestimmten Reizsequenzen oder besonderen Stimuli Situationen „vorhersagen“ und eine optimale Ressourcenbereitstellung initiieren. Ohne diese spezifische, zwar ständiger Modifikation unterworfenen aber doch automatische vorbereitende Funktion können die verschiedensten Systeme (Motorik, Aufmerksamkeit, Sprache usw.) ihre Funktion zwar ausführen, diese Ausführung wird jedoch in einer Situation, in der Vorhersage und Vorbereitung diese Ausführung verbessern würden, suboptimal bleiben. Eine Schädigung des Kleinhirns sollte daher keine Funktion komplett zum

Erliegen bringen, eine erhöhte Variabilität in den Reaktionen hätte jedoch eine Funktionsbeeinträchtigung zur Folge.

Dieses von Courchesne und Allen (1997) vorgeschlagene Konzept könnte verschiedenste Defizite erklären, die Patienten mit Kleinhirnläsionen zeigen. So lassen sich z.B. die Ungenauigkeiten im Schätzen von Zeitintervallen oder die erhöhte Variabilität in Latenz und Amplitude, die bei Patienten bei der Lidschlussreflexkonditionierung auftritt, auf eine derartige Funktionsbeeinträchtigung zurückführen. Ebenso steht die Theorie im Einklang mit der gemessenen erhöhten Kleinhirnaktivität beim Erlernen einer motorischen Sequenz, die mit zunehmender Beherrschung der Sequenz abnimmt. Die Autoren konnten auch nachweisen, dass sich Läsionen des Kleinhirns erwartungsgemäß negativ auf die Aufmerksamkeitsorientierung und den Wechsel zwischen verschiedenen Modalitäten in Aufmerksamkeitsaufgaben auswirken.

Zusammenfassend stellt die von Courchesne und Allen (1997) postulierte vorhersagende und vorbereitende Funktion des Kleinhirns einen interessanten Aspekt dar, der über die üblicherweise vorliegende reine Beschreibung von Ergebnissen hinausgeht und bei der Interpretation späterer Ergebnisse berücksichtigt werden sollte.

1.5 Der frontale Cortex

Der frontale Cortex liegt anterior des Sulcus centralis und ist durch die Sylvische Fissur vom Temporallappen abgegrenzt. Er setzt sich aus dem motorischen, dem prämotorischen und dem supplementärmotorischen Cortex und dem anterior gelegenen präfrontalen Cortex zusammen. Der präfrontale Cortex wird seinerseits in den dorsolateralen und den medialen präfrontalen Cortex und den orbitofrontalen Cortex unterteilt (s. Abb. 5).

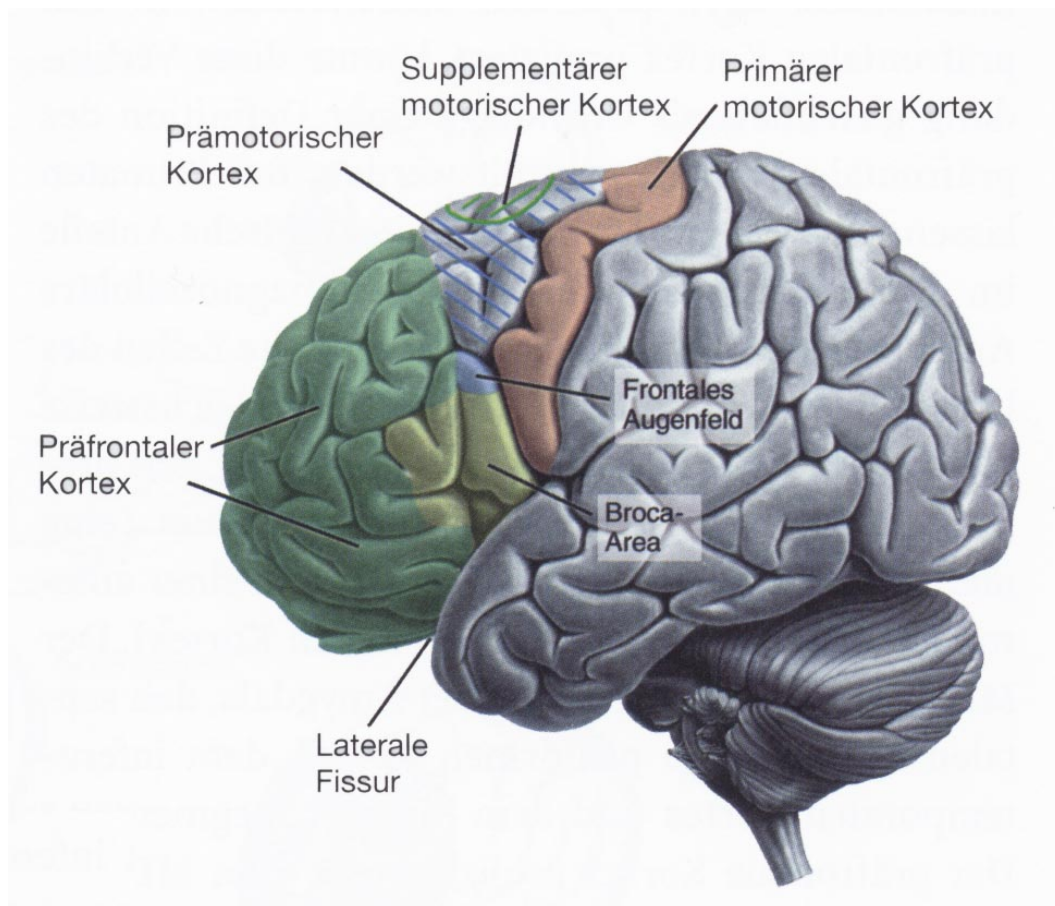


Abb. 5: Der frontale Cortex (aus Thier, 2003).

Der frontale Cortex ist mittels reziproker Verschaltungen ausgesprochen eng mit anderen Hirnregionen vernetzt. Diese Verbindungen umfassen weite Teile des übrigen Neocortex sowie des Thalamus und des Hirnstammes. Diese hohe Verschaltungsdichte legt die Relevanz für integrative Funktionen nahe.

Der präfrontale Cortex wird oft als der „menschlichste“ Teil des Gehirns verstanden (Thier, 2003). Dies liegt zum einen an der phylogenetisch späten Entwicklung; so umfasst sein prozentualer Anteil am gesamten Cortex z.B. bei der Katze nur 3,5%, beim Menschen hingegen 29%. Zum anderen werden dem präfrontalen Cortex besonders „menschliche“ Fähigkeiten

zugeschrieben, die über reine Motorik oder Sensorik hinausgehen, wie z.B. die Bildung von Konzepten und Perspektiven.

Funktionen des präfrontalen Cortex

Im Gegensatz zu den motorischen Arealen des frontalen Cortex scheint der präfrontale Cortex für höchste integrative kognitive Funktionen Relevanz zu besitzen. Mit wenigen Ausnahmen (z.B. Broca Areal) gelten die Funktionen des präfrontalen Cortex als weniger stark lateralisiert als beispielsweise die des Temporal- oder Parietallappens. Die Funktionen des präfrontalen Cortex werden insgesamt als Exekutivfunktionen bezeichnet. Wie bereits unter Punkt 1.3.3 (Exekutivfunktionen) beschrieben, besteht keine explizite Definition dieses Begriffes, vielmehr werden verschiedene Funktionen wie Handlungsinitiierung, Planung, kognitive Flexibilität und Antizipation zusammengefasst, die es dem Menschen insgesamt ermöglichen, „über mehrere Teilschritte hinweg ein übergeordnetes Ziel zu planen, Aufmerksamkeit auf hierfür relevante Informationen zu fokussieren und ungeeignete Handlungen zu unterdrücken“ (Karnath & Kammer, 2003, S. 518).

Im Verhalten wirken Patienten mit Läsionen des präfrontalen Cortex oft antriebs- und interesselos und gleichgültig. Es fehlt die Initiative, neue Aufgaben anzugehen, und häufig liegt eine gewisse Gleichgültigkeit vor.

Insgesamt können die folgenden Auffälligkeiten als frontallirnassoziiert gelten (für eine detaillierte Darstellung siehe Karnath & Kammer, 2003; Ullsperger & von Cramon, 2003):

- Gestörte Handlungsplanung, -durchführung und -evaluation
- Perseveration, Inflexibilität, Rigidität
- Mangelnde Inhibition irrelevanter Informationen
- Regelverstöße
- Konfabulation
- Gestörtes „multi-tasking“ (gleichzeitiges Berücksichtigen mehrerer Teilaspekte)
- Störung des Arbeitsgedächtnisses (Halten von Information und deren Manipulation)
- Gestörte freie Wiedergabe von Gedächtnisinhalten

Trotz der generell weniger spezifischen Funktionen einzelner Areale des präfrontalen Cortex gelten manche Bereiche in Bezug auf bestimmte Störungen als besonders vulnerabel. So berichten Burgess et al. von Planungsstörungen bei Patienten mit dorsolateral präfrontal rechtsseitiger Läsion, während links mediale Läsionen eher zu vermehrten Regelbrüchen führten. Schädigungen des Gyrus cinguli hatten Defizite der retrospektiven und prospektiven Gedächtnisleistung zur Folge (Burgess, Veitch, de Lacy Costello & Shallice, 2000).

Auch eine Lateralisierung kognitiver Funktionen lässt sich bei Patienten mit präfrontalen Läsionen nur in geringem Ausmaß beobachten. Die vergleichsweise leichte Lateralisierung entspricht der bekannten Dominanz der linken Hemisphäre für sprachliche und der rechten für nicht sprachliche Inhalte (Lezak, 1995).

Zusätzlich zu einer Störung der Exekutivfunktionen können präfrontale Läsionen und hierbei vor allem orbitofrontale und ventromediale Läsionen zu Wesensveränderungen führen. Diese Wesensveränderungen betreffen den Antrieb, die Emotionalität und das Sozialverhalten und lassen sich zwei Dimensionen zuordnen (vgl. Punkt 1.3.7 Emotionen und Störungen des Affektes). Zum einen kann es zu einer allgemeinen Aktivitätsminderung und Gleichgültigkeit kommen. Die andere Hauptrichtung umfasst enthemmte Verhaltensweisen, die sich in sozial unangepasstem Verhalten bei eher gehobener Stimmung äußern.

Zusammenfassend scheint im frontalen Cortex die Vernetzung verschiedenster kortikaler und subkortikaler Areale vonstatten zu gehen, die höchste integrative kognitive Leistungen ermöglicht. So resultieren Läsionen des präfrontalen Cortex nicht in einer Störung von Basisfunktionen sondern in einer verminderten Integration interner und externer Informationen, die eine mangelnde Handlungsplanung oder sozial unangepasstes Verhalten zur Folge haben kann.

1.6 Intrakranielle Tumoren

Als intrakranielle Tumoren werden alle innerhalb des Schädels auftretenden Geschwülste bezeichnet. Die Häufigkeit dieser Tumoren einschließlich Metastasen beträgt ca. 1:5000 Personen pro Jahr. Bei manchen Tumorarten ist eine alters- und geschlechtsspezifische Häufigkeit zu beobachten. Prinzipiell können intrakranielle Tumoren jedoch vom Säuglings- bis ins Greisenalter auftreten. Das Tumorwachstum führt zu einer Volumenzunahme im Schädelinnenraum. Da das Gehirn bei langsamer Volumenvermehrung gute Kompensationsfähigkeiten aufweist, können intrakranielle Tumoren in Abhängigkeit von ihrer Wachstumsgeschwindigkeit und Lokalisation lange unentdeckt bleiben.

Es werden u.a. die folgenden intrakraniellen Tumoren unterschieden:

- neuroepitheliale (hirneigene) Tumoren (z.B. Astrozytom, Glioblastom, Oligodendrogliom, Gangliozytom)
- Tumoren der Meningen (z.B. Meningeom)
- Tumoren unbekanntes Ursprungs (z.B. Hämangioblastom)
- Tumormetastasen.

Hämangiome werden nicht zu den Neoplasien gerechnet, sie stellen Gefäßfehlbildungen dar, die allein und / oder infolge von Blutungen jedoch zu einer Raumforderung führen können.

Die klinische Symptomatik erklärt sich einerseits direkt durch infiltratives Wachstum des Tumors in das Hirngewebe und ein umgebendes Ödem, andererseits durch die allgemeine Druckerhöhung im Schädelinneren infolge der tumorösen Raumforderung. Während die Drucksteigerung im Allgemeinen zu einer globalen Symptomatik führt, die durch Übelkeit, Erbrechen, Schwindel und eine globale Verlangsamung gekennzeichnet ist, ist das Auftreten spezifischer kognitiver Symptome von der Lokalisation des Tumors abhängig.

Bezüglich der Dignität intrakranieller Tumoren (ohne Metastasen) besteht eine von der WHO erarbeitete Klassifizierung und Graduierung in vier Grade: Grad I und II = benigne, Grad III und IV = maligne. Die Klassifikation richtet sich nach zytologischen und histologischen Kriterien. Die Dignität des Tumors ist von Faktoren wie z.B. der Zelldichte, der Anzahl der Mitosen und dem Ausmaß der Endothel- und Gefäßwandproliferation abhängig (Kleinhues & Cavenee, 2000; Schirmer, 1998).

Die im Rahmen dieser Studie relevanten Tumorarten sollen im Folgenden kurz dargestellt werden.

1.6.1 Astrozytome

10-15% der intrakraniellen Tumoren sind Astrozytome, die sich von den Astrozyten des Hirngewebes ableiten, sie gehören daher in die Gruppe der Gliome. Sie können in allen Malignitätsgraden vorkommen, sind als Grad I Tumoren jedoch relativ selten; sie wachsen dann zumeist bereits im Kindesalter und sind vorzugsweise im Kleinhirn, aber auch im Sehnerv und im Chiasma opticum lokalisiert. Diese gutartigen pilozytischen Astrozytome sind durch radikale Operation in der Regel heilbar. Bei den diffusen Astrozytomen (WHO II) liegt der Altersgipfel im dritten und vierten Lebensjahrzehnt. Obwohl lange Verläufe möglich sind, muss von Rezidiven ausgegangen werden, bei denen histologisch eine Zunahme der Malignität von Grad II zu Grad III festzustellen ist. Bei einer weiteren Malignitätssteigerung nach Nachweis von Nekrosen und / oder Endothelproliferaten zeigt sich das Bild eines Glioblastoms (s.u.).

1.6.2 Glioblastome

Glioblastome gehen von der Astroglia des Gehirns aus und gehören zu den hirneigenen Tumoren. Von den primären werden die sekundären Glioblastome unterschieden, die durch Progression aus einem Astrozytom hervorgegangen sind. Sie treten zumeist im mittleren bis hohen Lebensalter und bevorzugt bei Männern auf. Dabei wachsen sie grundsätzlich im Großhirn, meist in den vorderen Hirnabschnitten. Aufgrund der sehr hohen Malignität rezidivieren Glioblastome trotz Exstirpation und nachfolgender Strahlen- oder Chemotherapie frühzeitig und führen meist innerhalb eines Jahres zum Tode.

1.6.3 Oligodendrogliome

Oligodendrogliome gehen von den Oligodendrozyten des Gehirns aus und gehören ebenfalls zu den hirneigenen Tumoren. Ihre Häufigkeit unter den intrakraniellen Tumoren beträgt ca. 10% bei einer geringen Bevorzugung von Männern. Oligodendrogliome können in den Malignitätsgraden II und III auftreten, mit einem Altersgipfel im vierten bis sechsten Lebensjahrzehnt. Auch Mischformen mit Astrozytomen (Oligoastrozytom) kommen vor. Oligodendrogliome entstehen vorwiegend in Rinde und Mark der Großhirnhemisphären, wobei in 50-65% das Frontalhirn betroffen ist. Wie bei allen hirneigenen Tumoren ist eine vollständige Tumorentfernung in der Regel nicht möglich. Die Prognose ist vom Malignitätsgrad abhängig.

1.6.4 Gangliozytome

Gangliozytome leiten sich von den Ganglienzellen ab und können im gesamten Zentralnervensystem auftreten. Nach WHO entsprechen sie Grad I oder II. Sie können in jedem Alter vorkommen, das Durchschnittsalter liegt zwischen acht und 25 Jahren. Anamnestisch ist bei den Patienten häufig ein langjähriges Anfallsleiden bekannt.

1.6.5 Meningeome

Meningeome sind in etwa 90% der Fälle gutartige Tumoren, die dem WHO Grad I zugeordnet werden. Sie wachsen – ausgehend von den arachnoidalen Deckzellen der Hirnhäute – nicht infiltrierend sondern verdrängend gegen das Hirngewebe. Ihre klinische Bezeichnung erfolgt in Abhängigkeit ihres Ursprungsortes; so werden beispielsweise Falx-, Olfaktoriusrinnen- oder Tentoriummeningeome unterschieden. Sie gehören zu den häufigen intrakraniellen Tumoren (ca. 20%). Frauen sind deutlich häufiger betroffen. Aufgrund des sehr langsamen Wachstums sind oft lange Anamnesen zu beobachten. Nicht rezidierbare Tumorrreste, z.B. nach Einwachsen in die Schädelbasis, erhöhen bei den im Allgemeinen gut therapierbaren Meningeomen das Rezidivrisiko.

1.6.6 Hämangioblastome

Hämangioblastome sind gutartige Tumoren, die aus einem sehr dichten kapillären Gefäßnetz mit dazwischen gelegenen sogenannten Stromazellen aufgebaut sind. Sie treten in der Regel im Kleinhirn auf und besitzen eine größere Zyste. Die Häufigkeit von Hämangioblastomen unter den intrakraniellen Tumoren liegt bei 2%. Die Diagnose wird bei einer geringen Bevorzugung von Männern meist im Alter zwischen 30 und 50 Jahren gestellt. Hämangioblastome wachsen nicht infiltrativ. Die raumfordernde Wirkung wird durch die meist im Verhältnis zur Tumorgöße sehr voluminöse Zyste hervorgerufen. Bei Lokalisation im Kleinhirn kann die Raumforderung zu einer Liquorzirkulationsstörung und zu einer Kompression des Hirnstammes führen. Aufgrund des Gefäßreichtums kommt es häufig zu Einblutungen, die eine akute Symptomatik zur Folge haben.

1.6.7 Metastasen

Karzinome verschiedener Körperregionen können in das Gehirn metastasieren. Bevorzugt geschieht dies beim Lungen- oder Mammakarzinom sowie beim malignen Melanom. Metastasen haben keine bevorzugte Lokalisation und treten mit etwa gleicher Verteilung bei Män-

nen und Frauen im mittleren bis hohen Lebensalter auf. Solitäre Metastasen können operativ entfernt werden. Die Prognose ist von der Grunderkrankung abhängig.

1.6.8 Hämangiome

Bei Hämangiomen handelt es sich um tumorartige Läsionen, die auf einer angeborenen Fehlentwicklung von Hirngefäßen beruhen. Abhängig vom Wandaufbau der betroffenen Gefäße spricht man von cavernösen, venösen und arteriovenösen Angiomen. Durch Körperwachstum und stärkere Druckbeanspruchung der Blutzirkulation nehmen Hämangiome im Verlauf an Größe zu und wirken daher raumfordernd und verdrängend auf das umgebende Hirngewebe. Durch Kurzschlüsse zwischen arterieller Blutzufuhr und venösem Abfluss und auch durch die unnatürliche Weite der Gefäße kann die Blutversorgung des Gehirns beeinträchtigt werden.

Bedingt durch die dünnen Gefäßwände sind Hämangiome eine häufige Ursache für intracerebrale bzw. intracerebelläre Blutungen. Die Einblutung in das Hirngewebe und das sich um das Hämatom entwickelnde Ödem haben einen raumfordernden Effekt. Aufgrund des akuten Ereignisses besteht für das Gehirn keine Möglichkeit der Kompensation, so dass die durch eine Blutung bedingte Raumforderung im Gegensatz zu Raumforderungen aufgrund von Tumorwachstum meist zu einer stärkeren Symptomatik führt.

Mögliche Behandlungen eines Hämangioms stellen in Abhängigkeit von Lokalisation und Größe die Embolisation oder seine operative Exstirpation dar. Durch ein Hämangiom bedingte intracerebrale bzw. intracerebelläre Hämatome werden u.U. operativ ausgeräumt.

2 ABLEITUNG DER FRAGESTELLUNG

Im folgenden Abschnitt sollen basierend auf dem Theorieteil die Fragestellungen abgeleitet werden. Dies erfolgt zunächst allgemein, bevor im Methodenteil die genauen inhaltlichen und statistischen Hypothesen getrennt für zwei geplante Untersuchungen dargestellt werden.

Seit Beginn der 90er Jahre steht das Kleinhirn zunehmend im Mittelpunkt der neuropsychologischen Forschung. Die neue Sichtweise, nach der das Kleinhirn nicht nur für die Motorik Relevanz besitzt, sondern auch für höhere kognitive Prozesse, findet mehr und mehr Bestätigung. Der Schwerpunkt der berichteten neuropsychologischen Defizite liegt dabei auf einer Beeinträchtigung der Exekutivfunktionen als typischerweise frontallhirnassoziertes Defizit. Die Spezifität der festgestellten Einschränkungen unterscheidet sich von Studie zu Studie jedoch erheblich. So werden neben Störungen der Exekutivfunktionen auch Aufmerksamkeitsdefizite, sprachliche Defizite und räumliche Störungen sowie affektive Veränderungen nach Kleinhirnläsionen berichtet. Kaum ein Störungsbereich bleibt unerwähnt. Ebenso wenig fehlen jedoch die Gegendarstellungen, in denen keinerlei Defizite nachgewiesen wurden oder in denen zunächst augenscheinlich kognitive Defizite nach wie vor auf motorische Einschränkungen zurückgeführt werden.

In dem wohl detailliertesten Bericht dieses Forschungsbereiches von Schmahmann und Sherman (1998) wird das „cerebellar cognitive affective syndrome“ postuliert. Die kognitiven Defizite werden dabei als Folge lateraler, eher posterior gelegener Läsionen der Kleinhirnhemisphären betrachtet, affektive Veränderungen werden vermalen Läsionen zugeschrieben. Die Annahme, dass verschiedene Bereiche des Kleinhirns für verschiedene kognitive Funktionen relevant sind, wurde später von Riva und Giorgi (2000) dahingehend spezifiziert, dass aufgrund einer gekreuzten cerebello-cerebralen Diaschisis die rechte Kleinhirnhemisphäre für sprachliche und die linke für nicht-sprachliche Inhalte dominant sein soll. Andere Autoren konnten diese Differenzierung jedoch nicht nachweisen und in SPECT Untersuchungen werden neben gekreuzten auch ipsilaterale Diaschisisprozesse berichtet.

Erste Untersuchung

Aufgrund der widersprüchlichen Datenlage beziehen sich die ersten Fragestellungen der vorliegenden Studie auf die Ermittlung kognitiver Defizite bei Patienten mit Kleinhirnläsionen. Dabei werden die folgenden Funktionsbereiche überprüft: Aufmerksamkeit, Exekutivfunktionen, Gedächtnis, räumliche Funktionen.

Den sowohl Funktions- als auch Lokalisationsspezifität postulierenden Theorien steht die Annahme von Courchesne und Allen (1997) gegenüber, in der dem Kleinhirn eine allgemein planende und vorbereitende Rolle zugeschrieben wird, die motorische und sensorische aber

eben auch kognitive Prozesse durch „vorausschauende Ressourcenbereitstellung“ optimiert. Kleinhirnläsionen sollten daher auf kognitiver Ebene ebenso wie bzgl. der aus motorischer Forschung bekannten Dysmetrien nicht zu einem Funktionsausfall führen, sondern lediglich zu einer suboptimalen Durchführung. Courchesne und Allen folgern, wie beschrieben, dass sich eine durch ein verletztes Kleinhirn bedingte mangelnde Vorhersage und Vorbereitung in einer erhöhten Reaktionsvariabilität widerspiegeln sollte. Dieser Fragestellung soll durch einen Vergleich der interpersonalen Reaktionsvariabilität im Rahmen der Aufmerksamkeitsfunktionen von Patienten mit Kleinhirnläsionen gegenüber Kontrollprobanden nachgegangen werden.

1.1 Führen Kleinhirnläsionen zu Aufmerksamkeitsdefiziten?

1.2 Führen Kleinhirnläsionen zu einer Störung der Exekutivfunktionen?

1.3 Führen Kleinhirnläsionen zu Gedächtnisdefiziten?

1.4 Führen Kleinhirnläsionen zu visuell-räumlichen Defiziten?

In Anlehnung an Riva und Giorgi (2000) wird weiterhin mittels einer Differenzierung rechts bzw. links cerebellär geschädigter Patienten untersucht, ob die rechte Kleinhirnhemisphäre eine Dominanz für sprachliche und die linke für nicht-sprachliche Funktionen besitzt.

1.5 Ist die rechte Kleinhirnhemisphäre für sprachliche Prozesse dominant?

1.6 Ist die linke Kleinhirnhemisphäre für nicht-sprachliche Prozesse dominant?

Zweite Untersuchung

„In der klinisch-neuropsychologischen Forschung wäre ein direkter Vergleich des neuropsychologischen Profils von Patienten mit zerebellären Erkrankungen und Patienten mit Frontalhirnläsionen zur Überprüfung zerebello-frontaler Interaktionen wünschenswert.“ (Schugens, Ackermann & Daum, 2000, S. 544)

Alle Annahmen, die einen Beitrag des Kleinhirns zu kognitiven Funktionen postulieren, basieren auf der Tatsache der ausgesprochen intensiven Vernetzung zwischen Groß- und Kleinhirn. Hier scheint eine Parallele zum präfrontalen Cortex zu bestehen, der ebenfalls durch enge Verbindungen zu nahezu allen corticalen und auch subcorticalen Regionen ausgezeichnet ist, worin der Ursprung seiner integrativen Funktion gesehen wird (Matthes-von Cramon & von Cramon, 2000). Diese gewisse Vergleichbarkeit und die Tatsache, dass nach Kleinhirnläsionen besonders häufig frontalthirnassoziierte Defizite berichtet werden, legen den Vergleich beider Patientengruppen (Patienten mit entweder Kleinhirn- oder Frontalhirnläsionen) nahe, der in einer zweiten Untersuchung erfolgen soll. Nach der allgemeinen Ermittlung der

Defizite frontal geschädigter Patienten, sollen diese Defizite mit denen der Patienten mit Kleinhirnläsionen verglichen werden.

- 2.1 Zu welchen kognitiven Defiziten führen Frontalhirnläsionen?
- 2.2 Welche Unterschiede bestehen zwischen dem Leistungsprofil nach Frontalhirnläsionen und dem nach Kleinhirnläsionen?

Darüber hinaus wird mit Hilfe der Differenzierung jeweils rechts- und linkshemisphärisch geschädigter Patienten überprüft, ob das Störungsmuster dem der jeweils kontralateral geschädigten Patientengruppe vergleichbar ist und ob die Defizite daher möglicherweise auf die gekreuzten Verbindungen zwischen Frontal- und Kleinhirn zurückzuführen sind. Eine solche Vergleichbarkeit spräche dafür, dass kognitive Defizite nach cerebellären Läsionen auf die Unterbrechung des gekreuzt verlaufenden cerebro-cerebellären Netzwerkes zurückzuführen sind. Eine im Vergleich zu den frontal geschädigten Patienten eher globale Beeinträchtigung der Patienten mit cerebellären Läsionen hingegen wäre möglicherweise eher im Sinne der von Courchesne und Allen (1997) postulierten vorhersagenden und planenden Rolle des Kleinhirns zu interpretieren.

- 2.3 Besteht ein Zusammenhang zwischen den Leistungsprofilen der jeweils kontralateral geschädigten Patientengruppen (rechtsseitige Kleinhirnläsion und linksseitige Frontalhirnläsion vs. linksseitige Kleinhirnläsion und rechtsseitige Frontalhirnläsion)?

Es bleibt anzumerken, dass die derzeit extrem widersprüchliche Datenlage vermutlich in nicht unerheblichem Maße auf methodische Probleme zurückzuführen ist. Zum einen basieren die Aussagen in der Regel auf sehr kleinen Stichproben oder gar Einzelfällen, denen zudem meist ein Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe fehlt. Zum anderen sind die kleinen Stichproben oft aus Patienten mit Läsionen verschiedenster Ätiologien zusammengesetzt. Weiterhin basiert ein Großteil der neuropsychologischen Kleinhirnforschung auf Patienten mit degenerativen Erkrankungen des Kleinhirns, in diesen Fällen muss eine rein fokale Kleinhirnschädigung jedoch in Frage gestellt werden.

Die Überprüfung der genannten Fragestellungen soll daher in dieser Studie an neurochirurgischen Patienten mit fokal cerebellären Tumoren bzw. fokalen Blutungen aufgrund von cerebellären Gefäßtumoren überprüft werden. Der Vergleich soll anhand einer parallelisierten Kontrollgruppe erfolgen, die sich aus Gesunden und aus neurochirurgisch behandelten Patienten nach Bandscheibenvorfall zusammensetzt.

Bei den für den zweiten Teil untersuchten Patienten mit frontalen Läsionen handelt es sich ebenfalls um neurochirurgische Patienten mit frontal lokalisierten Tumoren oder einer fokalen frontalen intracerebralen Blutung.

3 METHODEN DER ERSTEN UNTERSUCHUNG

3.1 Präzisierung der Fragestellungen und inhaltliche Hypothesen

In der ersten Untersuchung soll zunächst der allgemeinen Fragestellung nachgegangen werden, inwiefern sich Kleinhirnläsionen auf die kognitive Leistungsfähigkeit auswirken. Mögliche Beeinträchtigungen der Patienten mit Kleinhirnläsionen in verschiedenen Funktionsbereichen sollen mittels folgender Hypothesen überprüft werden:

1. Patienten mit Kleinhirnläsionen sind in ihrer Aufmerksamkeitsleistung im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden beeinträchtigt.
2. Patienten mit Kleinhirnläsionen sind bzgl. der Exekutivfunktionen im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden beeinträchtigt.
3. Patienten mit Kleinhirnläsionen sind in ihrer Gedächtnisleistung im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden beeinträchtigt. Dabei ist die Gedächtnisleistung in wenig strukturierten „effortful memory“ Aufgaben besonders betroffen.
4. Patienten mit Kleinhirnläsionen sind bzgl. visuell-räumlicher Funktionen im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden beeinträchtigt.

In einer weiteren Fragestellung soll die cerebelläre Hemisphärendominanz bzgl. spezifischer neuropsychologischer Funktionen überprüft werden. Zu dieser Funktionslateralisierung wurden zwei Hypothesen formuliert:

5. Patienten mit rechts cerebellärer Läsion sind in sprachlichen Funktionsbereichen stärker beeinträchtigt als Patienten mit links cerebellärer Läsion.
6. Patienten mit links cerebellärer Läsion sind in figural-räumlichen Funktionsbereichen stärker beeinträchtigt als Patienten mit rechts cerebellärer Läsion.

Der von Courchesne & Allen (1997) postulierten prädiktiven und planenden Rolle des Kleinhirns zufolge (vgl. Punkt 1.4 Theoretisches Erklärungsmodell nach Courchesne und Allen) wird eine sub-optimale Erhöhung der Reaktionsvariabilität erwartet. Diese Schwankungsbreite der Reaktionen wird im Rahmen der ersten, die Aufmerksamkeit betreffende Fragestellung untersucht.

3.2 Planung der Untersuchung

3.2.1 Design

Die vorliegende Untersuchung kann durch mehrere Versuchspläne dargestellt werden, die sich jeweils auf einen bestimmten neuropsychologischen Funktionsbereich bzw. den affektiven Bereich beziehen lassen. Untersucht werden Patienten mit Kleinhirnläsionen und gesunde Kontrollpersonen. Die Patientengruppe lässt sich in cerebellär rechts und cerebellär links geschädigte Patienten unterscheiden; die Unterscheidung wirkt sich ebenfalls auf die parallelierte Kontrollgruppe aus, die sich somit jeweils aus einer Kontrollgruppe für die rechts und einer für die linksseitig geschädigten Patienten zusammensetzt. Die zu untersuchenden Bereiche umfassen den Fragestellungen entsprechend Aufmerksamkeitsfunktionen, Exekutivfunktionen, Gedächtnisfunktionen, räumlich-kognitive Funktionen und die Stimmungslage.

3.2.2 Variablen

3.2.2.1 Unabhängige Variablen (UV)

Es bestehen zwei unabhängige Variablen:

- Vorliegen einer Läsion
- Läsionsort

Beide unabhängige Variablen lassen sich zunächst in zwei Stufen unterteilen (eine genauere Spezifizierung des Läsionsortes wird unter dem Punkt 3.2.2.3 Störvariablen diskutiert).

UV 1: Vorliegen einer Läsion

Stufe 1: Patienten mit cerebellärer Läsion

Stufe 2: Gesunde Personen bzw. Personen nach Bandscheibenoperation ohne cerebrale oder cerebelläre Läsion

UV 2: Läsionsort

Stufe 1: rechts cerebelläre Läsion

Stufe 2: links cerebelläre Läsion

Für die Fragestellungen 1-4 ist lediglich die erste unabhängige Variable ausschlaggebend, da die Gesamtstichprobe der Patienten mit cerebellärer Läsion mit der gesamten Kontrollstichprobe verglichen wird. Für die 5. und 6. Fragestellung hingegen sind beide Variablen relevant, da hier die Patienten mit rechts- und linksseitiger Läsion als zwei getrennte Gruppen behandelt werden und mit den entsprechenden Kontrollgruppen verglichen werden.

3.2.2.2 Abhängige Variablen (AV)

Die abhängigen Variablen lassen sich entsprechend den zu erfassenden Funktionsbereichen in sechs Gruppen unterteilen. Die für die Fragestellungen der Lateralisierung (5 und 6) relevante Einteilung in sprachliche bzw. nicht-sprachliche Verfahren ist funktionsübergreifend und wird im Ergebnisteil genauer spezifiziert. Die von der Lateralisierung unabhängigen Fragestellungen umfassen die folgenden Bereiche:

- Aufmerksamkeitsleistung
- Leistungen bzgl. der Exekutivfunktionen
- Gedächtnisleistungen
- Visuell-räumliche Leistungen

Die Leistungen werden mittels der in Tabelle 3.1 aufgeführten Testverfahren erhoben.

Tab. 3.1 Testverfahren

- *Mehrfachwahl Wortschatztest (MWT-B; Lehrl, 1975)*
- Untertests *Go / NoGo*, *Geteilte Aufmerksamkeit* und *Arbeitsgedächtnis* der *TAP* (Zimmermann & Fimm, 1993)
- *Trail-Making-Test (TMT; Partington & Leiter, 1949; Lezak, 1995)*
- Untertests *Gemeinsamkeiten Finden* und *Mosaiktest* des *HAWIE-R* (Wechsler, 1981; Tewes, 1991)
- *Rey-Osterrieth Figur* (Rey, 1941; Lezak, 1995)
- *Phonematische Wortflüssigkeit LBS* (in Anlehnung an *COWAT*; Lezak, 1995)
- *Semantische Wortflüssigkeit* zu den Kategorien „Supermarkt“, „Tiere“ und „Hobbies“
- *Fünf-Punkte-Test* (Regard, Strauss & Knapp, 1982; Lee, Loring, Newell & McCloskey, 1994; Spreen & Strauss, 1998)
- Untertest *Handbewegungen* aus der *K-ABC* (Kaufman & Kaufman, 1983; Melchers & Preuß, 1994)
- *Wechsler Gedächtnistest revidierte Fassung (WMS-R; Wechsler, 1987; Härting, Markowitsch, Neufeld, Calabrese, Deisinger & Kessler, 2000)*

Im Folgenden werden die abhängigen Variablen sowie die Testverfahren ausführlich dargestellt.

Aufmerksamkeitsleistung

Die Aufmerksamkeitsleistung wird durch die Untertests *Go / NoGo*, *Geteilte Aufmerksamkeit*, *Zahlenspanne vorwärts*, *Blockspanne vorwärts*, den *Trail-Making-Test* und den Parameter

Standardabweichung der Reaktionszeiten des Untertests *Arbeitsgedächtnis* (s. Exekutivfunktionen) erhoben.

AV 1: Die selektive Aufmerksamkeit wird mit dem Untertest *Go / NoGo* aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP; Zimmermann & Fimm, 1993) untersucht. Erhoben werden die Anzahl der Fehler sowie der Median und die Standardabweichung der Reaktionszeit in ms. In die Berechnungen gehen alters- und bildungsnormierte Prozentränge ein.

Go / NoGo (TAP)

Der Untertest *Go / NoGo* erfasst zum einen die selektive Aufmerksamkeitsleistung, nämlich die Reaktionszeit unter Reizselektionsbedingungen und zum anderen die Fähigkeit zur Reaktionsunterdrückung. Letztere Fähigkeit wird vor allem nach Läsionen des Frontallappen als defizitär angenommen. Die TAP ist ein computergestütztes Verfahren. Im *Go / NoGo* Test werden fünf verschiedene Reize aus Mustern dargeboten, von denen drei als kritische Reize eine Reaktion erfordern, während auf die anderen beiden nicht reagiert werden soll. Für die Reaktionszeitparameter und die Fehler liegen altersnormierte Prozentränge vor. Chronbachs Alpha liegt bei .92.

AV 2: Die geteilte Aufmerksamkeit wird mit dem Untertest *Geteilte Aufmerksamkeit* aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP; Zimmermann & Fimm, 1993) untersucht. Erhoben werden hier die Auslassungen kritischer Reize und der Median der Reaktionszeiten sowie die Standardabweichung in ms. Auch hier gehen die Prozentränge in die Berechnungen ein.

Geteilte Aufmerksamkeit (TAP)

Auch dieser Test ist ein Untertest der TAP (Zimmermann & Fimm, 1993). Er besitzt eine hohe klinische Relevanz, da viele Patienten berichten, mit Situationen Schwierigkeiten zu haben, in denen sie auf verschiedene Reize gleichzeitig achten müssen. Bei diesem Untertest handelt es sich um eine „dual-task“-Aufgabe, in der gleichzeitig auf einen bestimmten optischen Reiz und auf eine konkrete Tonabfolge durch Tastendruck reagiert werden soll. Zur Bearbeitung der Aufgabe ist sowohl ein schneller Wechsel in der Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf die verschiedenen Modalitäten denkbar als auch das gleichzeitige Beachten der optischen und akustischen Reize. Alters- und bildungsnormierte Prozentränge liegen für alle drei Parameter vor. Chronbachs Alpha liegt bei .75.

AV 3: Die auditive Merkspanne wird mit Hilfe des Untertests *Zahlenspanne vorwärts* aus der *Wechsler Memory Scale Revised (WMS-R; Wechsler, 1987)* erhoben. Relevant ist die Anzahl korrekt wiederholter Ziffernfolgen, für die ein altersnormierter Prozentrang ermittelt wird.

Zahlenspanne (WMS-R)

Die *Zahlenspanne* als Untertest der WMS-R erfasst zum einen die auditive Merkspanne (*Zahlenspanne vorwärts*) zum anderen das verbale Arbeitsgedächtnis (*Zahlenspanne rückwärts*, s. AV 14). Beide Untertests bestehen aus jeweils sechs Durchgängen, in denen jeweils zwei Zahlenfolgen gleicher Länge (vorwärts: drei bis acht Zahlen, rückwärts: zwei bis sieben Zahlen) vorgelesen werden und direkt im Anschluss entweder in gleicher oder in umgekehrter Reihenfolge wiederholt werden sollen. Werden beide Folgen eines Durchganges nicht korrekt wiedergegeben, so wird der Untertest abgebrochen. Es liegen normierte Prozentränge für Altersgruppen zwischen 15 und 74 Jahren vor. Die Retestrelabilität der Zahlenspanne insgesamt liegt bei .83 (Wechsler, 1987; Härting et al., 2000).

AV 4: Die visuelle Merkspanne wird durch den Untertest *Blockspanne vorwärts* aus der WMS-R (Wechsler, 1987) erhoben. Erfasst wird die Anzahl korrekt wiederholter Folgen, auch hier wird der Prozentrang ermittelt.

Blockspanne (WMS-R)

Analog zur *Zahlenspanne* erfasst die *Blockspanne* die visuelle Merkspanne (*Blockspanne vorwärts*) sowie das visuelle Arbeitsgedächtnis (*Blockspanne rückwärts*, s. AV 15). Für die *Blockspanne vorwärts* werden sieben Durchgänge dargeboten (zwei bis acht Schritte) für die Durchführung rückwärts sechs (zwei bis sieben Schritte). Das Abbruchkriterium ist auch hier dann erreicht, wenn beide Folgen eines Durchganges nicht korrekt wiedergegeben werden. Auch hier existieren altersnormierte Prozentränge. Die Retestrelabilität für die Blockspanne insgesamt liegt bei .60 (Wechsler, 1987; Härting et al., 2000).

AV 5: Die visuo-motorische Geschwindigkeit ist ebenfalls von der Aufmerksamkeitsleistung abhängig, wenngleich auch motorische Aspekte hinzukommen; sie wird durch den Trail-Making-Test (TMT) erfasst (Partington & Leiter, 1949). Dieser gliedert sich in Teil A und Teil B. In beiden Bedingungen wird die Durchführungsdauer in Sekunden erhoben. In die Berechnungen gehen altersnormierte Prozentränge (Spree & Strauss, 1998) ein.

Trail-Making-Test (TMT)

Im TMT-A wird die visuo-motorische Geschwindigkeit dadurch erhoben, dass Zahlen von 1 bis 25, die in kleinen Kreisen randomisiert auf einem Blatt angeordnet sind, in der richtigen Reihenfolge miteinander verbunden werden sollen. In Teil B wird zusätzlich die kognitive Umstellfähigkeit erfasst. Hier sind neben Zahlen auch Buchstaben abgebildet, diese sollen immer im Wechsel in Zähl- bzw. alphabetischer Reihenfolge miteinander verbunden werden (1-A-2-B-3...). Das Verbinden soll in beiden Fällen so schnell wie möglich erfolgen. Ein gutes Sehvermögen (Gesichtsfeld) sowie unbeeinträchtigte motorische Fähigkeiten sind Voraussetzungen zur Durchführung dieses Tests (Partington & Leiter, 1949; Lezak, 1995). Durch die Berechnung eines Quotienten kann das Ergebnis von Teil B um die motorische Komponente bereinigt werden (Teil B : Teil A). Ein hoher Quotient spricht für eine geringe kognitive Umstellfähigkeit (s. AV 12).

Exekutivleistungen

Die Exekutivfunktionen werden mittels der folgenden Verfahren untersucht: Untertests *Gemeinsamkeiten Finden*, *Arbeitsgedächtnis*, *Zahlenspanne rückwärts*, *Blockspanne rückwärts*, *Handbewegungen*, *Planungsindex der Rey-Osterrieth Figur*, *phonematische* und *semantische Wortflüssigkeit*, *Fünf-Punkte-Test* sowie durch den *Index des TMT* zur Erfassung der kognitiven Umstellfähigkeit.

AV 6: Mit Hilfe des Untertests *Gemeinsamkeiten Finden* des *HAWIE-R* (Wechsler, 1981) wird das verbale Abstraktionsvermögen untersucht. Der Rohwert ergibt sich aus der Anzahl korrekt genannter Oberbegriffe, für die dann altersnormierte Wertpunkte vorliegen (M=10, SD=3).

Gemeinsamkeiten Finden (HAWIE-R)

Der Untertest *Gemeinsamkeiten Finden* besteht aus insgesamt 16 Wortpaaren, für die jeweils ein Oberbegriff genannt werden soll (z.B. „Buch – Fernseher“; Lösungsbeispiele: „Medien“, „Information“). Nach vier nicht richtig beantworteten Fragen wird der Test abgebrochen. Es liegen Altersnormen für den Bereich von 16 bis 74 Jahren vor. Für den Untertest werden Wertpunkte ermittelt. Der über die Altersgruppen gemittelte Reliabilitätskoeffizient dieses Untertests liegt bei .87 (Wechsler, 1981).

AV 7: Die *Planungsleistung* wird mittels eines Planungsscores beim Abzeichnen der *Rey-Osterrieth Figur* (Kenkel, Gottwald & Mehdorn, 1997; Rey, 1941) erhoben. In die Berechnungen gehen Rohwerte ein, wobei ein niedriger Wert für eine geringe Planungsleistung spricht.

Planungsleistung der Rey-Osterrieth Figur

Zur Erfassung der Planungsleistung wird auf ein in der Klinik für Neurochirurgie entwickeltes Auswertungsschema zurückgegriffen (Kenkel et al., 1997). Ausschlaggebend ist die Reihenfolge, in der die verschiedenen Elemente der Rey-Osterrieth Figur abgezeichnet werden. Für jeden „Verstoß“ wird in der Auswertung von möglichen 32 Punkten ein Punkt abgezogen. Es wird davon ausgegangen, dass Werte von einschließlich 29 bis 32 Punkten einer unbeeinträchtigten Planungsleistung entsprechen. Normdaten liegen nicht vor.

AV 8: Die *phonematische Wortflüssigkeit* wird durch die Menge der jeweils in einer Minute genannten Wörter erhoben, die mit den Buchstaben L, B und S beginnen. Es werden die für den englischen Sprachraum alters- und bildungsnormierten Prozentränge verwendet (Lezak, 1995).

Phonematische Wortflüssigkeit

Für die *phonematische Wortflüssigkeit* liegt im englischen Sprachraum der „Controlled Oral Word Association Test“ vor (COWAT, Lezak, 1995). Die Aufgabe besteht darin, in einer Minute so viele Worte wie möglich zu nennen, die mit einem vorgegebenen Buchstaben beginnen. Dabei dürfen neben Nomen auch Verben oder Eigenschaftswörter genannt werden, lediglich Eigennamen dürfen nicht vorkommen. Defizite im Sinne von verminderter kognitiver Flexibilität wurden nach frontalen Läsionen und hierbei verstärkt nach links frontalen Läsionen nachgewiesen. Im deutschen Sprachraum werden zur Durchführung meist die Buchstaben L, B und S verwendet. Es werden die altersnormierten Prozentränge aus dem englischen Sprachraum übernommen (Lezak, 1995).

AV 9: Die *semantische Wortflüssigkeit* ergibt sich aus der Menge der in jeweils einer Minute genannten Wörter, die zu den Kategorien „Supermarkt“, „Tiere“ und „Hobbies“ passen. Es geht die Anzahl der genannten Worte in die Berechnungen ein.

Semantische verbale Flüssigkeit

Ähnlich wie bei der *phonematischen Wortflüssigkeit* sollen bei dieser Aufgabe innerhalb einer Minute möglichst viele Begriffe genannt werden, die zu einer bestimmten semantischen Kategorie passen. Im Rahmen dieser Studie wurden die Kategorien „Supermarkt“ (alles, was

man im Supermarkt kaufen kann), „Tiere“ und „Hobbies“ vorgegeben. Normen zu diesen Kategorien liegen nicht vor.

AV 10: Die figurale Flüssigkeit wird mittels des *Fünf-Punkte-Tests* (Regard et al., 1994) erhoben. Erfasst werden die Anzahl richtig produzierter Zeichnungen und der Perseverationsindex, der sich aus der Menge der richtigen Zeichnungen geteilt durch die Gesamtmenge der Zeichnungen multipliziert mit 100 ergibt ($\text{Richtige} : (\text{Richtige} + \text{Wiederholungen}) \times 100$). Es gehen jeweils die Rohwerte in die Berechnungen ein.

Fünf-Punkte-Test

Analog zur verbalen Flüssigkeit wurde der *Fünf-Punkte-Test* zur Erfassung der figuralen Flüssigkeit entwickelt (Regard et al., 1982). Die Aufgabe besteht darin, fünf wie auf einem Würfel angeordnete Punkte auf immer verschiedene Arten durch gerade Linien miteinander zu verbinden, wobei nicht immer alle Punkte verbunden werden müssen. In Anlehnung an Lee et al. (1994) beträgt das Zeitlimit drei Minuten. Erhoben wird zum einen die Anzahl richtiger Zeichnungen, zum anderen wird bzgl. der Wiederholungen ein Perseverationsindex berechnet (Prozent perseverativer Fehler). Der Test gilt als sensibel für frontale Läsionen, wobei dem Perseverationsindex eine größere Bedeutung zugemessen wird als der Anzahl richtiger Zeichnungen (Lee et al., 1994). Reliabilitätskoeffizienten liegen nicht vor.

AV 11: Die motorische Flüssigkeit wird durch den Untertest *Handbewegungen der K-ABC* (Kaufman & Kaufman, 1983) bestimmt. Dabei ergibt sich der für die Berechnungen relevante Rohwert aus der Anzahl korrekt wiederholter Bewegungssequenzen.

Handbewegungen (K-ABC)

Durch den Test *Handbewegungen der K-ABC* werden unter anderem die Organisation der Wahrnehmung, die visuo-motorische Koordination und die „fluid ability“ erfasst; er kann daher gewissermaßen als motorisches Pendant zu verbaler und figuraler Flüssigkeit aber auch als visuo-motorischer Arbeitsgedächtnistest verstanden werden. Die Aufgabe besteht darin, eine vom Versuchsleiter präsentierte Folge von Handbewegungen zu wiederholen. Die Sequenzen bestehen aus zwei bis fünf Bewegungen wobei es sich um Kombinationen dreier unterschiedlicher Bewegungen handelt (Faust, Handkante, Handfläche). Der Test besteht aus insgesamt 18 Sequenzen, wobei auch Abbruchkriterien vorliegen. Auch für Erwachsene wurden altersspezifische Mittelwerte und Standardabweichungen einer sehr kleinen Stichprobe veröffentlicht (Spreeen & Strauss, 1998). Die Reliabilität bei Fünf- bis Zwölfjährigen liegt bei .72 (Melchers & Preuß, 1994).

AV 12: Die kognitive Umstellfähigkeit kann mit Hilfe des bereits beschriebenen TMT erhoben werden (Partington & Leiter, 1949). Zu diesem Zweck werden die für die unterschiedlichen Teile benötigten Durchführungszeiten verrechnet, indem der Wert von Teil B durch den von Teil A dividiert wird. Es ergibt sich ein um die motorische Komponente bereinigter Wert, ein hoher Wert spricht dabei für eine geringe kognitive Umstellfähigkeit.

AV 13: Als eine weitere exekutive Funktion wird das *Arbeitsgedächtnis* mittels der *TAP* (Zimmermann & Fimm, 1993) untersucht. Erfasst werden der Median der Reaktionsgeschwindigkeit in ms sowie die Anzahl der Auslassungen kritischer Reize und der Fehler. In die Berechnungen gehen auf Normstichproben basierende Prozenträge ein.

Arbeitsgedächtnis (TAP)

Beim Untertest *Arbeitsgedächtnis* der *TAP* (Zimmermann & Fimm, 1993) handelt es sich um ein „two-back“-Paradigma. Es werden auf dem Bildschirm nacheinander in randomisierter Reihenfolge einstellige Zahlen dargeboten. Der Proband soll erkennen, wenn eine aktuelle Zahl der jeweils vorletzten Zahl entspricht und dies durch einen Tastendruck angeben. Die Autoren betonen, dass es sich hierbei um eine auch für Gesunde ziemlich schwierige Aufgabe handelt. Da Zahlen dargeboten werden, handelt es sich um eine verbale Arbeitsgedächtnisaufgabe. Wie auch bei den bereits beschriebenen TAP-Untertests werden die Reaktionszeit in ms (Median und Standardabweichung) sowie Auslassungen und Fehler erhoben. Für alle Parameter können altersnormierte Prozenträge ermittelt werden. Chronbachs Alpha liegt bei .89.

AV 14: Das auditive Arbeitsgedächtnis wird durch den Untertest *Zahlenspanne rückwärts* der *WMS-R* (Wechsler, 1987) erhoben. Erfasst wird die Anzahl korrekt rückwärts wiedergegebener Zahlenfolgen. In die Berechnungen geht der altersnormierte Prozentrang ein.

AV 15: Das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis wird durch den Untertest *Blockspanne rückwärts* der *WMS-R* (Wechsler, 1987) erhoben. Auch hier wird die Anzahl korrekt rückwärts wiedergegebener Folgen erfasst, für die Berechnungen relevant ist erneut der Prozentrang.

Gedächtnisleistungen

Die Gedächtnisleistung wird neben der Recall-Bedingung der *Rey-Osterrieth Figur* (Rey, 1941) vor allem durch die *Wechsler Memory Scale Revised (WMS-R; Wechsler, 1987)* untersucht. Die verschiedenen abhängigen Variablen ergeben sich aus den zur Berechnung der Indizes zusammengefassten Untertests der WMS-R. Die Indizes entsprechen in ihrer Skalierung IQ-Werten. Auch das spezifische „effortful memory“ wird mittels ausgewählter Untertests der WMS-R erfasst.

AV 16: Der Rohwert zur Indexbestimmung für das *Verbale Gedächtnis* ergibt sich aus der Summe des doppelten Rohwertes des Untertests *Logisches Gedächtnis I* und dem Wert des Untertests *Verbale Paarererkennung I*. In die Berechnungen geht der Index ein (M=100, SD=15).

Verbales Gedächtnis (WMS-R)

Der Untertest *Logisches Gedächtnis I* setzt sich aus zwei Geschichten zusammen, die zunächst vorgelesen werden und jeweils direkt im Anschluss möglichst genau nacherzählt werden sollen. Der Rohwert ergibt sich aus der Anzahl korrekt wiedergegebener Einheiten.

Bei der *Verbalen Paarererkennung I* werden acht Wortpaare vorgelesen (z.B. „Schule – Bäckerei“). Die Aufgabe besteht darin, direkt im Anschluss an das Vorlesen der Liste zu jeweils dem ersten erneut vorgelesenen Wort jeden Paares das entsprechende zweite Wort zu nennen. Der Untertest besteht aus mindestens drei Durchgängen, wobei in jedem Durchgang alle Wortpaare zunächst erneut vorgelesen werden. Wurden im dritten Durchgang nicht alle Paare korrekt vervollständigt so können bis zu drei weitere Durchgänge erfolgen. In den Rohwert gehen nur die korrekt ergänzten Paare der ersten drei Durchgänge ein.

In den Index *Verbales Gedächtnis* geht der Rohwert des *Logischen Gedächtnisses I* doppelt, der des *Verbalen Paarerkennens I* hingegen nur einfach ein. Dem Index liegen Altersnormen zugrunde. Seine Reliabilität liegt bei .81 (Härting et al., 2000).

AV 17: Der Rohwert zur Indexbestimmung für das *Visuelle Gedächtnis* ergibt sich aus der Summe der Rohwerte des Untertests *Figurales Gedächtnis*, dem doppelten Rohwert des Untertests *Visuelle Wiedergabe I* und dem Wert des Untertests *Visuelle Paarererkennung I*.

Visuelles Gedächtnis (WMS-R)

Beim Untertest *Figurales Gedächtnis* handelt es sich um einen Recognition-Test, der aus vier Durchgängen besteht. Im ersten Durchgang wird ein abstraktes Muster dargeboten, das im Anschluss aus drei vergleichbaren Mustern wiedererkannt werden soll. In den weiteren

Durchgängen werden jeweils drei Muster gleichzeitig präsentiert, die jeweils direkt im Anschluss aus neun Mustern erkannt werden sollen. Unabhängig von der Leistung werden alle vier Durchgänge durchgeführt.

In der *Visuellen Wiedergabe I* werden nacheinander vier Karten mit abstrakten Figuren vorgelegt, die jeweils direkt im Anschluss aus dem Gedächtnis nachgezeichnet werden sollen. Es liegen detaillierte Auswertungskriterien vor.

Die *Visuelle Paarererkennung I* besteht aus sechs Paaren von jeweils einer abstrakten Figur und einer Farbe. Nachdem alle Paare gezeigt wurden, werden nacheinander in randomisierter Reihenfolge die Figuren erneut präsentiert, wobei die entsprechend dazugehörige Farbe auf einem Auswahlbogen gezeigt werden soll. Die Durchführungsdauer entspricht der bei der *Verbalen Paarererkennung I* (drei bis sechs Durchgänge).

Dem Index für das *Visuelle Gedächtnis* liegt der Test der freien Reproduktion (*Visuelle Wiedergabe I*) doppelt zugrunde, während die *Visuelle Paarererkennung I* und das *Figurale Gedächtnis* jeweils einfach eingehen. Die Indexreliabilität liegt ebenfalls bei .81 (Wechsler, 1987; Härting et al., 2000).

AV 18: Das mittelfristige Gedächtnis wird über den Index *Verzögerte Wiedergabe* bestimmt. Der zugrunde liegende Rohwert setzt sich zu gleichen Teilen aus der Summe der Rohwerte der Untertests *Logisches Gedächtnis II*, *Verbale Paarererkennung II*, *Visuelle Wiedergabe II* und *Visuelle Paarererkennung II* zusammen.

Verzögerte Wiedergabe (WMS-R)

Der Index *Verzögerte Wiedergabe* setzt sich aus dem Recall der vier bereits beschriebenen Untertests zusammen. Für alle vier Untertests erfolgt nach ca. 30 Minuten eine zuvor angekündigte erneute Abfrage, ohne dass das Material noch einmal präsentiert wird. Die Rohwerte aller vier Recall-Tests gehen zu gleichen Teilen in den Index ein. Die Reliabilität des Index *Verzögerte Wiedergabe* liegt bei .80 (Wechsler, 1987; Härting et al., 2000).

AV 19: Das visuelle Gedächtnis wird zusätzlich mittels der Recall-Bedingung der *Rey-Osterrieth Figur* erfasst. Der Rohwert ergibt sich aus der Summe, der ca. 30 Minuten nach dem Abzeichnen korrekt aus dem Gedächtnis gezeichneten Details.

Rey-Osterrieth Figur

Die *Rey-Osterrieth Figur* (Rey, 1941) ist auch als „Complex Figure Test“ bekannt. Die Copy-Bedingung erfasst die visuo-konstruktiven Fähigkeiten, während die Recall-Bedingung ein Maß für das figuralen Gedächtnis darstellt. In der Copy-Bedingung (AV 22) soll die Figur, ohne gedreht zu werden, so genau wie möglich abgezeichnet werden. Ein Zeitlimit ist nicht vorgegeben. Der Recall erfolgt nach 30 Minuten, die Figur soll dann so genau wie möglich

ohne erneute Vorgabe aus dem Gedächtnis reproduziert werden. Für die Auswertung wird die Figur in 18 Elemente unterteilt, von denen für jedes maximal zwei Punkte vergeben werden können, und zwar in Abhängigkeit von Vollständigkeit, Verzerrung und präziser Lokalisation des einzelnen Elementes (Spreen & Strauss, 1998).

AV 20: Das „effortful memory“ kann in der WMS-R mittels der „Freien-Recall-Verfahren“ *Logisches Gedächtnis I* und *Visuelle Wiedergabe I* überprüft werden. Dem gegenüber stehen die strukturierten „Paar-Assoziations-Aufgaben“ *Verbale Paarererkennung I* und *Visuelle Paarererkennung I*, in denen die einzelnen Items nacheinander abgefragt werden. Die „Paar-Assoziations-Aufgaben“ erfordern vergleichsweise wenig eigene Struktur. Die eigene Motivation, eine wirklich umfassende Wiedergabe zu liefern, ist hierbei weniger ausschlaggebend.

Visuell-räumliche Leistungen

Die visuell-räumliche Leistung wird durch den *Mosaiktest* und die Copy Bedingung der *Rey-Osterrieth Figur* erfasst.

AV 21: Der Untertest *Mosaiktest* des *HAWIE-R* (Wechsler, 1981) erfasst die räumlich-konstruktive Leistung. Der Rohwert ergibt sich aus der Geschwindigkeit, mit der die Figuren erfolgreich zusammengesetzt werden. In die Berechnungen gehen altersnormierte Wertpunkte ein.

Mosaiktest (HAWIE-R)

Durch den *Mosaiktest* soll neben der Fähigkeit, Formen wahrzunehmen und sie zu analysieren auch die generelle Fähigkeit zum problemlösenden Denken erhoben werden (Tewes, 1991; Wechsler, 1981). Aus vier (Aufgaben 1-5) bzw. neun (Aufgaben 6-9) Würfeln sollen innerhalb einer bestimmten Zeitgrenze vorgegebene Muster nachgelegt werden. Nach drei Fehlversuchen in Folge wird der Test abgebrochen. Der Test ist für Altersgruppen von 16-74 Jahren normiert; es werden Wertpunkte ermittelt. Die mittlere Reliabilität dieses Untertests liegt bei .82 (Tewes, 1991).

AV 22: Mit Hilfe der Copy-Bedingung der *Rey-Osterrieth Figur* (s.o., Rey, 1941) können visuo-konstruktive Störungen festgestellt werden. Der für die Berechnungen relevante Rohwert ergibt sich aus der Summe korrekt abgezeichneter Details der komplexen Figur.

3.2.2.3 Störvariablen

Die zur Kontrolle der Störvariablen angewendeten Testverfahren werden am Ende dieses Abschnittes genauer dargestellt. Zunächst folgt die inhaltliche Begründung der Störvariablen.

Um eine möglichst hohe externe Validität zu erlangen, wird eine Patientenstichprobe angestrebt, die aus möglichst gleich vielen Männern und Frauen besteht und innerhalb derer das Verhältnis von Patienten mit rechtsseitigen und mit linksseitigen Läsionen ausgewogen ist. Um Alters-, Geschlechts- oder Bildungseffekten vorzubeugen, soll die Kontrollgruppe bezüglich dieser Faktoren parallelisiert werden. Weiterhin wird zur Einschätzung des Bildungsgrades neben der Erhebung des Schulabschlusses auch der *Mehrfachwahl Wortschatztest (MWT-B; Lehrl, 1975, s.u.)* durchgeführt.

Andere Faktoren werden erfasst, um sie durch die genaue Dokumentation zumindest kontrollieren zu können. Hierzu gehört die Diagnose, die der cerebellären Läsion zugrunde liegt, da die Kompensationsfähigkeit des Gehirns davon abhängig ist, ob es sich um einen akuten Erkrankungsbeginn handelt (z.B. Blutungen) oder eher um einen schleichenden langsamen Beginn (z.B. niedriggradige Tumoren). Auch das mögliche Vorliegen eines Ödems wird mit erhoben. Die genaue Größe der Läsion ist insofern wenig ausschlaggebend, als z.B. niedriggradige Tumoren durch ihr langsames und z.T. rein verdrängendes Wachstum oft erst bei einer größeren Raumforderung Symptome erzeugen, als schnell und infiltrativ wachsende höhergradige Tumoren.

Durch die anatomische Nähe zum Hirnstamm liegt bei ausgedehnten Raumforderungen eine Komprimierung desselben nahe, was unabhängig vom Kleinhirn zu Schwankungen des allgemeinen Arousals führen könnte, auch eine derartige Hirnstammverdrängung wird daher anhand der MRTs bzw. CCTs kontrolliert und dokumentiert. Weiterhin wird das mögliche Vorliegen eines passageren Hydrocephalus aufgrund einer Liquorabflussstörung erhoben, da ein bestehender Hydrocephalus auf neuropsychologischer Ebene u.a. eine generelle Verlangsamung sowie unspezifische Gedächtnisdefizite zur Folge haben kann.

Die beschriebenen klinischen Daten werden auch zu dem Zweck erhoben, die beiden Patientengruppen mit cerebellären Läsionen unterschiedlicher Lateralität vergleichen zu können. Sind mögliche klinische Einschränkungen wie z.B. ein passagerer Hydrocephalus oder eine leichte Hirnstammverdrängung deskriptiv ungleich auf beide Gruppen verteilt, so würde dies die Validität der entsprechenden Gruppenvergleiche einschränken.

Weiterhin wird die Händigkeit kontrolliert, falls sich diese für die Hypothese bzgl. der Funktionslateralisierung als relevant erweisen sollte.

Wie bereits beschrieben, ist davon auszugehen, dass die Patienten mit Kleinhirnläsionen zumindest unter leichten motorischen Defiziten leiden, die sich auf mehrere Testverfahren auswirken dürften. Um einen Einfluss dieses Faktors kontrollieren zu können, wird als motorische Aufgabe das *Purdue Pegboard* durchgeführt (Tiffin, 1968), mit dessen Hilfe die feinmotorische Leistung erhoben wird (s.u.).

Eine unspezifische Leistungsverminderung der Patienten aufgrund ihrer z.T. psychisch sehr belastenden Situation ist nicht auszuschließen. Es bleibt jedoch zu bedenken, dass die Teilnahme an der Studie freiwillig war und die Möglichkeit der Ablehnung durchaus bestand. Zur Überprüfung der aktuellen Stimmungslage wird das *Profile of Mood States (POMS)* (Mc Nair, Lorr, Droppleman, Biehl, Dabgel & Reiser, 1981, s.u.) verwendet.

Profile of Mood States (POMS)

Das *Profile of Mood States (POMS)* wurde ursprünglich von Mc Nair, Lorr & Droppleman entwickelt (1981). Es handelt sich um einen Selbsteinschätzungsfragebogen, der sich auf die Stimmung der letzten 24 Stunden bezieht. Die deutsche Version besteht aus 35 Eigenschaftsworten (z.B. hilflos, fröhlich, verbittert), bzgl. derer der Proband einschätzen soll, ob und wenn ja wie stark er sich entsprechend gefühlt habe. Die Beurteilung erfolgt dabei auf einer siebenstufigen Skala (von 0 = überhaupt nicht bis 6 = sehr stark). Für die Auswertung werden die Items zu den vier Skalen „Niedergeschlagenheit“, „Tatendrang“, „Müdigkeit“ und „Missmut“ zusammengefasst. Die Rohwerte ergeben sich aus den addierten Werten der entsprechenden Items. Es liegen Mittelwerte und Standardabweichungen einer Normstichprobe vor (Mc Nair et al., 1981).

Mehrfachwahl Wortschatztest (MWT-B)

Der *MWT-B* dient als Schätzmaß der präorbiden Intelligenz. Er setzt sich aus 35 Gruppen von je fünf Worten zusammen. Unter diesen fünf befindet sich nur ein Wort, das wirklich existiert, während es sich bei den anderen vier um Pseudowörter handelt. Es soll jeweils das richtige Wort angestrichen werden; ist in einer Reihe keines der Worte bekannt, soll geraten werden. Es liegen altersunspezifische Normen vor (Lehrl, 1975).

Purdue Pegboard

Beim *Purdue Pegboard Test* handelt es sich um einen Test für Feinmotorik, der ursprünglich im Rahmen der Einstellungsdiagnostik entwickelt wurde (Tiffin, 1986; Lezak, 1995). Die Aufgabe besteht darin, kleine Metallstifte möglichst schnell in zwei Löcherreihen in einem Brett zu stecken. Die Aufgabe wird zunächst mit der dominanten, dann mit der nicht-dominanten und abschließend mit beiden Händen parallel durchgeführt. Für jeden Durchgang liegt das Zeitlimit bei 30 Sekunden. Der Rohwert ergibt sich aus der Anzahl der gesteckten Stifte.

3.3 Stichprobe

3.3.1 Rekrutierung der Stichproben

Für diese Studie wurde die Teilnahme von mindestens 20 Patienten mit fokalen Kleinhirnläsionen und der gleichen Anzahl Kontrollprobanden geplant. Die Daten wurden in dem Zeitraum vom Sommer 2000 bis zum Ende des Jahres 2002 erhoben. Bei den meisten Patienten handelte es sich um Personen, die in diesem Zeitraum wegen einer akuten Kleinhirnsymptomatik stationär in der Klinik für Neurochirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Kiel aufgenommen wurden. Alle Patienten mit fokalen Kleinhirnläsionen, die gesundheitlich dazu in der Lage schienen (Ausschlusskriterien s.u.), wurden auf die Möglichkeit der Teilnahme an der Studie hingewiesen. Dabei wurde die Freiwilligkeit der Teilnahme betont. Allen Teilnehmern wurden auch schriftliche Informationen zur Untersuchung vorgelegt, bevor sie schriftlich in die Teilnahme einwilligten (s. Anhang). Aufgrund des relativ seltenen Auftretens von fokalen Kleinhirnläsionen wurden zusätzlich Patienten rekrutiert, die innerhalb der vergangenen drei Jahre an einem Hämatom oder einem Tumor des Kleinhirns operiert worden waren. Diese Patienten kamen zu einer ambulanten Untersuchung in die Klinik. Die Zusammensetzung der Stichprobe wird unter dem Punkt 3.3.3 Darstellung der Stichproben genauer erfolgen.

Bei den Kontrollprobanden handelt es sich zum Teil um Patienten der Neurochirurgie, die sich aufgrund eines Bandscheibenvorfalles stationär in der Klinik befanden. Bei passendem Alter, Geschlecht und Bildungsgrad wurden die Patienten auf die Möglichkeit der Teilnahme an der Studie hingewiesen. Diese Patienten wurden ausschließlich postoperativ kurz vor ihrer Entlassung aus der Klinik untersucht und zwar nur dann, wenn in Absprache mit den Physiotherapeuten ein längeres Sitzen nicht kontraindiziert war und die Patienten nicht mehr unter Schmerzen litten. Da nicht für jeden Patienten mit cerebellärer Läsion ein passender Patient nach Bandscheibenvorfall gefunden werden konnte, besteht die Kontrollstichprobe zu einem zweiten Teil aus gesunden Personen, die über private Kontakte geworben wurden. Alle Kontrollpersonen willigten schriftlich in die freiwillige Teilnahme an der Untersuchung ein.

3.3.2 Ausschlusskriterien

Um an der Studie teilzunehmen, mussten die Patienten zum Untersuchungszeitpunkt ein Alter zwischen 18 und 75 Jahren haben. Insgesamt galten für die Patienten und die Kontrollpersonen die selben folgenden Ausschlusskriterien, die im Rahmen der Anamnese erhoben wurden: psychiatrische Erkrankung in der Vorgeschichte, chronischer Alkoholmissbrauch, Schädelhirntrauma, neurologische Erkrankung in der Vorgeschichte, die nicht der aktuellen Erkrankung entspricht. Bei den Bandscheibenpatienten musste Schmerzfreiheit bestehen. Weiterhin musste die neurologische Verfassung der Patienten mit Kleinhirnläsionen eine neuropsycholo-

logische Untersuchung erlauben; Patienten mit zu starker Ataxie, Tremor, Dysarthrie oder Übelkeit wurden daher ausgeschlossen.

3.3.3 Darstellung der Stichproben

3.3.3.1 Patienten mit Kleinhirnläsionen

Es nahmen insgesamt 21 Patienten mit Kleinhirnläsionen an der Untersuchung teil (s. Tab. 3.2). Die Stichprobe besteht aus 11 Männern und 10 Frauen, der Altersrange beträgt 26-71 Jahre (Median: 55,5). Drei Patienten waren Linkshänder, die jedoch alle auf rechts „umtrainiert“ waren und daher mit der rechten Hand zu schreiben gewohnt waren. Bei vier Patienten basierte die Läsion auf einem intracerebellären Hämatom, fünf Patienten wurden an einem infratentoriellen Meningeom operiert, die übrigen 12 Patienten litten unter einem intracerebellären Tumor (7 Metastasen, 2 Hämangiome, 2 Hämangioblastome, 1 Gangliozytom). Die Läsion beschränkte sich bei elf Patienten auf die rechte und bei acht Patienten auf die linke Hemisphäre. Bei einer Patientin war die Läsion medial lokalisiert und ein Patient hatte zwei Metastasen, die jeweils eine Kleinhirnhemisphäre betrafen. Bei fünf Patienten war auch der Vermis betroffen. Die tiefen cerebellären Kerne waren bei 15 Patienten entweder direkt durch das Hämatom, den Tumor oder durch das umgebende Ödem betroffen. Weiterhin betraf die Läsion bei zwei Patienten hauptsächlich die anterioren und bei fünf vor allem die posterioren Anteile des Cerebellums in 13 Fällen waren beide Anteile gleichermaßen betroffen. (Für einen Patienten liegen keine genauen Daten vor.)

Ein Patient war vier Jahre zuvor über transphenoidalen Zugang an einem Hypophysenadenom operiert worden. Da ihm in der Folgezeit keine kognitiven Defizite aufgefallen waren und er auch wieder erfolgreich in den Beruf zurückgekehrt war, wurde er trotzdem in die Untersuchung einbezogen. Ein für die Testverfahren relevanter Gesichtsfeldausfall wurde ausgeschlossen.

Nach Möglichkeit wurden alle Patienten präoperativ untersucht, um unspezifische Operationsfolgen zu vermeiden. Dies war jedoch aus organisatorischen Gründen und z.T. auch aufgrund des akuten Krankheitsbeginns (Patienten mit Hämatom) nicht immer möglich. Insgesamt erfolgte die Untersuchung bei 14 Patienten präoperativ und bei 13 postoperativ. Vier Patienten wurden retrospektiv ambulant untersucht (11-27 Monate postoperativ).

Alle Patienten wurden im Rahmen ihres Klinikaufenthaltes auch neurologisch untersucht. Bei den retrospektiv einbestellten Patienten fand von ärztlicher Seite eine zusätzliche neurologische Untersuchung zum aktuellen Zeitpunkt statt. Bei 14 der 21 Patienten bestand eine Gangataxie. Cerebelläre motorische oder dysarthrische Symptome waren, falls vorhanden, nur schwach ausgeprägt. Eine spezifische okulo-motorische Untersuchung im Rahmen der klinischen Routine erfolgte nicht. Alle Patienten wurden jedoch bzgl. eventueller Veränderungen ihres Sehvermögens befragt. Zwei Patienten beschrieben Doppelbilder und trugen daher eine

Augenklappe. Weitere Veränderungen wurden nicht angegeben. Keiner der Patienten zeigte aphasische Symptome oder einen Neglect. Präoperative MRT-Aufnahmen zeigten in neun Fällen eine leichte Hirnstammverdrängung und in sieben Fällen einen leichten Hydrocephalus.

Tab. 3.2: Deskriptive Daten der Patienten mit Kleinhirnläsionen

		Häufigkeit	Prozent
Geschlecht	Männlich	11	52,4
	Weiblich	10	47,6
Diagnose	Intracerebelläres Hämatom	4	19,0
	Infratentorielles Meningeom	5	23,8
	Metastase	7	33,3
	Hämangiom	2	9,5
	Hämangioblastom	2	9,5
	Gangliozytom	1	4,8
Läsionsort	Rechts cerebellär	11	52,4
	Links cerebellär	8	38,1
	Medial	1	4,8
	Bilateral	1	4,8
Untersuchungszeitpunkt	Präoperativ	14	66,7
	Postoperativ	3	14,3
	Retrospektiv	4	19,0
Schulabschluss	Keinen	1	4,8
	Hauptschulabschluss	8	38,1
	Realschulabschluss	7	33,3
	Abitur	5	23,8

3.3.3.2 Kontrollstichprobe

Bei der Kontrollstichprobe handelt es sich um 14 gesunde Personen und um sieben Patienten, die postoperativ stationär in der Neurochirurgie untersucht wurden, nachdem sie aufgrund eines Bandscheibenvorfalles operiert worden waren (s. Tab. 3.3). Insgesamt wurde die Stichprobe der Patientengruppe gegenüber parallelisiert ausgewählt bezüglich der Faktoren Alter (25-75 Jahre, Median: 57), Geschlecht und Ausbildung. Zwei der Kontrollpersonen waren Linkshänder, von denen eine Patientin auf rechts „umtrainiert“ war und daher die schriftlichen Aufgaben mit rechts absolvierte.

Tab. 3.3: Deskriptive Daten der Kontrollstichprobe

		Häufigkeiten	Prozent
Gesundheitszustand	Gesund	14	66,6
	Z.n. Bandscheibenoperation	7	33,3
Geschlecht	Männer	11	52,4
	Frauen	10	47,6
Schulabschluss	Hauptschulabschluss	6	28,6
	Realschulabschluss	8	38,1
	Abitur	7	33,3

3.4 Durchführung der Untersuchung

Alle Patienten, sowohl die Patienten mit Kleinhirnläsionen als auch die Patienten nach Bandscheibenoperation, wurden in einem Untersuchungsraum der Klinik für Neurochirurgie untersucht. Dabei fand die Testung je nach Verfassung der Patienten in zwei bis drei Sitzungen statt, so dass eine Sitzung nicht länger als 1 ½ Stunden dauerte. Für die Durchführung aller Aufgaben wurden insgesamt ca. drei Stunden benötigt. Die Untersuchungsbedingungen wurden so konstant wie möglich gehalten.

Die gesunden Kontrollprobanden wurden größtenteils zu Hause untersucht (drei Kontrollprobanden kamen zur Untersuchung in die Klinik). Dabei wurde darauf geachtet, dass ein großer Tisch bei guten Lichtverhältnissen in einem abgeschlossenen und ruhigen Raum zur Verfügung stand. Die Kontrollpersonen wurden in nur einer Sitzung, mit einer Pause von ca. 20 Minuten nach der Hälfte der Testverfahren, untersucht.

Zu Beginn jeder Untersuchung wurden die schriftlichen Informationen vorgelegt und die schriftliche Einverständniserklärung ausgefüllt. Es folgte eine kurze Anamnese zur Erhebung möglicher Störvariablen, in der z.B. vorherige Erkrankungen, Schulbildung und bei den Patienten der Verlauf und die Symptome der aktuellen Erkrankung erfragt wurden.

Die verschiedenen Testverfahren wurden nicht in einer festgelegten Reihenfolge durchgeführt. Auf festgelegte Delays (z.B. innerhalb der WMS-R oder beim Recall der Rey-Osterrieth Figur) wurde dabei selbstverständlich geachtet. Weiterhin wurde Wert darauf gelegt, dass sich verbale und figurale Verfahren sowie auch Speed-Tests und Tests ohne Speed-Komponente abwechselten. Die Testverfahren sind in Tab. 3.4 aufgeführt. Leider war es aus organisatorischen Gründen oder aufgrund der Verfassung der Patienten nicht in jedem Fall möglich, alle Testverfahren durchzuführen. Mögliche leichte Einschränkungen wegen der z.T. verringerten Stichprobengröße werden bei der Diskussion der Ergebnisse berücksichtigt.

3.5 Auswertung der Daten

Wie bereits unter Punkt 3.2.2.2 Abhängige Variablen beschrieben, gehen soweit vorhanden auf Altersnormen basierende Standardwerte in die Berechnungen ein. Es handelt sich dabei um Prozenträge (*TAP*, *MWT-B*, *Zahlen-* und *Blockspanne* der *WMS-R*, *phonematische Wortflüssigkeit*), Indizes (*Verbales* und *Visuelles Gedächtnis* sowie *Verzögerte Wiedergabe* der *WMS-R*) und Wertpunkte (*Gemeinsamkeiten Finden* und *Mosaiktest* des *HAWIE-R*). Dies hat den Vorteil der allgemeinen Gebräuchlichkeit dieser Skalen und somit der anschaulicheren Interpretation der Maße zentraler Tendenz. Bei den übrigen Testverfahren (*Rey-Osterrieth Figur*, *semantische Wortflüssigkeit*, *TMT*, *Handbewegungen* aus der *K-ABC*, *POMS* und *Fünf-Punkte-Test*) werden aufgrund fehlender oder mangelnder Normen (kleine Stichproben oder zu grobe Klassifizierungen) die Rohwerte für die Berechnungen verwendet, was aufgrund der parallelisierten Stichproben kein Problem darstellt.

Da es sich um relativ kleine Stichproben handelt und von einer Normalverteilung der Funktionsausprägung in den zugrundeliegenden Gruppen nicht zwangsläufig ausgegangen werden kann, werden non-parametrische Tests vorgezogen (Bortz, 1993). Wie bereits angedeutet, liegen nicht von allen Teilnehmern Daten von allen Testverfahren vor, so dass trotz der Parallelisierung der Gruppen unabhängige Tests gerechnet werden sollen. Es werden daher für alle Fragestellungen Mann-Whitney U Tests gerechnet, wobei für die Fragestellungen 1-4 und 7-8 die Patientenstichprobe mit der Kontrollstichprobe verglichen wird, für die Fragestellungen 5 und 6 hingegen werden Patienten mit rechts- und mit linksseitigen Läsionen getrennt mit ihren Kontrollpersonen verglichen. Den Hypothesen entsprechend wird immer einseitig getestet.

Sämtliche Alternativhypothesen werden auf einem Signifikanzniveau von 5% getestet. Soll die Nullhypothese geprüft werden, so wird auf einem Signifikanzniveau von 25% getestet. Die Nullhypothese gilt daher dann als bestätigt, wenn $p > 0,25$ ist.

Obwohl generell non-parametrisch getestet wird und somit nicht die Mittelwerte, sondern die mittleren Ränge miteinander verglichen werden, werden zur Veranschaulichung der Daten auch Mittelwerte in die Darstellung der Ergebnisse mit einbezogen, die angegebenen Signifikanzen beziehen sich jedoch grundsätzlich auf die Rangdaten.

Die Daten werden mit Hilfe des Programms SPSS für Windows, Version 9.0 ausgewertet.

4. ERGEBNISSE DER ERSTEN UNTERSUCHUNG

Es sollen zunächst einige deskriptive, die Störvariablen im weiteren Sinne betreffenden Daten dargestellt werden, die vor allem die Zusammensetzung der klinischen Variablen innerhalb der Patientengruppe beschreiben und die für die spätere Interpretation der hypothesengeleiteten Ergebnisse von Bedeutung sein werden.

Weiterhin werden die statistischen Ergebnisse der Störvariablen prämorbid Intelligenz, Feinmotorik und Stimmungslage dargestellt, bevor im Anschluss die Präsentation der Ergebnisse des Hypothesentestens erfolgt.

4.1 Klinische Daten und Ergebnisse der Störvariablen

Die Patientenstichprobe wurde unter Punkt 3.3.3.1 (Patienten mit Kleinhirnläsionen) bereits beschrieben, die klinischen Daten sollen der Vollständigkeit halber an dieser Stelle tabellarisch dargestellt werden. Wegen der Relevanz für die Fragestellungen, die die Lateralität der Läsion betreffen, werden die Daten getrennt für die rechts und links cerebellär geschädigten Patienten dargestellt (s. Tab. 4.1). In der Tabelle nicht angegeben sind die Daten des bilateral geschädigten Patienten (Vp 121: eine rechts und eine links cerebelläre Metastase, zu jeweils 50% den anterioren und den posterioren cerebellären Cortex betreffend, perifokales Ödem, leichte Hirnstammverdrängung, leichter Hydrocephalus) sowie der Patientin mit medialer Läsion (Vp 122: Intracerebelläres Hämatom, vorwiegend anterior gelegen, perifokales Ödem, keine Hirnstammverdrängung, kein Hydrocephalus).

Bei einem retrospektiv untersuchten Patienten (Vp 110) konnten keine MRT- oder CCT-Bilder eingesehen werden, daher beschränken sich in diesem Fall die Daten auf den Operationsbericht und den Arztbrief, genauere radiologische Befunde liegen nicht vor. Eine jeweilige Beschreibung der einzelnen Patienten mit MRT- bzw. CCT-Aufnahmen findet sich im Anhang.

Tab. 4.1: Häufigkeiten und Prozentangaben der klinischen Variablen der Patienten mit unilateraler Läsion (N=19 bzw. N=18 bei fehlenden Daten von Vp 110)

		Häufigkeit		Prozent	
		rechts	links	rechts	links
Diagnose	Intracerebelläres Hämatom	2	1	18,2	12,5
	Infratentorielles Meningeom	3	2	27,3	25,0
	Metastase	3	3	27,3	37,5
	Hämangiom	1	1	9,1	12,5
	Hämangioblastom	1	1	9,1	12,5
	Gangliozytom	1	0	9,1	0
Läsionsort horizontal	Vorwiegend anterior	0	1	0	12,5
	Vorwiegend posterior	3	1	30,0	12,5
	50% anterior, 50% posterior	7	6	70,0	75,0
Vermisbeteiligung	Keine Vermisbeteiligung	8	5	80,0	62,5
	Vermisbeteiligung	2	3	20,0	37,5
Ödem	Kein Ödem	5	5	50,0	62,5
	Ödem	5	3	50,0	37,5
Hirnstammverdrängung	Keine Hirnstammverdrängung	6	5	54,5	62,5
	Leichte Hirnstammverdrängung	5	3	45,4	37,5
Hydrocephalus	Kein Hydrocephalus	7	6	63,6	75,0
	Leichter Hydrocephalus	4	2	36,4	25,0

Wie die Tabelle zeigt, bestehen hinsichtlich der klinischen Daten zwischen der Patientengruppe mit rechts cerebellärer und der mit links cerebellärer Läsion keine relevanten Unterschiede. In beiden Gruppen gehören Metastasen und Meningeome zu den häufigsten Diagnosen. Weiterhin lag in beiden Gruppen bei jeweils den meisten Patienten weder ein Hydrocephalus noch eine Hirnstammverdrängung oder eine Beteiligung des Vermis vor; das Verhältnis zwischen den Patienten mit Ödem und denen ohne Ödem ist ausgewogen. In beiden Gruppen betreffen die meisten Läsionen zu gleichem Anteil anteriore wie posteriore Strukturen des cerebellären Cortex.

4.2 Ergebnisse der Kontrollvariablen

4.2.1 Prämorbide Intelligenz

Um die prämorbide Intelligenz über die Erhebung des Schulabschlusses hinaus zu dokumentieren, wurde der *MWT-B* (Lehrl, 1975) durchgeführt. Die Kontrollstichprobe erreichte im *MWT-B* zwar insgesamt einen höheren Wert als die Patienten, die Gleichheitshypothese (Nullhypothese) kann jedoch als bestätigt gelten, da $p=0,28$ und $U=178,00$ (s. Tab. 4.2). Ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen bzgl. der prämorbiden Intelligenz liegt damit nicht vor.

Tab. 4.2: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für den *MWT-B* (Prozentränge) und die Signifikanz (p) bei 2-seitiger Testung

	N	M	SD	p
Kontrollen	21	82,92	17,32	0,28
Patienten	21	71,10	27,79	

4.2.2 Feinmotorik

Zur Kontrolle der motorischen Defizite der Patienten wurde die feinmotorische Leistung mit Hilfe des *Purdue Pegboard Tests* für beide Hände jeweils einzeln und auch für beide Hände zugleich erhoben. Aufgrund der doppelten Kreuzung der anatomischen Bahnen ist nach rechts cerebellärer Läsion vor allem ein Defizit der rechten Hand und nach links cerebellärer Läsion der linken Hand zu erwarten. Um dies zu überprüfen, wurde die Patientengruppe zum einen als gesamte Gruppe der Kontrollstichprobe gegenübergestellt, zum anderen erfolgte ein Vergleich der Gruppen mit rechts- bzw. linksseitiger Läsion und ihren jeweiligen Kontrollpersonen. Die beiden Patienten mit medialer bzw. bilateraler Läsion gingen in diese letzten Berechnungen nicht mit ein. Da von motorischen Defiziten der Patienten ausgegangen wird, wurde einseitig getestet.

Patienten vs. Kontrollen

Die Patientengruppe insgesamt zeigte im Vergleich zur Kontrollstichprobe eine eingeschränkte Feinmotorik. Dies zeigte sich im *Purdue Pegboard Test* sowohl für die rechte Hand ($p=0,017$, $U=121,0$) als auch bei der Durchführung mit beiden Händen zugleich ($p=0,005$, $U=99,5$). Auch mit der linken Hand waren die Patienten langsamer, dieser Unterschied wurde jedoch nicht signifikant ($p=0,063$, $U=134,5$; s. Tab. 4.3).

Tab. 4.3: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für den *Purdue Pegboard Test* (Rohwerte) und die Signifikanz (p) bei einseitiger Testung (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	p
Purdue Pegboard rechte Hand	Kontrollen	21	13,57	1,72	0,017
	Patienten	19	11,37	3,20	
Purdue Pegboard linke Hand	Kontrollen	21	13,10	2,23	n.s.
	Patienten	18	11,28	3,80	
Purdue Pegboard beide Hände	Kontrollen	21	10,86	1,74	0,005
	Patienten	18	8,33	3,14	

Patienten mit rechts cerebellärer Läsion vs. Kontrollstichprobe

In der Gruppe mit rechts cerebellärer Läsion (N=11, drei Linkshänder) zeigte sich wie auch in der Gesamtstichprobe ein signifikantes Defizit bzgl. der Feinmotorik bei der Durchführung des Tests mit der rechten Hand (p=0,036, U=29,5) und auch mit beiden Händen (p=0,010, U=22,5). Bei der Durchführung mit der linken Hand wurde der Gruppenunterschied nicht signifikant (p=0,086, U=35,0; s. Tab. 4.4). Das deutliche Defizit mit der rechten Hand zeigt sich neben dem signifikanten Unterschied zur Kontrollgruppe auch in der Tatsache, dass die Patienten mit der rechten Hand im Mittel weniger Stifte steckten als mit der linken Hand, obwohl es sich bei den meisten um Rechtshänder handelte (s. Abb. 4.1).

Tab. 4.4: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für den *Purdue Pegboard Test* (Rohwerte) für Patienten mit rechts cerebellärer Läsion (R) und deren Kontrollgruppe und die Signifikanz (p) bei einseitiger Testung (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	p
Purdue Pegboard rechte Hand	Kontrollen	11	13,18	1,60	0,036
	Patienten (R)	10	10,70	3,43	
Purdue Pegboard linke Hand	Kontrollen	11	13,09	2,07	n.s.
	Patienten (R)	10	11,10	3,78	
Purdue Pegboard beide Hände	Kontrollen	11	10,64	2,06	0,010
	Patienten (R)	10	7,70	2,98	

Patienten mit links cerebellärer Läsion vs. Kontrollstichprobe

Innerhalb dieses Vergleiches der Stichproben bestand kein signifikanter Unterschied in der Menge der gesteckten Stifte (s. Tab 4.5). Auch hier zeigte sich auf deskriptiver Ebene die erwartete bessere Leistung der Patienten mit der rechten, zur Läsion kontralateral liegenden Hand als mit der linken Hand, die ipsilateral zur Läsion liegt (s. Abb. 4.1).

Tab. 4.5: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für *Purdue Pegboard* (Rohwerte) für Patienten mit links cerebellärer Läsion (L) und deren Kontrollgruppe und die Signifikanz (p) bei einseitiger Testung (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	P
Purdue Pegboard rechte Hand	Kontrollen	8	14,13	2,03	n.s.
	Patienten (L)	8	12,50	2,88	
Purdue Pegboard linke Hand	Kontrollen	8	13,38	2,56	n.s.
	Patienten (L)	8	11,50	4,07	
Purdue Pegboard beide Hände	Kontrollen	8	11,13	1,46	n.s.
	Patienten (L)	8	9,13	3,36	

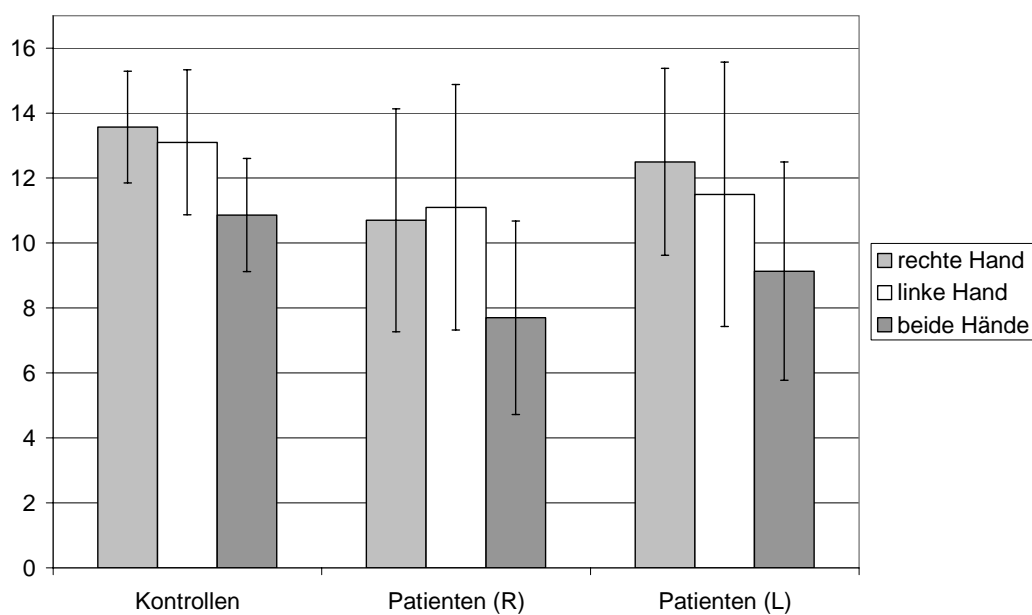


Abb. 4.1: Mittelwerte und Standardabweichungen der *Purdue Pegboard* Testbedingungen getrennt für die gesamte Kontrollstichprobe, die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion (R) und die Patienten mit links cerebellärer Läsion (L)

4.2.3 Stimmungslage

Zur Erfassung der aktuellen Stimmungslage wurde das *Profile of Mood States (POMS)* (Mc Nair et al., 1981) durchgeführt. Mit Ausnahme der Skala „Missmut“ haben sich für alle Skalen hoch signifikante Gruppenunterschiede ergeben. Die Patienten fühlten sich in stärkerem Ausmaß niedergeschlagen und müde und verspürten weniger Tatendrang als die Kontrollpersonen (Niedergeschlagenheit: $p=0,000$, $U=70,5$; Müdigkeit: $p=0,004$, $U=102,5$; Tatendrang: $p=0,000$, $U=65,5$; s. Tab. 4.6). Die Werte der Kontrollprobanden auf den Skalen „Niedergeschlagenheit“ und „Müdigkeit“ sind im Mittel jedoch ausgesprochen niedrig (Normstichprobe: „Niedergeschlagenheit“: $M=23,6$, $SD=11,2$; „Müdigkeit“: $M=22,3$, $SD=11,5$), während die der Patientenstichprobe im durchschnittlichen Bereich liegen. Die Differenzen zwischen

den Gruppen innerhalb dieser beiden Skalen sind daher möglicherweise eher auf die niedrigen Angaben der Kontrollprobanden zurückzuführen. Diese Möglichkeit wird in der Diskussion der Ergebnisse aufgegriffen werden.

Tab. 4.6: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der verschiedenen Skalen des *POMS* (Rohwerte), U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	p
Niedergeschlagenheit	Kontrollen	21	6,24	7,73	0,000
	Patienten	19	24,05	18,21	
Müdigkeit	Kontrollen	21	10,33	6,30	0,004
	Patienten	19	16,74	7,84	
Tatendrang	Kontrollen	21	25,24	7,25	0,000
	Patienten	19	15,37	7,11	
Missmut	Kontrollen	21	3,38	5,90	n.s.
	Patienten	19	5,42	8,89	

4.3 Statistische Ergebnisse

Die Ergebnisse werden in der Reihenfolge der inhaltlichen Hypothesen dargestellt, wobei die entsprechende Hypothese zunächst immer zu Beginn aufgeführt wird. Innerhalb der unterschiedlichen überprüften Funktionsbereiche werden die Ergebnisse der verschiedenen Testverfahren entsprechend den abhängigen Variablen dargestellt. Dienen die Ergebnisse mehrerer Testverfahren zur Überprüfung einer Hypothese, so werden diese Ergebnisse der Übersichtlichkeit halber abschließend immer zusammenfassend dargestellt. Unter der Annahme, dass die Patienten Beeinträchtigungen zeigen, wurde grundsätzlich einseitig getestet.

4.3.1 Ergebnisse der Aufmerksamkeitstests

- Hypothese: Patienten mit Kleinhirnläsionen sind in ihrer Aufmerksamkeitsleistung im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden beeinträchtigt.

Diese Fragestellung wurde mit Hilfe der Tests *Go / NoGo* und *Geteilte Aufmerksamkeit* aus der *TAP* (Zimmermann & Fimm, 1993) und der Standardabweichungen der Reaktionszeiten der drei *TAP* Tests (auch *Arbeitsgedächtnis*) sowie mittels der *auditiven* und *visuellen Merkspanne* aus der *WMS-R* (Wechsler, 1987) und des *TMT* (Partington & Leiter, 1949) untersucht.

4.3.1.1 Go / NoGo (TAP)

Es werden die Parameter Median der Reaktionszeiten und Fehler betrachtet (für die Standardabweichung der Reaktionszeiten s. Punkt 4.3.1.3). Zwar war in beiden Parametern die Leistung der Patienten etwas schlechter als die der Kontrollpersonen, dieser Unterschied wurde jedoch nicht signifikant (s. Tab. 4.7).

Tab. 4.7: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für die Parameter von *Go / NoGo*, U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	U	p
Median Reaktionszeit in ms	Kontrollen	20	48,60	35,40	142,0	n.s.
	Patienten	18	37,55	35,03		
Auslassungen	Kontrollen	20	38,10	18,08	163,0	n.s.
	Patienten	18	35,56	20,27		

4.3.1.2 Geteilte Aufmerksamkeit (TAP)

In diesem Untertest der *TAP* werden die Prozenträge der Parameter Median der Reaktionszeiten und die Auslassungen kritischer Reize betrachtet (für die Standardabweichung der Reaktionszeiten s. Punkt 4.3.1.3). Während sich bzgl. der Reaktionsgeschwindigkeit kein signifikanter Unterschied zeigte, ließen die Patienten signifikant mehr Reize aus als die Kontrollpersonen (s. Tab.4.8).

Tab. 4.8: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für die Parameter von *Geteilte Aufmerksamkeit*, U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	U	p
Median Reaktionszeit in ms	Kontrollen	20	35,70	26,23	132,5	n.s.
	Patienten	18	26,94	26,75		
Auslassungen	Kontrollen	20	52,35	23,72	61,5	0,000
	Patienten	17	21,60	21,40		

4.3.1.3 Standardabweichungen der Reaktionszeiten

In allen drei durchgeführten Untertests der *TAP* war die Standardabweichung der Reaktionszeiten in der Patientenstichprobe signifikant höher als in der Kontrollstichprobe (s. Tab. 4.9). Die Hypothese, dass bei den Patienten eine erhöhte Reaktionsvariabilität vorliegt, konnte damit bestätigt werden.

Tab. 4.9: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Reaktionsvariabilitäten [Standardabweichung (SD) der Reaktionszeiten (RZ)] als Prozentränge in den verschiedenen Untertests der TAP, U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test

		N	M	SD	U	p
SD der RZ Go / No-Go	Kontrollen	20	50,85	33,80	122,5	0,046
	Patienten	18	30,89	32,47		
SD der RZ Geteilte Aufmerksamkeit	Kontrollen	20	61,65	25,42	93,0	0,050
	Patienten	18	36,33	27,30		
SD der RZ Arbeitsgedächtnis	Kontrollen	20	50,55	32,79	113,5	0,042
	Patienten	17	34,06	28,47		

4.3.1.4 Zahlenspanne vorwärts (WMS-R)

Beim Vergleich der Prozentränge des Untertests *Zahlenspanne vorwärts* der *WMS-R* haben sich keine signifikanten Gruppenunterschiede ergeben ($p=0,321$, $U=162,5$).

4.3.1.5 Blockspanne vorwärts (WMS-R)

Auch bzgl. des Untertests *Blockspanne vorwärts* bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten und der Kontrollstichprobe ($p=0,390$, $U=141,5$).

4.3.1.6 TMT

In beiden Untertests des *TMT* haben sich hoch signifikante Gruppenunterschiede ergeben (s. Tab. 4.10). Die Patienten waren in der Durchführung beider Tests deutlich langsamer als die Kontrollprobanden.

Tab. 4.10: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Prozentränge von Teil A und Teil B des *TMT*, U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test

		N	M	SD	U	p
Teil A	Kontrollen	21	67,98	21,45	97,0	0,001
	Patienten	20	43,77	25,33		
Teil B	Kontrollen	21	72,55	20,59	97,0	0,001
	Patienten	20	49,32	25,60		

4.3.1.7 Zusammenfassung der Ergebnisse der Aufmerksamkeitstests

Zusammenfassend hat sich gezeigt, dass die Patienten mit Kleinhirnläsionen in den basalen Aufmerksamkeitsfunktionen wie der auditiven und visuellen Merkspanne und der selektiven Aufmerksamkeit nicht beeinträchtigt sind. In der geteilten Aufmerksamkeit hingegen hat sich

ein hoch signifikantes Defizit gezeigt, das sich weniger auf die Reaktionsgeschwindigkeit als vielmehr auf die qualitativen Aufgabenaspekte bezieht. Auch die visuo-motorische Geschwindigkeit hat sich bei den Patienten als beeinträchtigt erwiesen. Ob diese Verlangsamung rein motorischer Art ist oder ob sie auf eine kognitive Verlangsamung zurückzuführen ist, wird später zu diskutieren sein. Zusammengefasst sind die Ergebnisse in Tabelle 4.11.

Tab. 4.11: Ergebnisse des Vergleichs zwischen Patienten- und Kontrollstichprobe in den Aufmerksamkeits tests, n.s.: nicht signifikant (t.s.: tendenziell signifikant, n.s.: nicht signifikant)

Testverfahren	p
Go / NoGo (TAP) Median der Reaktionszeiten	n.s.
Go / NoGo (TAP) Auslassungen	n.s.
Go / NoGo (TAP) Fehler	n.s.
Zahlenspanne vorwärts (WMS-R)	n.s.
Blockspanne vorwärts (WMS-R)	n.s.
Geteilte Aufmerksamkeit (TAP) Median der Reaktionszeiten	t.s. (0,083)
Geteilte Aufmerksamkeit (TAP) Auslassungen	0,000
TMT Teil A	0,001
TMT Teil B	0,001

4.3.2 Ergebnisse der Testverfahren zur Messung exekutiver Funktionen

- Hypothese: Patienten mit Kleinhirnläsionen sind bzgl. der Exekutivfunktionen im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen beeinträchtigt.

Zur Überprüfung dieser Fragestellung wird die „Fluency-Leistung“ innerhalb mehrerer Modalitäten untersucht sowie das verbale und das visuelle Arbeitsgedächtnis, die Perseverationsneigung, die Planungsleistung bei einer visuo-konstruktiven Aufgabe und die kognitive Umstellfähigkeit.

4.3.2.1 Gemeinsamkeiten Finden (HAWIE-R)

In der durch *Gemeinsamkeiten Finden* des *HAWIE-R* gemessenen verbalen Abstraktionsfähigkeit erbrachten die Patienten eine signifikant schlechtere Leistung als die Kontrollpersonen (s. Tab. 4.12).

Tab. 4.12: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Wertpunkte des Untertests *Gemeinsamkeiten Finden* des *HAWIE-R*, U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test

		N	M	SD	U	p
Gemeinsamkeiten Finden	Kontrollen	21	12,86	2,13	91,5	0,002
	Patienten	18	9,83	3,52		

4.3.2.2 Planungsindex (Rey-Osterrieth Figur)

Bezüglich des *Planungsindex* in der *Rey-Osterrieth Figur* haben die Patienten zwar deskriptiv eine schlechtere Planungsleistung gezeigt, der Gruppenunterschied war jedoch nicht signifikant ($p=0,095$, $U=151,5$).

4.3.2.3 Phonematische Wortflüssigkeit

In der Menge der produzierten Wörter innerhalb der *phonematischen Wortflüssigkeit* erwiesen sich die Patienten als deutlich beeinträchtigt. Der Gruppenvergleich der Prozenträge führte zu einem hoch signifikanten Ergebnis (s. Tab. 4.13).

4.3.2.4 Semantische Wortflüssigkeit

Auch in der *semantischen Wortflüssigkeit* hat sich ein hoch signifikanter Unterschied zwischen der Patienten- und der Kontrollstichprobe ergeben. Die Patienten erwiesen sich in ihrer semantischen Wortflüssigkeit als erheblich reduziert (s. Tab. 4.13).

Tab. 4.13: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Prozenträge (PR) der *phonematischen Wortflüssigkeit* und der Rohwerte (RW) der *semantischen Wortflüssigkeit*, U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test

		N	M	SD	U	p
Phonematische Wortflüssigkeit (PR)	Kontrollen	20	79,65	25,92	81,0	0,001
	Patienten	19	44,42	36,16		
Semantische Wortflüssigkeit (RW)	Kontrollen	20	66,35	16,72	71,0	0,001
	Patienten	19	49,00	11,13		

4.3.2.5 Fünf-Punkte-Test

In der figuralen Flüssigkeit hat sich zwar ein signifikanter Unterschied in der Menge der produzierten Figuren gezeigt (s. Tab. 4.14), eine erhöhte Perseverationsneigung der Patienten konnte jedoch nicht festgestellt werden ($p=0,357$, $U=196,00$).

Tab. 4.14: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Menge der im *Fünf-Punkte-Test* richtig produzierten Figuren und des Perseverationsindex, U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	U	p
Richtig produzierte Figuren	Kontrollen	21	31,43	8,39	126,5	0,014
	Patienten	20	24,30	12,05		
Perseverationsindex	Kontrollen	21	7,49	5,54	196,0	n.s.
	Patienten	20	9,31	9,36		

4.3.2.6 Handbewegungen (K-ABC)

Die mittels des Untertests *Handbewegungen* der *K-ABC* überprüfte motorische Flüssigkeit ist bei den Patienten ebenfalls deutlich eingeschränkt. Der Gruppenunterschied erwies sich als hoch signifikant (s. Tab. 4.15).

Tab. 4.15: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Rohwerte des Untertests *Handbewegungen*, U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test

		N	M	SD	U	p
Handbewegungen	Kontrollen	21	16,81	2,89	83,5	0,001
	Patienten	18	13,17	4,11		

4.3.2.7 Kognitive Umstellfähigkeit

Die kognitive Umstellfähigkeit wurde durch die an Teil A relativierte Leistung von Teil B im *TMT* erhoben. Eine reduzierte kognitive Umstellfähigkeit der Patienten konnte nicht nachgewiesen werden. Es besteht kein signifikanter Gruppenunterschied ($p=0,357$, $U=196,0$).

4.3.2.8 Arbeitsgedächtnis (TAP)

Wie bereits bei den anderen Untertests der *TAP* werden beim *Arbeitsgedächtnis* der Median der Reaktionszeiten sowie die Auslassungen kritischer Reize und die Fehler betrachtet (für die Standardabweichung der Reaktionszeiten s. Punkt 4.3.1.3). Bezüglich aller drei Parameter zeigten die Patienten signifikant schlechtere Leistungen als die Kontrollprobanden, sie reagierten langsamer, ließen mehr Reize aus und machten mehr Fehler (s. Tab. 4.16).

Tab. 4.16: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für die Parameter des Untertests *Arbeitsgedächtnis* in Prozenträngen, U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test

		N	M	SD	U	p
Median der Reaktionszeit	Kontrollen	20	49,75	33,14	106,0	0,026
	Patienten	17	28,65	27,45		
Auslassungen	Kontrollen	20	34,10	21,85	113,5	0,042
	Patienten	17	24,29	23,23		
Fehler	Kontrollen	20	53,95	28,93	102,0	0,019
	Patienten	17	34,88	30,26		

4.3.2.9 Zahlenspanne rückwärts (WMS-R)

Bezüglich des auditiven Arbeitsgedächtnisses, das durch den Untertest *Zahlenspanne rückwärts* der *WMS-R* erhoben wurde, haben die Patienten zwar eine tendenziell schlechtere Leistung gezeigt, der Gruppenunterschied erwies sich jedoch nicht als signifikant ($p=0,085$, $U=131,0$).

4.3.2.10 Blockspanne rückwärts (WMS-R)

Auch im mittels der *Blockspanne rückwärts* (*WMS-R*) erhobenen visuellen Arbeitsgedächtnis haben sich keine signifikanten Gruppenunterschiede ergeben ($p=0,271$, $U=131,0$).

4.3.2.11 Zusammenfassung der Ergebnisse der Testverfahren zur Messung exekutiver Funktionen

Betrachtet man zusammenfassend die Ergebnisse der Tests, die der Messung der Exekutivfunktionen dienen, so kann die Hypothese, dass Patienten mit Kleinhirnläsionen in den exekutiven Funktionen beeinträchtigt sind, insgesamt als bestätigt gelten. Die Patienten haben auf deskriptiver Ebene in allen Tests geringere Leistungen gezeigt als die Kontrollprobanden. Bezüglich der verschiedenen Aufgabenbereiche ergibt sich ein recht klares Bild: Der Unterschied zwischen beiden Gruppen zeigt sich am deutlichsten in der verbalen Abstraktionsfähigkeit sowie in den „Fluency-Verfahren“. Bezüglich der „Fluency“ haben sich modalitätenspezifisch hoch signifikante Gruppenunterschiede ergeben (phonematische und semantische Wortflüssigkeit, figurale Flüssigkeit und motorische Flüssigkeit). Dabei bezieht sich das Defizit auf die Anzahl der produzierten Items; bzgl. der Perseverationstendenz, die im Fünf-Punkte-Test erhoben wurde, ließ sich kein Gruppenunterschied feststellen. Bezüglich des Arbeitsgedächtnisses zeigten die Patienten im Untertest der *TAP* in allen Parametern deutliche Defizite, in den vergleichsweise einfacheren Arbeitsgedächtnistests (*Zahlen- und Blockspanne rückwärts*) wurden die Unterschiede hingegen nicht signifikant. Auch die Differenz der Planungsleistung beim Abzeichnen der *Rey-Osterrieth Figur* kann als tendenziell signifikant gelten. Bezüglich des visuellen Arbeitsgedächtnisses und der kognitiven Umstellfähigkeit zeigten sich keine Unterschiede zwischen der Patienten- und der Kontrollstichprobe. Alle Ergebnisse sind in Tabelle 4.17 zusammengefasst.

Tab. 4.17: Ergebnisse des Vergleichs zwischen Patienten- und Kontrollgruppe in den Testverfahren zur Messung exekutiver Funktionen (t.s.: tendenziell signifikant, n.s.: nicht signifikant)

Testverfahren	p
Gemeinsamkeiten Finden	0,002
Phonematische Wortflüssigkeit	0,001
Semantische Wortflüssigkeit	0,001
Fünf-Punkte-Test, Anzahl der Richtigen	0,014
Handbewegungen	0,001
Arbeitsgedächtnis (TAP): Median der Reaktionszeiten	0,026
Arbeitsgedächtnis (TAP): Auslassungen	0,042
Arbeitsgedächtnis (TAP): Fehler	0,019
Zahlenspanne rückwärts	t.s. (0,085)
Planungsleistung (Rey-Osterrieth Figur)	t.s. (0,095)
Blockspanne rückwärts	n.s.
Kognitive Umstellfähigkeit (TMT)	n.s.
Fünf-Punkte-Test, Perseverationsindex	n.s.

4.3.3 Ergebnisse der Gedächtnistests

- Hypothese: Patienten mit Kleinhirnläsionen sind in ihrer Gedächtnisleistung im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden beeinträchtigt. Dabei ist die Gedächtnisleistung in wenig strukturierten „effortful memory“ Aufgaben besonders beeinträchtigt.

Die Gedächtnisleistung wurde mittels der *WMS-R* (Wechsler, 1987) erfasst. Es liegen Indizes für das verbale und das visuelle Gedächtnis vor, ebenso wie für die verzögerte Wiedergabe, die das mittelfristige Gedächtnis erfasst. Die Skalierung der Indizes entspricht der von IQ-Werten. Die Behaltensleistung für figurales Material wird zusätzlich durch die Recall-Bedingung der *Rey-Osterrieth Figur* erhoben.

4.3.3.1 Verbales Gedächtnis

Das Ergebnis im verbalen Gedächtnis weist zwar auf eine geringere Leistung der Patienten hin, dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant ($p=0,056$, $U=132,0$; s. Tab. 4.18).

4.3.3.2 Visuelles Gedächtnis

Im visuellen Gedächtnis liegt ein hoch signifikanter Gruppenunterschied vor ($p=0,002$, $U=69,0$). Hier hat die Patientenstichprobe deutlich schlechter abgeschnitten als die der Kontrollpersonen (s. Tab. 4.18).

4.3.3.3 Verzögerte Wiedergabe

Auch im mittelfristigen Gedächtnis sind die Patienten gegenüber den Kontrollpersonen beeinträchtigt; dieser Unterschied ist signifikant (s. Tab. 4.18).

Tab. 4.18: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der verschiedenen Gedächtnisindizes der WMS-R, U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	U	p
Verbales Gedächtnis	Kontrollen	21	111,38	14,85	132,0	n.s.
	Patienten	18	98,78	25,26		
Visuelles Gedächtnis	Kontrollen	21	109,95	12,25	69,0	0,002
	Patienten	15	92,80	20,67		
Verzögerte Wiedergabe	Kontrollen	21	109,71	13,48	92,5	0,018
	Patienten	15	94,93	22,55		

4.3.3.4 Rey-Osterrieth Figur Recall

Zwar haben die Patienten beim erneuten Zeichnen der *Rey-Osterrieth Figur* rein deskriptiv einen geringeren Wert erreicht als die Kontrollpersonen, dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant ($p=0,089$, $U=149,5$).

4.3.3.5 „Effortful memory“

Wie erwartet zeigten die Patienten in beiden Tests, die dem „effortful memory“ zugeordnet wurden, signifikant geringere Leistungen als die Kontrollprobanden (*Logisches Gedächtnis I*: $p=0,023$, $U=126,0$; *Visuelle Wiedergabe I*: $p=0,001$, $U=66,0$). Die Unterschiede in den strukturierten Verfahren hingegen erreichten keine Signifikanz, obwohl in der *Visuellen Paarerkenntnis I* das Signifikanzniveau von 5% nur knapp überschritten wurde (*Verbale Paarerkenntnis I*: $p=0,205$, $U=159,0$; *Visuelle Paarerkenntnis I*: $p=0,054$, $U=115,0$, s. Tab. 4.19).

Tab. 4.19: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) verschiedener Untertests der *WMS-R* (PR: Prozentrang, RW: Rohwert), U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	U	p
Logisches Gedächtnis I (PR)	Kontrollen	21	66,81	30,06	126,0	0,023
	Patienten	19	46,21	34,97		
Visuelle Wiedergabe I (PR)	Kontrollen	21	61,43	26,77	66,0	0,001
	Patienten	15	30,60	28,41		
Verbale Paarerken- nung I (RW)	Kontrollen	21	21,57	1,72	159,0	n.s.
	Patienten	18	19,61	4,96		
Visuelle Paarerken- nung I (RW)	Kontrollen	21	15,52	2,96	115,0	n.s.
	Patienten	16	12,88	4,57		

4.3.3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Gedächtnistests

Den Hypothesen entsprechend hat sich eine Beeinträchtigung der Gedächtnisleistung der Patienten gegenüber den Kontrollpersonen gezeigt. Die Defizite beziehen sich sowohl auf den unmittelbaren Abruf als auch auf das allgemeine mittelfristige Gedächtnis, während die Differenz im verbalen Gedächtnis nur tendenziell signifikant wurde ($p < 0,1$). Bei der Betrachtung der Mittelwerte der verschiedenen Indizes fällt auf, dass sich die Patienten grundsätzlich eher am unteren und die Kontrollpersonen am oberen Durchschnittsrand befinden. Die Tatsache, dass die signifikanten Unterschiede durch die ausgesprochen guten Ergebnisse der Kontrollpersonen mit bedingt sind, wird später diskutiert.

Im Gegensatz zum visuellen Gedächtnis der *WMS-R* ist der Gruppenunterschied bzgl. der Recall Bedingung der *Rey-Osterrieth Figur* nur tendenziell signifikant ausgefallen.

Auch die Hypothese, dass die Patienten vor allem mit eher unstrukturierten Tests, die „effortful memory“ erfordern, Schwierigkeiten haben, konnte bestätigt werden. In den eher freien Testverfahren (*Logisches Gedächtnis I* und *Visuelle Wiedergabe I*) traten signifikante Gruppenunterschiede auf, während sich in den strukturierten Aufgaben nur ein tendenziell signifikantes Ergebnis zeigte.

Zusammenfassend wurden die Defizite der Patienten vor allem in wenig strukturierten Tests deutlich. Weiterhin scheint die visuelle Modalität in stärkerem Ausmaß betroffen zu sein als die verbale Modalität. Alle Ergebnisse sind in Tabelle 4.20 zusammengefasst.

Tab. 4.20: Ergebnisse des Vergleichs zwischen Patienten- und Kontrollstichprobe bzgl. der Indizes der *WMS-R* und einzelner Untertests (t.s.: tendenziell signifikant, n.s.: nicht signifikant)

Testverfahren	p
Verbales Gedächtnis	t.s. (0,056)
Visuelles Gedächtnis	0,002
Verzögerte Wiedergabe	0,018
Logisches Gedächtnis I („effortful memory“)	0,023
Visuelle Wiedergabe I („effortful memory“)	0,001
Verbale Paarererkennung I	n.s.
Visuelle Paarererkennung I	t.s. (0,054)
Rey-Osterrieth Figur Recall	t.s. (0,089)

4.3.4 Ergebnisse der Testverfahren für visuell-räumliche Leistungen

- Hypothese: Patienten mit Kleinhirnläsionen sind bzgl. visuell-räumlicher Funktionen im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden beeinträchtigt.

Die visuell-räumlichen Fähigkeiten werden zum einen durch den Untertest *Mosaiktest* des *HAWIE-R* (Wechsler, 1981) erfasst, zum anderen durch das Abzeichnen (Copy) der *Rey-Osterrieth Figur* (Rey, 1941).

4.3.4.1 Mosaiktest (HAWIE-R)

Bezüglich der altersnormierten Wertpunkte des *Mosaiktests* hat sich ein signifikanter Gruppenunterschied gezeigt ($p=0,028$, $U=113,5$). Die Patienten haben hier eine deutlich schlechtere Leistung erbracht als die Kontrollprobanden (s. Tab. 4.21).

Tab. 4.21: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Wertpunkte des Untertests *Mosaiktest*, U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test

		N	M	SD	U	p
Mosaiktest	Kontrollen	21	11,43	2,98	113,5	0,028
	Patienten	17	9,53	3,04		

4.3.4.2 Rey-Osterrieth Figur Copy

In der „Copy-Leistung“ der *Rey-Osterrieth Figur* haben die Patienten zwar im Mittel einen geringeren Wert erreicht als die Kontrollpersonen, das Signifikanzniveau von 5% wurde jedoch knapp überschritten ($p=0,076$, $U=146,0$).

4.3.4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Testverfahren für visuell-räumliche Leistungen

Die Hypothese, dass Kleinhirnpatienten in ihren visuell-räumlichen Leistungen eingeschränkt sind, konnte nur teilweise bestätigt werden. Während der *Mosaiktest* einen signifikanten Gruppenunterschied erbrachte, erwies sich die Differenz in der Copy-Bedingung der *Rey-Osterrieth Figur* nur als tendenziell signifikant (s. Tab. 4.22).

Tab. 4.22: Ergebnisse des Vergleichs zwischen Patienten- und Kontrollstichprobe der visuell-räumlichen Testverfahren (t.s.: tendenziell signifikant)

Testverfahren	p
Mosaiktest	0,028
Rey-Osterrieth Figur Copy	t.s. (0,076)

4.3.5 Ergebnisse zur Lateralisierung sprachlicher Funktionen

- Hypothese: Patienten mit rechts cerebellärer Läsion sind in sprachlichen Funktionsbereichen stärker beeinträchtigt als Patienten mit links cerebellärer Läsion.

Die Hypothese, dass sprachgebundene Aufgaben durch rechts cerebellär lokalisiert Läsionen stärker beeinträchtigt werden, wurde mittels der folgenden Tests überprüft: *Semantische* und *Phonematische Wortflüssigkeit*, *Verbales Gedächtnis (WMS-R)*, *Zahlenspanne vorwärts* und *Zahlenspanne rückwärts (WMS-R)* und *Gemeinsamkeiten Finden (HAWIE-R)*. Die Daten wurden hierzu getrennt für die rechts bzw. links cerebellär geschädigten Patienten und die jeweils parallelisierten Kontrollprobanden ausgewertet.

4.3.5.1 Sprachgebundene Testverfahren bei rechts cerebellärer Läsion

Die Hypothese, dass rechtsseitig cerebellär geschädigte Patienten in sprachgebundenen Testverfahren beeinträchtigt sind, kann als bestätigt gelten. Lediglich in der *Zahlenspanne vorwärts* und der *Zahlenspanne rückwärts* zeigten sich keine Gruppenunterschiede zwischen Patienten und Kontrollen (*Zahlenspanne vorwärts*: $p=0,157$, $U=40,5$; *Zahlenspanne rückwärts*: $p=0,125$, $U=38,0$). In der *semantischen* und *phonematischen Wortflüssigkeit*, der verbalen Abstraktionsfähigkeit und dem *Verbalen Gedächtnis* zeigten die Patienten signifikant schwächere Leistungen als die Kontrollprobanden (s. Tab. 4.23).

Tab. 4.23: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) sprachgebundener Tests bei Patienten mit rechts cerebellärer Läsion (R) und ihren Kontrollprobanden, (WP: Wertpunkt, I: Index, PR: Prozentrang, RW: Rohwert), U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	U	p
Semantische Wortflüssigkeit (RW)	Kontrollen	10	71,50	12,12	9,5	0,000
	Patienten (R)	10	47,00	13,42		
Phonematische Wortflüssigkeit (PR)	Kontrollen	10	84,65	24,69	14,5	0,002
	Patienten (R)	10	40,70	34,73		
Gemeinsamkeiten Finden (WP)	Kontrollen	11	13,36	2,16	23,0	0,006
	Patienten (R)	11	9,82	3,54		
Zahlenspanne vorwärts (PR)	Kontrollen	11	59,91	34,22	40,5	n.s.
	Patienten (R)	10	44,40	20,47		
Zahlenspanne rückwärts (PR)	Kontrollen	11	53,18	32,90	38,0	n.s.
	Patienten (R)	10	37,20	27,82		
Verbales Gedächtnis (I)	Kontrollen	11	111,09	17,37	28,5	0,030
	Patienten (R)	10	90,50	28,69		

4.3.5.2 Sprachgebundene Testverfahren bei links cerebellärer Läsion

Der Hypothese entsprechend erwiesen sich die Patienten mit links cerebellärer Läsion in den sprachgebundenen Verfahren als unbeeinträchtigt. Keiner der Vergleiche zwischen Patienten- und Kontrollgruppe erreichte Signifikanz (s. Tab. 4.24).

Tab. 4.24: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) sprachgebundener Tests bei Patienten mit links cerebellärer Läsion (L) und ihren Kontrollprobanden, (WP: Wertpunkt, I: Index, PR: Prozentrang, RW: Rohwert), U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	U	p
Semantische Wortflüssigkeit (RW)	Kontrollen	8	59,25	21,57	27,5	n.s.
	Patienten (L)	8	52,88	6,83		
Phonematische Wortflüssigkeit (PR)	Kontrollen	8	70,81	29,51	22,5	n.s.
	Patienten (L)	8	53,75	38,63		
Gemeinsamkeiten Finden (WP)	Kontrollen	8	12,50	1,85	18,0	n.s.
	Patienten (L)	7	9,86	3,76		
Zahlenspanne vorwärts (PR)	Kontrollen	8	58,25	38,21	18,5	n.s.
	Patienten (L)	6	73,83	20,41		
Zahlenspanne rückwärts (PR)	Kontrollen	8	54,87	37,79	23,5	n.s.
	Patienten (L)	6	50,00	17,39		
Verbales Gedächtnis (I)	Kontrollen	8	115,13	10,66	21,0	n.s.
	Patienten (L)	7	108,71	17,73		

4.3.5.3 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Lateralisierung sprachlicher Funktionen

Die Hypothese, dass die Defizite in sprachgebundenen Testverfahren nach rechts cerebellärer Läsion stärker ausfallen als nach links cerebellärer Läsion, konnte bestätigt werden. Während sich bei den rechts cerebellär geschädigten Patienten fast in allen ausgewählten Tests signifikante Defizite gegenüber den Kontrollpersonen zeigten, war dies bei den links cerebellär geschädigten Patienten in keinem Test der Fall (s. Tab. 4.25). Zur Veranschaulichung der Unterschiede sind die Daten der verschiedenen Gruppen bzgl. dreier ausgewählter Testverfahren in Prozenträngen in Abb. 4.2 dargestellt.

Tab. 4.25: Ergebnisse sprachgebundener Testverfahren nach rechts bzw. links cerebellärer Läsion im Vergleich zur jeweiligen Kontrollgruppe (n.s.: nicht signifikant)

Testverfahren	p	
	Rechts cerebellär	Links cerebellär
Semantische Wortflüssigkeit	0,000	n.s.
Phonematische Wortflüssigkeit	0,002	n.s.
Gemeinsamkeiten Finden	0,006	n.s.
Zahlenspanne vorwärts	n.s.	n.s.
Zahlenspanne rückwärts	n.s.	n.s.
Verbales Gedächtnis	0,030	n.s.

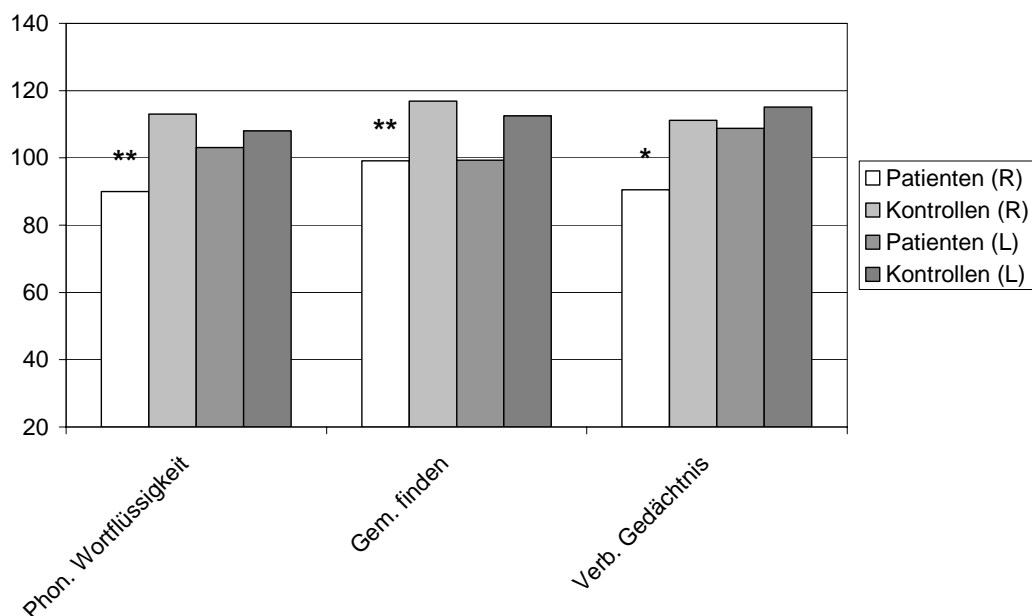


Abb. 4.2: Ergebnisse sprachgebundener Testverfahren getrennt für rechts- (R) und linksseitig (L) geschädigte Patienten und die jeweiligen Kontrollprobanden in Indizes (M=100, SD=15)

4.3.6 Ergebnisse zur Lateralisierung nicht-sprachlicher Funktionen

- Hypothese: Patienten mit links cerebellärer Läsion sind in nicht-sprachlichen Funktionsbereichen stärker beeinträchtigt als Patienten mit rechts cerebellärer Läsion.

Zur Überprüfung der Lateralisierung der nicht-sprachlichen räumlichen und figuralen Funktionen wurden die Leistungen im *Mosaiktest (HAWIE-R)*, im *Visuellen Gedächtnis (WMS-R)*, in der *Blockspanne vorwärts* und der *Blockspanne rückwärts (WMS-R)*, in der *Rey-Osterrieth Figur (Copy und Planung)* und im *Fünf-Punkte-Test (Anzahl Richtige)* für die Patienten mit rechts- und linksseitiger Läsion und die jeweiligen Kontrollpersonen getrennt ausgewertet.

4.3.6.1 Nicht-sprachliche Testverfahren bei links cerebellärer Läsion

Die Hypothese der Beeinträchtigung der Patienten nach links cerebellärer Läsion konnte nur für zwei der sieben Vergleiche bestätigt werden. Im *Visuellen Gedächtnis* und in der Planung beim Abzeichnen der *Rey-Osterrieth Figur* zeigten die Patienten eine signifikant geringere Leistung als die Kontrollpersonen. Bezüglich der übrigen Testverfahren zeigte sich kein signifikanter Gruppenunterschied (*Mosaiktest*: $p=0,289$, $U=25,5$; *Blockspanne vorwärts*: $p=0,0222$, $U=15,0$; *Blockspanne rückwärts*: $p=0,222$; $U=15,0$; *Rey-Osterrieth Figur Copy*: $p=0,191$, $U=23,0$; *Fünf-Punkte-Test Richtige*: $p=0,360$, $U=28,5$; s. Tab. 4.26).

Tab. 4.26: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) nicht-sprachlicher Tests bei Patienten mit links cerebellärer Läsion (L) und ihren Kontrollprobanden, (WP: Wertpunkt, I: Index, PR: Prozentrang, RW: Rohwert), U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	U	p
Mosaiktest (WP)	Kontrollen	8	11,00	3,78	25,5	n.s.
	Patienten (L)	7	10,29	3,15		
Visuelles Gedächtnis (I)	Kontrollen	8	115,75	8,89	8,0	0,021
	Patienten (L)	6	103,50	17,25		
Blockspanne vorwärts (PR)	Kontrollen	7	45,57	37,05	15,0	n.s.
	Patienten (L)	6	64,50	33,96		
Blockspanne rückwärts (PR)	Kontrollen	7	47,57	34,47	15,0	n.s.
	Patienten (L)	6	64,50	25,87		
Rey-Osterrieth Figur Copy (RW)	Kontrollen	8	33,81	1,87	23,0	n.s.
	Patienten (L)	8	32,44	2,79		
Rey-Osterrieth Figur Planung (RW)	Kontrollen	8	28,88	2,36	12,5	0,019
	Patienten (L)	8	26,25	2,55		
Fünf-Punkte-Test Richtige (RW)	Kontrollen	8	33,75	9,25	28,5	n.s.
	Patienten (L)	8	31,75	12,69		

4.3.6.2 Nicht-sprachliche Testverfahren bei rechts cerebellärer Läsion

Entgegen der Hypothese schnitten die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion in drei der sieben Vergleiche signifikant schwächer ab als die Kontrollpersonen. In den übrigen Testverfahren erbrachten die Patienten zwar eine geringere Leistung als die Kontrollprobanden, die Unterschiede waren jedoch, z.T. nur knapp, nicht signifikant (*Blockspanne vorwärts*: $p=0,103$, $U=28,5$; *Blockspanne rückwärts*: $p=0,076$, $U=26,0$; *Rey-Osterrieth Figur Copy*: $p=0,98$, $U=36,0$; *Rey-Osterrieth Figur Planung*: $p=0,431$, $U=52,5$; s. Tab. 4.27).

Tab. 4.27: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) nicht-sprachlicher Tests bei Patienten mit rechts cerebellärer Läsion (R) und ihren Kontrollprobanden, (WP: Wertpunkt, I: Index, PR: Prozentrang, RW: Rohwert), U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	U	p
Mosaiktest (WP)	Kontrollen	11	11,55	2,46	28,0	0,030
	Patienten (R)	10	9,00	3,02		
Visuelles Gedächtnis (I)	Kontrollen	11	104,82	13,56	17,0	0,013
	Patienten (R)	8	83,25	20,45		
Blockspanne vorwärts (PR)	Kontrollen	11	45,00	26,63	28,5	n.s.
	Patienten (R)	8	27,75	25,34		
Blockspanne rückwärts (PR)	Kontrollen	11	39,27	26,81	26,0	n.s.
	Patienten (R)	8	25,87	20,95		
Rey-Osterrieth Figur Copy (RW)	Kontrollen	11	33,14	2,69	36,0	n.s.
	Patienten (R)	10	30,95	3,64		
Rey-Osterrieth Figur Planung (RW)	Kontrollen	11	29,45	1,92	52,5	n.s.
	Patienten (R)	10	29,40	2,88		
Fünf-Punkte-Test Richtige (RW)	Kontrollen	11	29,45	8,42	27,5	0,014
	Patienten (R)	11	19,73	9,33		

4.3.6.3 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Lateralisierung nicht sprachlicher Funktionen

Die Annahme, dass nicht-sprachliche Fähigkeiten vor allem bei Patienten mit Läsionen der linken Kleinhirnhemisphäre beeinträchtigt seien, weniger aber nach rechts cerebellärer Läsion, konnte insgesamt nicht bestätigt werden. Zwar zeigten die links cerebellär geschädigten Patienten nicht wie in den sprachgebundenen Verfahren gar keine Defizite, sondern sie unterschieden sich bzgl. ihrer visuell-räumlichen Planungsfähigkeit und auch bzgl. des visuellen Gedächtnisses signifikant von ihrer Kontrollgruppe; doch auch die rechtsseitig cerebellär geschädigten Patienten zeigten deutliche Defizite. Letztere bestanden im *Mosaiktest*, in der Anzahl richtiger Figuren im *Fünf-Punkte-Test* und im *Visuellen Gedächtnis*, hinzu kommen tendenziell signifikante Ergebnisse in der *Blockspanne rückwärts* und in der *Rey-Osterrieth Fi-*

gur Copy (s. Tab. 4.26). Die Abbildungen 4.3 und 4.4 veranschaulichen diese Gruppenunterschiede.

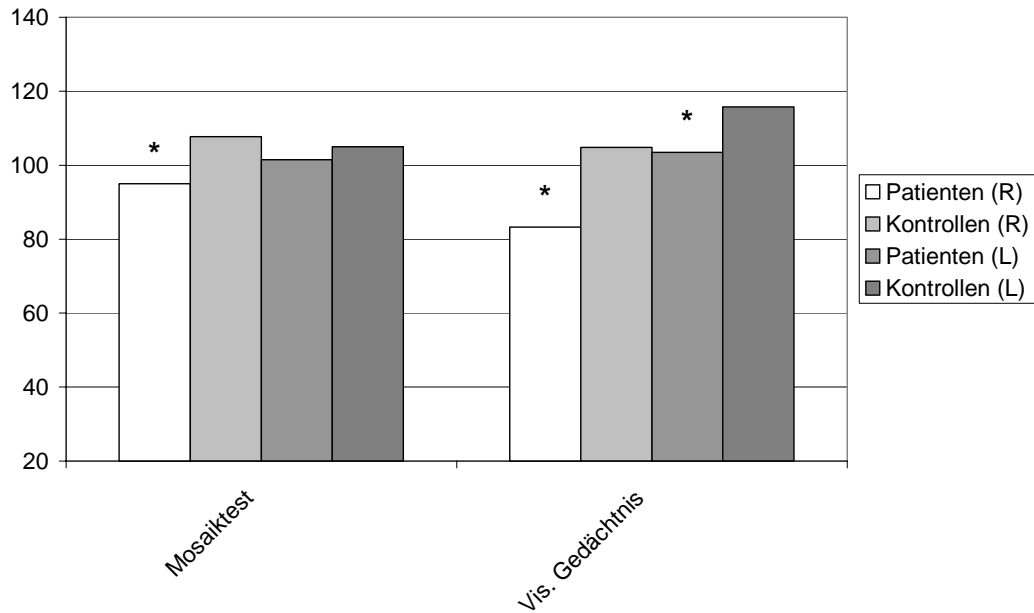


Abb. 4.3: Ergebnisse nicht-sprachlicher Testverfahren getrennt für rechts- (R) und linksseitig (L) geschädigte Patienten und die jeweiligen Kontrollprobanden in Indizes (M=100, SD=15)

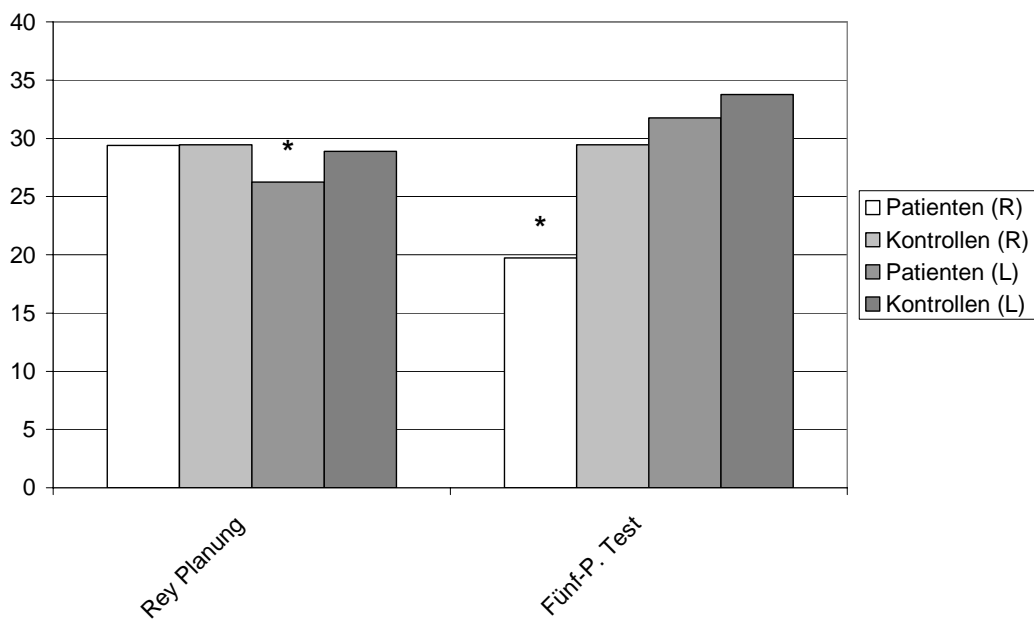


Abb. 4.4: Ergebnisse nicht-sprachlicher Testverfahren getrennt für rechts- (R) und linksseitig (L) geschädigte Patienten und die jeweiligen Kontrollprobanden in Rohwerten

Tab. 4.26: Ergebnisse nicht-sprachlicher Testverfahren nach rechts bzw. links cerebellärer Läsion, Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifikant)

Testverfahren	P	
	Rechts cerebellär	Links cerebellär
Mosaiktest	0,030	n.s.
Visuelles Gedächtnis	0,013	0,019
Blockspanne vorwärts	n.s.	n.s.
Blockspanne rückwärts	t.s. (0,076)	n.s.
Rey-Osterrieth Figur Copy	t.s. (0,098)	n.s.
Rey-Osterrieth Figur Planung	n.s.	0,021
Fünf-Punkte-Test Richtige	0,014	n.s.

4.3.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend haben die Ergebnisse des Hypothesentestens gezeigt, dass die Patienten mit Läsionen des Kleinhirns im Vergleich zur Kontrollstichprobe in unterschiedlichen Funktionsbereichen geringere Leistungen erbracht haben. Am deutlichsten wurde diese Gruppendifferenz in den die Exekutivfunktionen überprüfenden Testverfahren. Die Hypothese der Beeinträchtigung der Patienten konnte hier modalitätsunspezifisch bzgl. der „Fluency-Verfahren“ und in weniger deutlichem Ausmaß auch bzgl. des Arbeitsgedächtnisses bestätigt werden. Auch in den Aufmerksamkeitstests zeigten sich klare Ergebnisse. Bei noch unbeeinträchtigten Funktionen in einfacheren Aufgaben zur Aufmerksamkeit zeigten die Patienten bei höheren Aufmerksamkeitsfunktionen wie der geteilten Aufmerksamkeit deutliche Defizite. Weiterhin haben sich hochsignifikante Gruppenunterschiede im kurzfristigen visuellen Gedächtnis und im mittelfristigen Gedächtnis gezeigt. Auch die Hypothese, dass diese Differenzen dann besonders deutlich werden, wenn die Aufgabe wenig strukturiert ist und daher stärkere Motivation erfordert („effortful memory“), konnte bestätigt werden. Die Ergebnisse der visuell-räumlichen Testverfahren fielen weniger eindeutig aus: Trotz klarer Beeinträchtigung der Patienten im *Mosaiktest* war die Leistung beim Abzeichnen der *Rey-Osterrieth Figur* im Gruppenvergleich unbeeinträchtigt.

Wie zu erwarten haben sich auch auf motorischer Ebene Beeinträchtigungen der Patienten gezeigt. Mögliche Auswirkungen auf die kognitiven Funktionen werden an späterer Stelle diskutiert.

Während die Hypothesen bezüglich der einzelnen neuropsychologischen Funktionen weitestgehend bestätigt werden konnten, ergibt sich bezüglich der Funktionslateralisierung ein uneindeutiges Bild. Nach Teilung der Patientenstichprobe in rechts- und linksseitig geschädigte Patienten war die Gruppe mit rechts cerebellärer Läsion in sprachgebundenen Tests zwar beeinträchtigt, doch auch in den nicht-sprachlichen Funktionen erwies sich diese Gruppe als

mindestens ebenso beeinträchtigt wie die links cerebellär geschädigte Patientenstichprobe. Die Tatsache, dass die Patienten mit links cerebellärer Läsion jedoch nur in nicht-sprachlichen, nicht aber in sprachgebundenen Aufgaben Defizite zeigten, wird in der Diskussion der Ergebnisse aufgegriffen.

Weiterhin bleibt zu diskutieren, ob die sprachlichen Funktionen in stärkerem Ausmaß lateralisiert sind als die nicht-sprachlichen Funktionen oder ob letztere lediglich einen weniger homogenen Funktionsbereich darstellen. Im Zusammenhang dazu stellt sich die Frage, ob der rechten Hemisphäre des Cerebellums möglicherweise generell eine größere Bedeutung für kognitive Funktionen zukommt als der linken oder ob es sich bei den durchgeführten Verfahren um eine „sprachlastige“ Testbatterie gehandelt hat.

5 METHODEN DER ZWEITEN UNTERSUCHUNG

5.1 Präzisierung der Fragestellungen und inhaltliche Hypothesen

In der zweiten Untersuchung sollen zunächst die neuropsychologischen Defizite der Patienten mit frontalen Läsionen erfasst werden. Zur Überprüfung dieser Fragestellung werden die bereits in der ersten Untersuchung beschriebenen Testverfahren verwendet. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Aufmerksamkeits- und Exekutivfunktionen, da vor allem diese Funktionsbereiche als frontallirnassoziiert gelten, weniger ausführlich werden die Gedächtnisleistungen und die visuell-räumlichen Funktionen beschrieben. Aus methodischen Gründen (s. Punkt 5.3 Stichprobe) werden mit wenigen Ausnahmen (*Fünf-Punkte-Test* und *Handbewegungen*) nur die Tests angewendet für die altersdifferenzierte Normen zur Verfügung stehen.

Zur Überprüfung der verschiedenen Funktionen wurde eine Gesamtfragestellung formuliert:

1. Zu welchen Defiziten führen Frontallirnläsionen?

Da die gesamte zweite Untersuchung zur Interpretation der Ergebnisse der ersten Untersuchung, nämlich der Defizite der Patienten mit Kleinhirnläsionen dient, sollen diese nun mit denen der frontal geschädigten Patienten verglichen werden.

2. Welche Unterschiede bestehen zwischen dem Leistungsprofil nach Frontallirnläsionen und dem nach Kleinhirnläsionen?

Dieser Vergleich erfolgt zum einen durch die deskriptive Gegenüberstellung der Leistungsprofile beider Patientengruppen, die sich aus dem vorangegangenen Vergleich zur Kontrollstichprobe ergeben haben und durch den statistischen Vergleich beider Gruppen. Zum anderen wird verglichen, wie viele Patienten jeder Stichprobe im Vergleich zu den Testnormen unterdurchschnittliche Leistungen erbracht haben. Dies ermöglicht eine bessere Veranschaulichung der Leistungsprofile der Patientengruppen bzgl. der verschiedenen Funktionsbereiche.

Die dritte und letzte Hypothese dient der Überprüfung der Frage, ob die Unterscheidung zwischen rechts- und linksseitigen Läsionen von entscheidender Bedeutung für das Profil der Ausfälle ist. Diese Frage wurde z.T. bereits in der ersten Untersuchung (Hypothesen vier und fünf) behandelt, an dieser Stelle soll überprüft werden, ob kognitive Defizite nach cerebellärer Läsion auf die Unterbrechung der gekreuzt verlaufenden cerebro-cerebellären Netzwerke zurückzuführen sind. Ein Hinweis darauf fände sich in der Tatsache, dass sich nach Unterteilung in rechts- und linksseitig geschädigte Patienten die Leistungsprofile der jeweils kontralateral betroffenen anderen Patientengruppen ähnelten (rechts cerebellär und links frontal vs. links

cerebellär und rechts frontal). Auch für diese Fragestellung werden zur Veranschaulichung auch die Anteile der Patienten pro Gruppe, die nach der Normierung unterdurchschnittlich abgeschnitten haben, ermittelt und verglichen.

3. Besteht ein Zusammenhang zwischen den Leistungsprofilen der jeweils kontralateral geschädigten Patientengruppen (rechtsseitige Kleinhirnläsion und linksseitige Frontalhirnläsion bzw. linksseitige Kleinhirnläsion und rechtsseitige Frontalhirnläsion)?

5.2 Planung der Untersuchung

5.2.1 Design

Zur Überprüfung der ersten Fragestellung werden Patienten mit frontaler Läsion untersucht und mit den bereits im Rahmen der ersten Untersuchung getesteten Kontrollprobanden verglichen. Dem Vergleich liegt daher nur eine unabhängige Variable „Gruppe“ zugrunde (s.u.).

Im Rahmen der zweiten und dritten Fragestellung werden die Patienten mit frontalen Läsionen mit den Patienten mit Kleinhirnläsion verglichen, die bereits in der ersten Untersuchung beschrieben wurden. Neben der ersten unabhängigen Variablen ist für die dritte Hypothese eine zusätzliche Unterteilung in Patienten mit rechts- bzw. linksseitiger Läsion erforderlich.

5.2.2 Variablen

5.2.2.1 Unabhängige Variablen (UV)

Es bestehen zwei unabhängige Variablen:

- Gruppe
- Lateralität der Läsion

Die Variablen lassen sich in drei bzw. in zwei Stufen unterteilen.

UV 1: Gruppe

Stufe 1: Patienten mit cerebellärer Läsion

Stufe 2: Patienten mit frontaler Läsion

Stufe 3: Gesunde Personen bzw. Personen nach Bandscheibenoperation ohne cerebrale oder cerebelläre Schädigung

UV 2: Lateralität der Läsion

Stufe 1: rechtsseitige Läsion

Stufe 2: linksseitige Läsion

5.2.2.2 Abhängige Variablen (AV)

Die abhängigen Variablen entsprechen denen der ersten Untersuchung, sie wurden lediglich in ihrer Anzahl reduziert. Es sollen daher an dieser Stelle nur die Testverfahren kurz aufgeführt werden, mit Hilfe derer die verschiedenen Funktionsbereiche überprüft werden. Für eine genauere Darstellung der einzelnen Variablen wird auf die erste Untersuchung verwiesen (Punkt 3.2.2.2 Abhängige Variablen). Auf neuropsychologischer Ebene werden die folgenden Bereiche untersucht:

- Aufmerksamkeitsleistung
- Leistungen bzgl. der Exekutivfunktionen
- Gedächtnisleistungen
- Visuell-räumliche Leistungen

Bei den Abhängigen Variablen, anhand derer die Leistungen objektiviert werden, handelt es sich um Tests der folgenden Funktionen:

Aufmerksamkeitsleistung

AV 1: Selektive Aufmerksamkeit (*Go / NoGo, TAP*; Zimmermann & Fimm, 1993)

AV 2: Geteilte Aufmerksamkeit (*Geteilte Aufmerksamkeit, TAP*)

AV 3: Auditive Merkspanne (*Zahlenspanne vorwärts, WMS-R*; Wechsler, 1987)

AV 4: Visuelle Merkspanne (*Blockspanne vorwärts, WMS-R*)

AV 5: Reaktionsvariabilität (Standardabweichungen der Reaktionszeiten in den Tests *Go / NoGo, Geteilte Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis, TAP*; Zimmermann & Fimm, 1993)

Leistungen bzgl. der Exekutivfunktionen

AV 6: Verbales Abstraktionsvermögen (*Gemeinsamkeiten Finden, HAWIE-R*; Wechsler, 1981)

AV 7: Planungsleistung (Planungsindex der *Rey-Osterrieth Figur*; Kenkel et al., 1997)

AV 8: *Phonematische Wortflüssigkeit* (LBS nach COWAT; Lezak, 1995)

AV 9: Figurale Flüssigkeit (*Fünf-Punkte-Test*; Lee et al., 1994)

AV 10: Motorische Flüssigkeit (*Handbewegungen, K-ABC*; Kaufman & Kaufman, 1983)

AV 11: Arbeitsgedächtnis (*Arbeitsgedächtnis, TAP*; Zimmermann & Fimm, 1993)

AV 12: Auditives Arbeitsgedächtnis (*Zahlenspanne rückwärts, WMS-R*; Wechsler, 1987)

AV 13: Visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis (*Blockspanne rückwärts, WMS-R*)

Gedächtnisleistungen

AV 14: Verbales Gedächtnis (*Index Verbales Gedächtnis, WMS-R*; Wechsler, 1987)

AV 15: Visuelles Gedächtnis (*Index Visuelles Gedächtnis, WMS-R*)

AV 16: Mittelfristiges Gedächtnis (*Index Verzögerte Wiedergabe, WMS-R*)

Visuell-räumliche Leistungen

AV 17: Visuell-räumliche Leistung (*Mosaiktest, HAWIE-R*; Wechsler, 1981)

5.2.2.3 Störvariablen

Auch die Störvariablen entsprechen größtenteils den bereits im Rahmen der ersten Untersuchung aufgeführten (Punkt 3.2.2.3 Störvariablen).

Wegen der Vergleichbarkeit der Stichproben müssen Alter, Geschlecht und Bildung in besonderem Ausmaß kontrolliert werden, da die Kontrollstichprobe nur bzgl. der Patienten mit cerebellärer Läsion parallelisiert wurde. Die entsprechenden Daten werden daher erhoben und die Stichproben diesbezüglich auch statistisch miteinander verglichen. Erfahrungsgemäß leiden Patienten mit frontalen Läsionen häufiger unter niedriggradigen Hirntumoren die bereits im mittleren Alter auftreten, während im Bereich des Kleinhirns häufiger Metastasen die Läsionsursache sind. Unterschiede im gemittelten Alter der Patientenstichproben sind daher wahrscheinlich. Aus diesem Grund wurden zur Überprüfung der Hypothesen dieser Untersuchung mit wenigen Ausnahmen (Fünf-Punkte-Test und Planungsindex) nur solche Testverfahren herangezogen, für die altersdifferenzierte Normen zur Verfügung stehen.

Die Maßnahmen zur Kontrolle der weiteren Störvariablen entsprechen denen der ersten Untersuchung.

5.3 Stichprobe

5.3.1 Rekrutierung der Stichprobe

Die Stichprobe der Patienten mit Kleinhirnläsionen sowie die der Kontrollprobanden wurde bereits im Rahmen der ersten Untersuchung beschrieben (Punkt 3.3 Stichprobe). Die Stichprobe der Patienten mit frontalen Läsionen wurde ebenso wie die der beiden anderen Gruppen in dem Zeitraum vom Sommer 2000 bis zum Ende des Jahres 2002 erhoben. Auch hier handelt es sich größtenteils um Patienten, die wegen einer akuten Symptomatik aufgrund eines frontalen Tumors oder einer Blutung in der Neurochirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Kiel stationär behandelt wurden. Alle Patienten mit entsprechender Diagnose, die keines der Ausschlusskriterien erfüllten (s.u.), wurden auf die mögliche freiwillige Teilnahme an der Studie hingewiesen.

Um die Datenerhebung zu beschleunigen, wurden auch im Fall der Patienten mit frontalen Läsionen einige Patienten retrospektiv untersucht, die in den vergangenen drei Jahren wegen einer entsprechenden Diagnose in der Neurochirurgie operiert wurden. Diese Patienten kamen zur ambulanten Untersuchung in die Klinik. Da aus verschiedenen Gründen nicht mit allen Patienten die Durchführung aller Tests möglich war, wurde die angestrebte Stichprobengröße von 20 Patienten so erweitert, dass für jedes Testverfahren Daten von mindestens 20 Patienten mit frontalen Läsionen vorlagen.

Allen Patienten wurden auch schriftliche Informationen zur Studie vorgelegt, die Einwilligung zur Teilnahme erfolgte ebenfalls schriftlich (s. Anhang). Die Stichprobe wird unter Punkt 5.3.3 Darstellung der Stichprobe näher beschrieben.

5.3.2 Ausschlusskriterien

Die Ausschlusskriterien entsprechen prinzipiell denen, die auch für die Stichproben der ersten Untersuchung galten (Punkt 3.3.2 Ausschlusskriterien). Bei den Patienten mit frontaler Läsion wurde ein besonderes Augenmerk darauf gelegt, dass keine Aphasie vorlag (Überprüfung durch die Untertests *Token*test, *Benennen* und *Schriftsprache* des *Aachener Aphasietests*; (Huber, Poeck, Weniger & Willmes, 1983), auch eine Parese der dominanten Hand führte zum Ausschluss der Patienten aus der Stichprobe.

5.3.3 Darstellung der Stichprobe

Da die Stichproben der Patienten mit Kleinhirnläsionen und der Kontrollprobanden bereits unter dem Punkt 3.3.3 Darstellung der Stichproben der ersten Untersuchung beschrieben wurden, erfolgt hier lediglich die Darstellung der Stichprobe der Patienten mit frontalen Läsionen.

Es haben 35 Patienten mit frontalen Läsionen an der Untersuchung teilgenommen (s. Tab. 5.1). Der Altersrange liegt bei 19-67 Jahren (Median: 47), die Stichprobe setzt sich zusammen aus 17 Frauen und 18 Männern. Drei Patienten waren Linkshänder, von denen zwei auch mit der linken Hand schrieben, drei weitere Patienten waren Ambidexter, die übrigen 29 Rechtshänder.

Von den Patienten litten 26 unter einem intracerebralen Tumor (ein pilozytisches Astrozytom WHO I, zwei Astrozytome WHO II, sechs Glioblastome WHO IV, drei Oligodendrogliome WHO II, vier Oligoastrozytome WHO III, zwei Oligodendrogliome WHO III), fünf Patienten wurden wegen eines Meningeoms operiert, fünf wegen eines Angioms, drei wegen einer Metastase und zwei wegen intracerebralen Hämatomen. Zwei Patienten wurden mit Verdacht auf einen niedriggradigen hirneigenen Tumor aufgenommen, da jedoch keine Operation erfolgte, wurde keine histopathologische Diagnose gestellt.

Die Raumforderung war bei 14 Patienten rechtsseitig und bei 19 linksseitig lokalisiert; bei einer Patientin handelte es sich um ein bilaterales Meningeom. Eine genauere Darstellung der Lokalisationen findet sich bei der Darstellung der deskriptiven Daten der Stichprobe (Punkt 6.1).

25 Patienten wurden während ihres stationären Aufenthaltes untersucht, dabei war bei allen Patienten eine präoperative Untersuchung möglich, so dass eventuelle direkt operationsbedingte Folgen ausgeschlossen werden konnten. Die zehn weiteren Patienten wurden retrospektiv ambulant untersucht (3-25 Monate postoperativ).

Alle Patienten wurden auch neurologisch untersucht. Weiterhin lagen mit nur einer Ausnahme für alle Patienten auch MRT- bzw. CCT-Aufnahmen vor (bei Vp 228 fehlen die Aufnahmen, es liegt aber ein externer MRT-Befund vor). Diese wiesen in 13 Fällen auf eine Verdrängung der Mittellinie hin. In 14 Fällen war auch der Balken entweder direkt durch den Tumor oder das Hämatom oder durch das umgebende Ödem betroffen. Eine Darstellung der klinischen Daten der einzelnen Patienten erfolgt im Anhang.

Tab. 5.1: Deskriptive Daten der Patienten mit frontalen Läsionen (die Diagnose zweier Patienten fehlt)

		Häufigkeit	Prozent
Geschlecht	Männlich	18	51,4
	Weiblich	17	48,6
Diagnose	Pilozytisches Astrozytom	1	3,0
	Astrozytom WHO II	2	6,0
	Glioblastom WHO IV	6	18,2
	Oligodendrogliom WHO II	3	9,1
	Oligoastrozytom WHO II	4	12,1
	Oligodendrogliom WHO III	2	6,0
	Meningeom	5	15,2
	Metastase	3	9,1
	Angiom	5	15,2
	Haematom	2	6,0
Läsionsort	Rechts frontal	14	40,0
	Links frontal	20	57,1
	Bilateral	1	3,0
Untersuchungszeitpunkt	Präoperativ	25	71,4
	Retrospektiv	10	28,6
Schulabschluss	Keinen	1	2,9
	Hauptschulabschluss	13	37,1
	Realschulabschluss	14	40,0
	Abitur	7	20,0

5.4 Testverfahren

Alle in dieser Untersuchung verwendeten Testverfahren wurden bereits im Rahmen der ersten Untersuchung beschrieben. Die für die Untersuchung der frontal geschädigten Patienten relevanten Verfahren werden daher an dieser Stelle nur noch einmal tabellarisch aufgeführt (Tab. 5.2). Für genauere Informationen siehe Punkt 3.2.2.2 Abhängige Variablen.

Tab. 5.2 Testverfahren

- *Mehrfachwahl Wortschatztest, MWT-B* (Lehrl, 1975)
- Untertests *Go / NoGo, Geteilte Aufmerksamkeit* und *Arbeitsgedächtnis* der *TAP* (Zimmermann & Fimm, 1993)
- Untertests *Gemeinsamkeiten Finden* und *Mosaiktest* des *HAWIE-R* (Wechsler, 1981; Tewes, 1991)
- *Phonematische Wortflüssigkeit* LBS (in Anlehnung an *COWAT*, Lezak, 1995)
- *Fünf-Punkte-Test* (Lee et al., 1994; Spreen & Strauss, 1998)
- Untertest *Handbewegungen* aus der *K-ABC* (Kaufman & Kaufman, 1983; Melchers & Preuß, 1994)
- *Wechsler Gedächtnistest revidierte Fassung, WMS-R* (Wechsler, 1987; Härtling et al., 2000)
- *Purdue Pegboard* (Tiffin, 1968; Lezak, 1995)

5.5 Durchführung der Untersuchung

Auch die Durchführung der Untersuchung entspricht der in der ersten Untersuchung (s. Punkt 3.4).

Alle Patienten wurden in Räumen der Klinik für Neurochirurgie untersucht, entweder während ihres stationären Aufenthaltes oder ambulant retrospektiv. Nach der Anamnese wurde bei der Durchführung der Tests auf einen Wechsel von verbalen und figuralen Verfahren wie auch zwischen Speed- und Non-Speedtests geachtet. Bei vorzeitiger Erschöpfung des Patienten wurde die Untersuchung unterbrochen bzw. u.U. auch komplett abgebrochen. Eine Durchführung aller Testverfahren bei allen Patienten war daher nicht immer möglich.

5.6 Auswertung der Daten

Für alle Testverfahren, die in dieser Untersuchung verwendet werden, stehen altersdifferenzierte Normstichproben zur Verfügung, die die Abbildung der Rohdaten in Prozenträngen, Indizes und Wertpunkten ermöglichen. Eine Ausnahme bilden lediglich der *Fünf-Punkte-Test* und der Planungswert der *Rey-Osterrieth Figur*. Für letzteren steht ein altersunabhängiger Cut-Off Wert zur Verfügung (Kenkel et al., 1997), dasselbe gilt für die Anzahl der Richtigen

Figuren im *Fünf-Punkte-Test*, für den Perseverationsindex existieren altersunabhängige Prozenträge (Spreen & Strauss, 1998). Für den Untertest *Handbewegungen* der *K-ABC* stehen für Erwachsene, altersspezifische Mittelwerte und Standardabweichungen zur Verfügung, diese basieren jedoch auf einer sehr kleinen Stichprobe (Spreen & Strauss, 1998), Prozenträge oder Indizes existieren nicht.

Zur Beantwortung der ersten Fragestellung wird der Mann-Whitney U Test als non-parametrisches Verfahren für zwei unabhängige Stichproben gerechnet. Unter der Annahme, dass die Patienten mit frontalen Läsionen gegenüber den Kontrollprobanden beeinträchtigt sind, wird einseitig getestet. Ergebnisse von $p < 0,05$ werden als signifikant bezeichnet, bei $p < 0,01$ gilt das Ergebnis als hoch signifikant. Bei der Darstellung der Ergebnisse werden z.T. zur besseren Veranschaulichung die Mittelwerte verwendet, die Signifikanzen beziehen sich jedoch grundsätzlich auf die non-parametrischen Rangdaten.

Die statistische Überprüfung der zweiten Hypothese erfolgt ebenfalls mittels non-parametrischer Mann-Whitney U Tests, im Gegensatz zur ersten Hypothese wird ungerichtet getestet.

Die dritte Fragestellung, in der vier Gruppen miteinander verglichen werden, wird mit Hilfe des ebenfalls non-parametrischen Kruskal-Wallis Tests untersucht. Wird dieser signifikant, so schließen sich Mann-Whitney U Tests an, um festzustellen, auf welchen Gruppenunterschieden die Signifikanz beruht. Da sich pro Test sechs mögliche Gruppenvergleiche ergeben, wird α mittels der Bonferoni-Korrektur adjustiert. Ein Ergebnis gilt damit ab $p < 0,008$ als signifikant bzw. ab $p < 0,016$ als tendenziell signifikant.

Zur besseren Darstellung der Ergebnisse der zweiten und dritten Fragestellung werden die Daten zusätzlich in binomiale Daten umgewandelt, d.h. es wird nur zwischen beeinträchtigt und unbeeinträchtigt unterschieden. Die Grenze für diese Unterscheidung wurde bei einer Standardabweichung unter dem Durchschnitt festgelegt. Die Daten der einzelnen Personen gelten daher bis zu einem Prozentrang von 16, einem Index von 85 und einem Wertpunkt von 6 (jeweils einschließlich des angegebenen Wertes) als beeinträchtigt, alle Werte die darüber liegen und daher durchschnittlich oder überdurchschnittlich sind, werden als unbeeinträchtigt bezeichnet. Diese Umkodierung der Daten ermöglicht eine vereinfachte Darstellung der Ergebnisse und anschaulichere Vergleiche der verschiedenen Stichproben.

6 ERGEBNISSE DER ZWEITEN UNTERSUCHUNG

Bevor die Ergebnisse zur Überprüfung der Hypothesen dargestellt werden, erfolgt die Beschreibung der klinischen Variablen der Patientengruppe. Weiterhin wird die Vergleichbarkeit der verschiedenen Stichproben bzgl. der Kontrollvariablen prämorbid Intelligenz und Alter überprüft.

6.1 Deskriptive Daten

Die Kontrollstichprobe wurde bereits unter Punkt 3.3.3.2 beschrieben. Die ausführlichen klinischen Daten der Stichprobe der Patienten mit frontalen Läsionen sind in Tabelle 6.1 dargestellt. Aufgrund der Relevanz für die dritte Fragestellung wird die Patientenstichprobe hierfür in rechts- und linksseitig geschädigte Patienten unterteilt. Die Patientin mit bilateraler Läsion (Vp 207, beidseits ausgeprägtes Olfaktoriusrinnenmeningeom mit perifokalem Ödem, zu 70% den dorsolateralen präfrontalen Cortex betreffend und zu 30% den orbitofrontalen Cortex) wurde in der Tabelle und auch im Rahmen der dritten Fragestellung nicht berücksichtigt.

Tab. 6.1: Häufigkeiten und Prozentangaben bzgl. der klinischen Variablen der Patienten mit frontalen Läsionen unterteilt für rechts- (N=14) und linksseitig (N=20) geschädigte Patienten

		rechts		links	
		Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
Diagnose	Pilozytisches Astrozytom	0	0	1	5,0
	Astrozytom WHO III	0	0	2	10,0
	Glioblastom WHO IV	4	28,6	2	10,0
	Oligodendrogliom WHO II	1	7,1	2	10,0
	Oligoastrozytom WHO III	1	7,1	3	15,0
	Oligodendrogliom WHO III	1	7,1	1	5,0
	Meningeom	2	14,3	2	10,0
	Metastase	1	7,1	2	10,0
	Angiom	3	21,4	2	10,0
	Hämatom	1	7,1	1	5,0
Läsionsort (horizontal)	Vorwiegend dorsolateraler präfrontaler Cortex	10	71,4	13	65,0
	Vorwiegend motorischer Cortex	3	21,4	6	30,0
	Vorwiegend orbitofrontaler Cortex	1	7,1	1	5,0
Corpus Callosum	Nicht betroffen	8	57,2	12	60,0
	Betroffen	6	42,8	8	40,0
Mittellinie	Keine Mittellinienverlagerung	7	50,0	13	65,0
	Mittellinienverlagerung	7	50,0	7	35
Ödem	Kein Ödem	2	14,3	8	40,0
	Ödem	12	83,7	12	60,0

Die Tabelle zeigt, dass auf deskriptiver Ebene hinsichtlich der klinischen Daten keine deutlichen Unterschiede zwischen der Patientengruppe mit rechts frontaler und der mit links frontaler Läsion bestehen. In beiden Gruppen sind etwas mehr Patienten an bösartigen Tumoren erkrankt (WHO III, WHO IV und Metastasen). Grundsätzlich ist am häufigsten vorwiegend der dorsolaterale präfrontale Cortex betroffen. Im Vergleich ist bei etwas weniger links frontal geschädigten Patienten die Mittellinie verlagert, der Unterschied kann jedoch als geringfügig gelten. Das Corpus Callosum ist in beiden Gruppen bei den meisten Patienten betroffen, ebenfalls liegt bei den meisten ein perifokales Ödem vor.

6.2 Ergebnisse der Kontrollvariablen

6.2.1 Alter

Es hat sich gezeigt, dass die Kontrollprobanden insgesamt älter waren, als die Patienten mit frontalen Läsionen; dieser Unterschied ist signifikant ($p=0,047$, $U=250,5$). Wie aufgrund der Parallelisierung zwischen Patienten mit Kleinhirnläsionen und Kontrollprobanden zu erwarten, erwiesen sich die cerebellär geschädigten Patienten ebenfalls im Mittel als signifikant älter als die Patienten mit frontalen Läsionen ($p=0,038$, $U=245,0$; s. Tab. 6.2). Die verschiedenen Stichproben sind daher bzgl. des Alters nicht vergleichbar.

Tab. 6.2: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) des Alters in Jahren für die Patienten mit frontaler (FH) bzw. cerebellärer Läsion (KH) und die Kontrollpersonen

	N	M	SD
Kontrollen	21	53,81	12,59
FH-Patienten	35	45,63	14,29
KH-Patienten	21	53,81	12,26

6.2.2 Prämorbid Intelligenz

Die prämorbid Intelligenz wurde mittels des *MWT-B* (Lehrl, 1975) erhoben. Im Vergleich zwischen der Stichprobe der Patienten mit frontaler Läsion und der Kontrollstichprobe konnte die Gleichheitshypothese nicht beibehalten werden ($p=0,009$, $U=186,0$). Die Kontrollstichprobe zeigte deutlich bessere Ergebnisse und somit eine höhere prämorbid Intelligenz als die Patienten. Mögliche Auswirkungen auf die anderen Testverfahren müssen daher bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Im Vergleich zwischen beiden Patientengruppen zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($p=0,300$; $U=270,5$; s. Tab. 6.3).

Tab. 6.3: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für den *MWT-B* (Prozentränge) für die Patienten mit frontaler (FH) bzw. cerebellärer Läsion (KH) und die Kontrollpersonen

	N	M	SD
Kontrollen	21	82,93	17,32
FH-Patienten	31	65,94	24,62
KH-Patienten	21	71,10	27,79

6.2.3 Stimmungslage

Zur Erfassung der aktuellen Stimmungslage wurde auch hier das *Profile of Mood States* (*POMS*; Mc Nair et al., 1981) durchgeführt. Im Vergleich zur Kontrollstichprobe beschrieben

sich die Patienten mit frontalen Läsionen als niedergeschlagener, müder, missmutiger und sie empfanden weniger Tatendrang. Diese Unterschiede wurden hoch signifikant (*Niedergeschlagenheit*: $p=0,000$, $U=119,0$; *Müdigkeit*: $p=0,005$, $U=188,0$; *Tatendrang*: $p=0,001$, $U=158,5$; *Missmut*: $p=0,005$, $U=189,5$). Der Vergleich zwischen beiden Patientengruppen ergab jedoch lediglich einen signifikanten Unterschied bzgl. der Skala *Missmut*. Die Patienten mit frontalen Läsionen beschrieben sich in stärkerem Ausmaß als missmutig als jene mit cerebellären Läsionen ($p=0,043$, $U=207,5$). Bereits im Rahmen der ersten Untersuchung wurde angemerkt, dass die Kontrollprobanden in diesem Fragebogen insgesamt sehr geringe Werte angegeben haben, so dass die Unterschiede möglicherweise eher auf eine Abweichung der Kontrollstichprobe zurückzuführen sind. Diese Möglichkeit wird in der Diskussion der Ergebnisse aufgegriffen. Dargestellt sind die Ergebnisse in Tab. 6.4.

Tab. 6.4: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) für das *POMS* (Rohwerte) für die Patienten mit frontaler (FH) bzw. cerebellärer Läsion (KH) und die Kontrollpersonen

		Kontrollen	FH-Patienten	KH-Patienten
N		21	33	19
Niedergeschlagenheit	M	6,24	22,76	24,05
	SD	7,73	18,52	18,21
Müdigkeit	M	10,33	17,36	16,74
	SD	6,30	8,99	7,84
Tatendrang	M	25,24	16,15	15,37
	SD	7,25	9,67	7,11
Missmut	M	3,38	9,64	5,42
	SD	5,90	9,87	8,89

6.3 Statistische Ergebnisse

Die Ergebnisse werden in der Reihenfolge der inhaltlichen Fragestellungen dargestellt. Innerhalb der Hypothesen werden dann die verschiedenen Funktionsbereiche unterschieden. Die Überprüfung jeder Hypothese wird durch eine zusammenfassende Darstellung abgeschlossen.

6.3.1 Ergebnisse der Patienten mit frontalen Läsionen

- Fragestellung: Zu welchen Defiziten führen Frontalhirnläsionen?

Die Fragestellung impliziert die Überprüfung verschiedener neuropsychologischer Funktionsbereiche, die entsprechend ihrer Reihenfolge bei der Beschreibung der Abhängigen Variablen

aufgeführt werden. Da die Fragestellung bzgl. der Defizite der Patienten formuliert ist, wurde grundsätzlich einseitig getestet.

6.3.1.1 Ergebnisse der Aufmerksamkeits tests

Die Aufmerksamkeit wurde mittels der Tests *Go / NoGo* (Median der Reaktionszeiten und Fehler), *Geteilte Aufmerksamkeit* (Median der Reaktionszeiten und Auslassungen), *Zahlenspanne vorwärts* und *Blockspanne vorwärts* sowie mittels der Standardabweichungen der Reaktionszeiten in den drei Tests der *TAP* (*Go / NoGo*, *Geteilte Aufmerksamkeit*, *Arbeitsgedächtnis*) überprüft.

Bezüglich der Selektiven Aufmerksamkeit, gemessen durch den Test *Go / NoGo*, hat sich kein Leistungsunterschied zwischen der Patienten- und der Kontrollstichprobe ergeben (Median der Reaktionszeiten: $p=0,416$, $U=231,0$; Fehler: $p=0,495$, $U=239,5$). In der *Geteilten Aufmerksamkeit* haben die Patienten signifikant mehr kritische Reize verpasst als die Kontrollpersonen, bzgl. der Reaktionsgeschwindigkeit besteht jedoch kein Unterschied ($p=0,228$, $U=226,5$). In den Aufgaben zur Überprüfung der direkten Merkspanne hat sich auf auditiver Ebene ein signifikanter Gruppenunterschied bei geringerer Leistung der Patienten gezeigt, auf visueller Ebene wurde der Unterschied nicht signifikant (*Blockspanne vorwärts*: $p=0,263$, $U=204,0$). Bezüglich der Reaktionsvariabilität, die durch die Standardabweichungen der Reaktionszeiten ermittelt wurde, hat sich kein signifikanter Unterschied ergeben (*Go / NoGo*: $p=0,348$, $U=223,5$; *Geteilte Aufmerksamkeit*: $p=0,073$, $U=194,5$; *Arbeitsgedächtnis*: $p=0,306$, $U=200,0$). Die Ergebnisse sind in Tabelle 6.5 dargestellt.

Tab. 6.5: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der verschiedenen Aufmerksamkeits tests (Prozent-ränge), U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test

		N	M	SD	U	p
Go / NoGo: Median der Reaktionszeiten	Kontrollen	20	48,60	35,40	231,0	n.s.
	Patienten	24	48,42	31,60		
Go / NoGo: Fehler	Kontrollen	20	38,10	18,08	239,5	n.s.
	Patienten	24	39,00	19,48		
Get. Aufmerksamkeit: Median der RZ	Kontrollen	20	35,70	26,23	226,5	n.s.
	Patienten	26	29,35	22,90		
Get. Aufmerksamkeit: Auslassungen	Kontrollen	20	52,35	21,60	184,0	0,042
	Patienten	26	40,31	24,41		
Zahlenspanne vorwärts	Kontrollen	21	60,33	33,34	215,0	0,005
	Patienten	35	36,71	27,06		
Blockspanne vorwärts	Kontrollen	20	47,50	29,44	204,0	n.s.
	Patienten	23	41,13	32,69		
Go / NoGo: SD der Reaktionszeiten	Kontrollen	20	50,85	33,80	223,5	n.s.
	Patienten	24	47,79	32,48		
Get. Aufmerksamkeit: SD der RZ	Kontrollen	20	61,65	25,42	194,5	n.s.
	Patienten	26	49,85	28,20		
Arbeitsgedächtnis: SD der RZ	Kontrollen	20	50,55	32,79	200,0	n.s.
	Patienten	22	43,73	25,19		

6.3.1.2 Ergebnisse der Testverfahren zur Messung exekutiver Funktionen

Innerhalb dieses verhältnismäßig uneinheitlichen Bereiches wurden die folgenden Funktionen überprüft: verbale Abstraktionsfähigkeit (*Gemeinsamkeiten Finden*), visuo-konstruktive Planungsfähigkeit (Planungsindex der *Rey-Osterrieth Figur*), die „Fluency“ verschiedener Modalitäten (*phonematische Wortflüssigkeit, Fünf-Punkte-Test, Handbewegungen*) und das Arbeitsgedächtnis (*Arbeitsgedächtnis der TAP, Zahlenspanne rückwärts, Blockspanne rückwärts*).

Sowohl in der verbalen Abstraktionsfähigkeit als auch in der visuo-konstruktiven Planungsfähigkeit haben sich signifikante Gruppenunterschiede mit jeweils schlechterer Leistung der Patienten gegenüber den Kontrollprobanden ergeben (s. Tab. 6.6).

Tab. 6.6: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) von *Gemeinsamkeiten Finden* und dem Planungsindex der *Rey-Osterrieth Figur* (WP: Wertpunkte, RW: Rohwert), U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test

		N	M	SD	U	p
Gemeinsamkeiten Finden (WP)	Kontrollen	21	12,86	2,13	134,0	0,002
	Patienten	25	10,44	2,89		
Planungsindex (RW)	Kontrollen	21	29,38	2,04	179,5	0,014
	Patienten	27	27,70	2,92		

Auch in der „Fluency“ haben die Patienten Defizite gezeigt. Bezüglich der *phonematischen Wortflüssigkeit* und der Anzahl der richtig produzierten Figuren im *Fünf-Punkte-Test* sind die Gruppenunterschiede hoch signifikant (s. Tab. 6.7). Im *Perseverationsindex des Fünf-Punkte-Tests* zeigten die Kontrollpersonen entgegen der Hypothese in der Tendenz eine stärkere Perseverationsneigung als die Patienten, der Unterschied wurde jedoch nicht signifikant ($p=0,079$, $U=276,5$). Auch in dem Test *Handbewegungen* zeigte sich kein signifikanter Gruppenunterschied ($p=0,108$, $U=198,0$).

Tab. 6.7: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der verschiedenen „Fluencyverfahren“ (PR: Prozenträge, RW: Rohwerte), U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test

		N	M	SD	U	p
Phonematische Wortflüssigkeit (PR)	Kontrollen	20	79,65	25,92	117,0	0,000
	Patienten	34	41,57	30,21		
Fünf-Punkte-Test: Richtige (RW)	Kontrollen	21	31,43	8,39	213,5	0,006
	Patienten	34	24,35	9,56		
Fünf-P. T.: Perseverationsindex (RW)	Kontrollen	21	7,49	5,54	276,5	n.s.
	Patienten	34	7,14	9,58		
Handbewegungen (RW)	Kontrollen	21	16,81	2,89	198,0	n.s.
	Patienten	24	15,46	3,71		

Deutliche Defizite haben sich bei den Patienten schließlich auch in den qualitativen Aspekten des Arbeitsgedächtnisses gezeigt. Zwar ergab sich hinsichtlich des Medians der Reaktionsgeschwindigkeit kein Gruppenunterschied ($p=0,456$, $U=216,5$), die Patienten ließen jedoch signifikant mehr kritische Reize aus und machten auch mehr Fehler. Auch im Test *Zahlenspanne rückwärts* schnitten die Patienten signifikant schlechter ab (s. Tab. 6.8). Im visuellen Arbeitsgedächtnis hingegen ergab sich kein Unterschied zwischen beiden Gruppen (*Blockspanne rückwärts*: $p=0,330$, $U=212,0$).

Tab. 6.8: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der verschiedenen Arbeitsgedächtnistests (Prozent-ränge), U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifi-kant)

		N	M	SD	U	p
Arbeitsgedächtnis: Median der RZ	Kontrollen	20	49,75	33,14	216,5	n.s.
	Patienten	22	50,05	28,37		
Arbeitsgedächtnis: Auslassungen	Kontrollen	20	34,10	21,86	130,0	0,011
	Patienten	22	21,64	23,03		
Arbeitsgedächtnis: Fehler	Kontrollen	20	53,95	28,93	131,5	0,012
	Patienten	22	38,77	28,81		
Zahlenspanne rückwärts	Kontrollen	21	55,00	33,61	236,5	0,013
	Patienten	35	34,31	27,26		
Blockspanne rückwärts	Kontrollen	20	42,75	28,73	212,0	n.s.
	Patienten	23	42,17	32,58		

Zusammenfassend haben die Patienten mit frontalen Läsionen im Vergleich zu den Kontrollprobanden sowohl in der verbalen Abstraktionsfähigkeit und der visuo-motorischen Planungsfähigkeit, als auch in der Menge der produzierten Items in den „Fluency-Verfahren“ und im Arbeitsgedächtnis deutliche Defizite gezeigt. Insgesamt waren die Defizite dabei auf verbaler Ebene deutlicher ausgeprägt als auf visueller Ebene (s. Tab. 6.9).

Tab. 6.9: Ergebnisse der Testverfahren zur Messung exekutiver Funktionen, n.s.: nicht signifikant

Testverfahren	p
Gemeinsamkeiten Finden	0,002
Planungsleistung (Rey-Osterrieth Figur)	0,014
Phonematische Wortflüssigkeit	0,000
Fünf Punkte-Test, Anzahl der Richtigen	0,006
Fünf-Punkte-Test, Perseverationsindex	n.s.
Handbewegungen	n.s.
Arbeitsgedächtnis (TAP) Median der Reaktionszeiten	n.s.
Arbeitsgedächtnis (TAP) Auslassungen	0,011
Arbeitsgedächtnis (TAP) Fehler	0,012
Zahlenspanne rückwärts	0,013
Blockspanne rückwärts	n.s.

6.3.1.3 Ergebnisse der Gedächtnistests

Zur Überprüfung der Gedächtnisleistung der Patienten mit frontalen Läsionen wurden die drei Indizes *Verbales Gedächtnis*, *Visuelles Gedächtnis* und der das mittelfristige Gedächtnis erfassende Index *Verzögerte Wiedergabe* betrachtet.

In der direkten Wiedergabe zeigten die Patienten modalitätsunspezifisch, d.h. in beiden Indizes signifikant schlechtere Leistungen als die Kontrollprobanden (s. Tab. 6.10). Auch im mittelfristigen Gedächtnis schnitten die Patienten zwar schlechter ab, dieser Gruppenunterschied wurde jedoch nicht signifikant ($p=0,056$, $U=157,5$).

Tab. 6.10: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der verschiedenen Gedächtnisindizes (M=100, SD=15), U-Werte und Signifikanzen (p) nach einseitigem Mann-Whitney U Test (n.s.: nicht signifikant)

		N	M	SD	U	p
Verbales Gedächtnis	Kontrollen	21	111,38	14,85	188,5	0,024
	Patienten	27	98,89	21,09		
Visuelles Gedächtnis	Kontrollen	21	109,95	12,25	157,0	0,036
	Patienten	22	100,45	18,01		
Verzögerte Wiedergabe	Kontrollen	21	109,71	13,48	157,5	n.s.
	Patienten	21	100,19	19,62		

6.3.1.4 Ergebnisse visuell-räumlicher Leistungen

Die visuell-räumliche Leistung wurde durch den *Mosaiktest* operationalisiert. Es besteht kein Unterschied zwischen Patienten und Kontrollprobanden ($p=0,403$, $U=251,5$).

6.3.1.5 Zusammenfassung der Ergebnisse der Patienten mit frontaler Läsion

Die Patienten mit frontalen Läsionen haben sich genau in der Hälfte der Testverfahren signifikant von den Kontrollprobanden unterschieden. Bezüglich der Aufmerksamkeit zeigte sich bei unbeeinträchtigten Reaktionszeiten ein qualitatives Defizit in der Geteilten Aufmerksamkeit sowie in der auditiven Merkspanne. Selektive Aufmerksamkeitsprozesse und auch die visuelle Merkspanne erwiesen sich als unbeeinträchtigt. Ebenso wenig zeigten sich Differenzen bzgl. der Reaktionsvariabilität.

Bezüglich der Exekutivfunktionen zeigten sich deutliche Gruppenunterschiede. Vor allem in Aufgaben mit verbalem Material erwiesen sich die Patienten als beeinträchtigt (Gemeinsamkeiten Finden, Wortflüssigkeit, Arbeitsgedächtnis, Zahlenspanne rückwärts), auf non-verbaler Ebene hingegen sind die Ergebnisse weniger konstant.

In den Gedächtnisaufgaben zeigte sich im direkten freien Abruf ein modalitätsunspezifisches Defizit in der Patientengruppe. Die Überprüfung des mittelfristigen Gedächtnisses führte jedoch zu keinem Gruppenunterschied.

6.3.2 Ergebnisse des Vergleichs beider Patientengruppen

- Fragestellung: Welche Unterschiede bestehen zwischen dem Leistungsprofil nach Frontalläsionen und dem nach Kleinhirnläsionen?

Dieser Fragestellung soll sich zunächst auf deskriptiver Ebene genähert werden, bevor ein statistischer Gruppenvergleich erfolgt. Im Anschluss wird, wie bereits unter Punkt 5.6 (Auswertung der Daten) beschrieben, eine Reduktion der Daten auf die Kategorien „beeinträchtigt“ und „unbeeinträchtigt“ erfolgen. Diese dient zum einen der für die Diskussion der Daten relevanten Fragestellung nach der klinischen Relevanz der Defizite, zum anderen ermöglicht sie eine bessere Veranschaulichung der Gruppenprofile.

6.3.2.1 Deskriptiver Vergleich der Ergebnisse

Ein deskriptiver Vergleich beider Patientengruppen ergibt sich aus den bereits berechneten Differenzen zwischen jeweils einer Patientengruppe und der Kontrollgruppe. Die Ergebnisse sämtlicher im Rahmen beider Untersuchungen durchgeführten Testverfahren sind in Tabelle 6.11 dargestellt. Während sich bzgl. der Aufmerksamkeitsfunktionen und teilweise auch für die Exekutivfunktionen Ähnlichkeiten zwischen beiden Patientengruppen zeigen, sind diese in Gedächtnis- und visuell-räumlichen Funktionen scheinbar geringer ausgeprägt.

Tab. 6.11: Ergebnisse der Patientenstichproben (Patienten mit cerebellärer Läsion: KH-Patienten, Patienten mit frontaler Läsion: FH-Patienten) jeweils im Vergleich zur Kontrollstichprobe (n.s.: nicht signifikant)

Funktionsbereich	Test	KH-Patienten	FH-Patienten
Aufmerksamkeit	Go / NoGo: Median der Reaktionszeiten	n.s.	n.s.
	Go / NoGo: Fehler	n.s.	n.s.
	Geteilte Aufmerksamkeit: Median der RZ	n.s.	n.s.
	Geteilte Aufmerksamkeit: Auslassungen	p≤0,01	p≤0,05
	Zahlenspanne vorwärts	n.s.	p≤0,05
	Blockspanne vorwärts	n.s.	n.s.
	Standardabweichung der RZ: Go / NoGo	p≤0,05	n.s.
	SD der RZ: Geteilte Aufmerksamkeit	p≤0,05	n.s.
	SD der RZ: Arbeitsgedächtnis	p≤0,05	n.s.
Exekutivfunktionen	Gemeinsamkeiten Finden	p≤0,01	p≤0,01
	Planung der Rey-Osterrieth Figur	n.s.	p≤0,05
	Phonematische Wortflüssigkeit	p≤0,01	p≤0,01
	Fünf-Punkte-Test: Richtige	p≤0,05	p≤0,01
	Fünf-Punkte-Test: Perseverationsindex	n.s.	n.s.
	Handbewegungen	p≤0,01	n.s.
	Arbeitsgedächtnis: Median der RZ	p≤0,05	n.s.
	Arbeitsgedächtnis: Auslassungen	p≤0,05	p≤0,05
	Arbeitsgedächtnis: Fehler	p≤0,05	p≤0,05
	Zahlenspanne rückwärts	n.s.	p≤0,05
	Blockspanne rückwärts	n.s.	n.s.
Gedächtnis	Verbales Gedächtnis	n.s.	p≤0,05
	Visuelles Gedächtnis	p≤0,01	p≤0,05
	Verzögerte Wiedergabe	p≤0,05	n.s.
Visuell-räumlich	Mosaiktest	p≤0,05	n.s.

6.3.2.2 Statistischer Gruppenvergleich

Die in Tabelle 6.11 deskriptiv dargestellten Differenzen in den signifikanten Unterschieden zur Kontrollgruppe weisen nicht zwangsläufig auch auf Unterschiede zwischen beiden Patientengruppen hin. Daher wurden die Testverfahren, bei denen die Vergleiche zwischen Patienten- und Kontrollgruppe nicht zum selben Ergebnis geführt haben, auf signifikante Unterschiede zwischen beiden Patientengruppen hin überprüft. Da a priori keine Richtung der möglichen Unterschiede formuliert wurde, wurde ungerichtet getestet.

Die Mann-Whitney U Tests führten nur bei dreien der ausgewählten Testverfahren zu signifikanten Unterschieden zwischen den beiden Patientengruppen. In der *Zahlenspanne vorwärts* schnitten die Patienten mit Kleinhirnläsionen signifikant besser ab, als die Patienten mit fron-

talen Läsionen. Bei den Auslassungen im Test *Geteilte Aufmerksamkeit* und im Median der Reaktionszeiten im Test *Arbeitsgedächtnis* hingegen zeigten die Patienten mit der frontalen Läsion die deutlich besseren Ergebnisse. In zwei weiteren Tests, den *Handbewegungen* und dem *Mosaiktest*, wurde die Signifikanzgrenze nur knapp überschritten; in der Tendenz schnitten auch hier die Patienten mit frontaler Läsion besser ab als die Patienten mit Kleinhirnläsion (s. Tab. 6.12).

Tab. 6.12: Ergebnisse des Vergleichs zwischen beiden Patientengruppen (Patienten mit cerebellärer Läsion: KH-Patienten, Patienten mit frontaler Läsion: FH-Patienten, t.s.: tendenziell signifikant, n.s.: nicht signifikant; PR: Prozentrang, RW: Rohwert, I: Index, WP: Wertpunkt)

		N	M	SD	U	p
Get. Aufmerksamkeit: Auslassungen (PR)	KH-Patienten	18	23,72	21,40	132,5	0,014
	FH-Patienten	26	40,31	24,41		
Zahlenspanne vorwärts (PR)	KH-Patienten	17	57,18	24,91	171,0	0,013
	FH-Patienten	35	36,71	27,06		
Planung (RW)	KH-Patienten	19	28,16	3,10	233,5	n.s.
	FH-Patienten	27	27,70	2,92		
Fünf-Punkte-Test: Richtige (RW)	KH-Patienten	20	24,30	12,05	319,0	n.s.
	FH-Patienten	34	24,35	9,56		
Handbewegungen (RW)	KH-Patienten	18	13,17	4,11	143,5	t.s. (0,060)
	FH-Patienten	24	15,46	3,71		
Arbeitsgedächtnis: Md der RZ (PR)	KH-Patienten	17	28,65	27,45	100,0	0,013
	FH-Patienten	22	50,05	28,37		
Zahlenspanne rückwärts (PR)	KH-Patienten	17	40,29	24,86	243,5	n.s.
	FH-Patienten	35	34,31	27,26		
Verbales Gedächtnis (I)	KH-Patienten	18	98,78	25,26	242,0	n.s.
	FH-Patienten	27	98,89	21,09		
Visuelles Gedächtnis (I)	KH-Patienten	15	92,80	20,67	126,5	n.s.
	FH-Patienten	22	100,45	18,01		
Verzögerte Wiedergabe (I)	KH-Patienten	15	94,93	22,55	134,0	n.s.
	FH-Patienten	21	100,19	19,62		
Mosaiktest (WP)	KH-Patienten	17	9,53	3,04	144,5	t.s. (0,079)
	FH-Patienten	25	11,40	3,11		
Go / NoGo: SD der RZ (PR)	KH-Patienten	18	30,89	32,47	157,5	n.s.
	FH-Patienten	24	47,79	32,48		
Get. Aufmerksamkeit: SD der RZ (PR)	KH-Patienten	18	36,33	27,30	175,0	n.s.
	FH-Patienten	26	49,85	28,20		
Arbeitsgedächtnis: SD der RZ (PR)	KH-Patienten	17	34,06	28,47	138,5	n.s.
	FH-Patienten	22	43,73	25,19		

6.3.2.3 Deskriptiver Vergleich der Gruppenprofile

Um die Leistungsprofile beider Patientengruppen besser darstellen zu können und auch um die klinische Relevanz der Ergebnisse beurteilen zu können, wurden die Daten insofern reduziert, als nur noch zwischen „beeinträchtigt“ und „unbeeinträchtigt“ unterschieden wurde. Die Grenze wurde dazu bei einer Standardabweichung unter dem Mittelwert der verwendeten Normen festgelegt ($\text{Prozentrang} \leq 16$, $\text{Index} \leq 85$, $\text{Wertpunkt} \leq 6$). In den Abbildungen 6.1 bis 6.3 sind die jeweiligen Anteile einer Gruppe angegeben, die in ihrer Leistung unbeeinträchtigt waren. Bei einem Vergleich der Profile ist dabei zu beachten, dass die Normierungen der verschiedenen Testverfahren auf verschiedene Normstichproben zurückgehen und daher nicht vollkommen vergleichbar sind. „Profile“ der Kontrollstichprobe gehen vermutlich auf diese Normierungsunterschiede zurück und können als ein Maß dafür gelten.

In den Aufmerksamkeitsverfahren hat sich gezeigt, dass in den computergestützten Tests die Patienten mit cerebellärer Läsion grundsätzlich am schlechtesten abgeschnitten haben, wobei dieser Unterschied in der *Geteilten Aufmerksamkeit* am deutlichsten wird. Nur 50-60 % dieser Patientengruppe können in der *Geteilten Aufmerksamkeit* als unbeeinträchtigt gelten. Ein deutlicher Unterschied zu Ungunsten der cerebellär geschädigten Patienten hat sich zudem in der Reaktionsvariabilität, also in den Aufmerksamkeitsschwankungen gezeigt. In der *Zahlen- und Blockspanne* hingegen zeigte die Gruppe mit frontalen Läsionen die größten Schwierigkeiten. Zwischen den Profilen der verschiedenen Gruppen bestehen deutliche Parallelen, insgesamt erwiesen sich in der Gruppe der Patienten mit Kleinhirnläsionen die meisten Patienten als beeinträchtigt (s. Abb. 6.1).

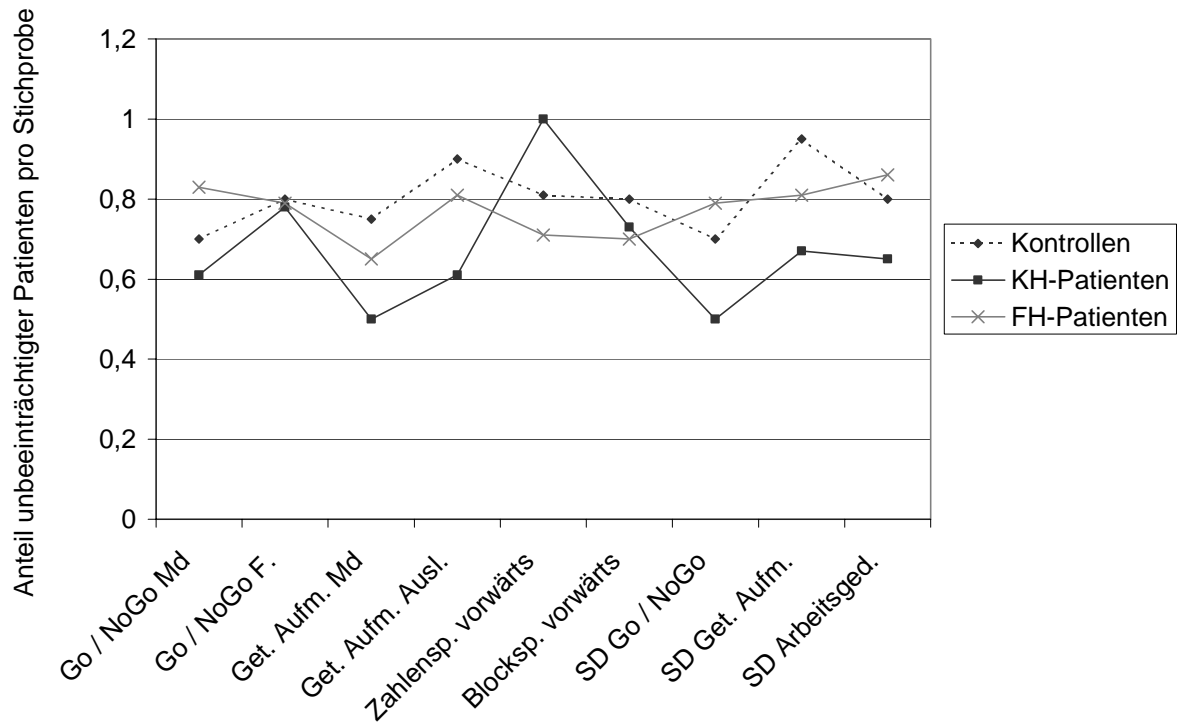


Abb. 6.1: Deskriptiver Stichprobenvergleich bzgl. der Aufmerksamkeits-tests

In den Tests zur Messung der Exekutivfunktionen zeigten beide Patientengruppen hinsichtlich der Planung der *Rey-Osterrieth Figur* die größten Schwierigkeiten. Weiterhin ist festzustellen, dass die Patienten mit Kleinhirnläsionen modalitätsunspezifisch in allen „Fluency-Verfahren“ im Vergleich zu beiden anderen Stichproben die geringste Leistung erbracht haben, wobei in den Profilen der beiden Patientengruppen eine deutliche Ähnlichkeit besteht (s. Abb. 6.2).

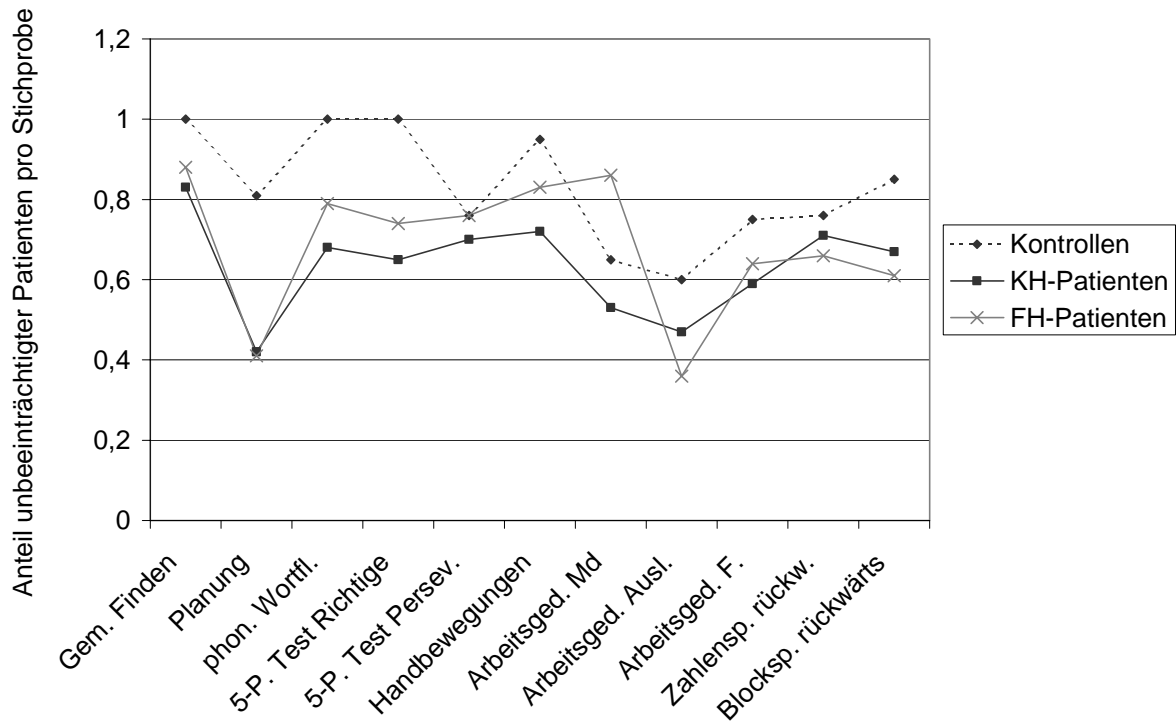


Abb. 6.2: Deskriptiver Stichprobenvergleich bzgl. der Tests zur Messung der Exekutivfunktionen

Auch im Gedächtnis erwiesen sich prozentual mehr Patienten mit cerebellärer Läsion als beeinträchtigt als jene mit frontaler Läsion. Dies gilt vor allem für die direkte und weniger für die verzögerte Wiedergabe. Im *Mosaiktest* können in allen drei Gruppen mehr als 80% der Patienten als unbeeinträchtigt gelten (s. Abb. 6.3).

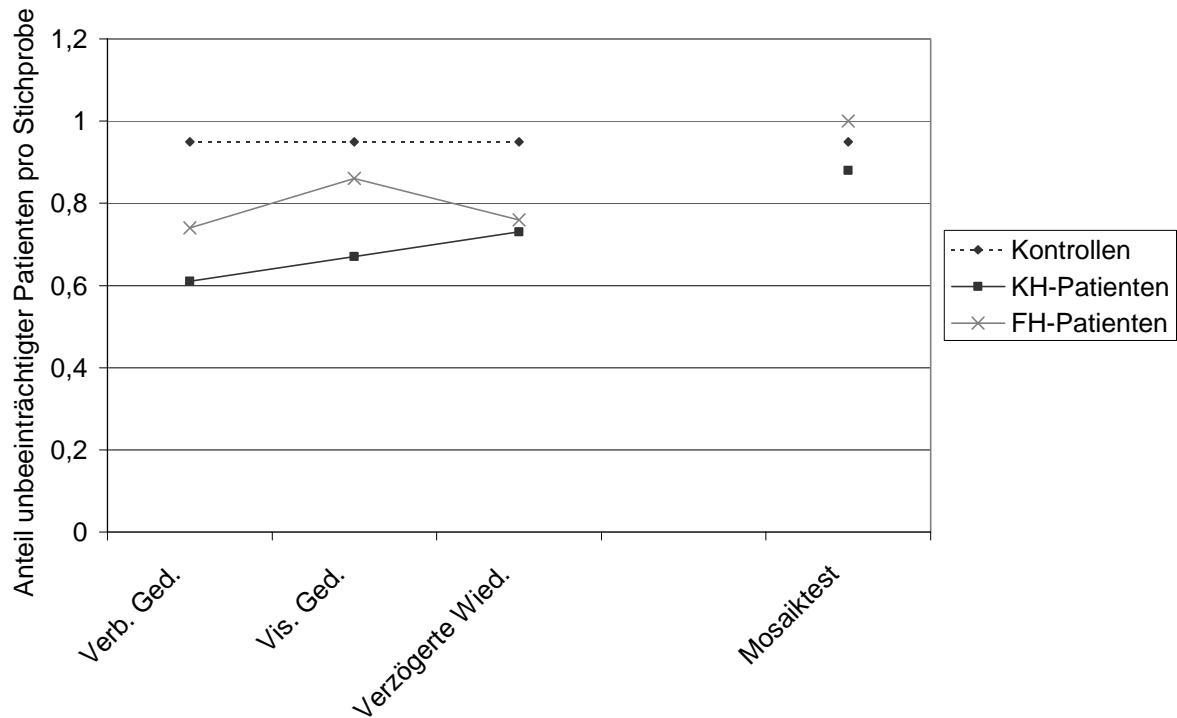


Abb. 6.3 Deskriptiver Stichprobenvergleich bzgl. der Gedächtnisindizes und des *Mosaiktests*

6.3.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse des Vergleichs beider Patientengruppen

Zusammenfassend hat sich gezeigt, dass in der kognitiven Leistung der Patienten mit frontaler Läsion und derer mit cerebellärer Läsion kaum signifikante Unterschiede bestehen. Lediglich in der geteilten Aufmerksamkeit zeigten die cerebellär geschädigten Patienten deutlich schlechtere Leistungen, in der auditiven Merkspanne hingegen schnitten sie signifikant besser ab. Der deskriptive Vergleich weist dagegen auf eine global schlechtere Leistung der Patienten mit cerebellärer Läsion hin.

6.3.3 Vergleich der Patientengruppen in Abhängigkeit von der Lateralität der Läsion

- Fragestellung: Besteht ein Zusammenhang zwischen den Leistungsprofilen der jeweils kontralateral geschädigten Patientengruppen (rechtsseitige Kleinhirnläsion und linksseitige Frontalhirnläsion vs. linksseitige Kleinhirnläsion und rechtsseitige Frontalhirnläsion)?

Zur Beantwortung dieser Fragestellung werden die vier Patientengruppen (Läsionsorte: links cerebellär, rechts cerebellär, links frontal, rechts frontal) hinsichtlich der verschiedenen Funktionen mittels des Kruskal-Wallis Tests verglichen. Unterscheiden sich die Gruppen voneinander, so wird durch Mann-Whitney U Tests mit adjustiertem alpha ermittelt, auf welche

Gruppenvergleiche dieser Unterschied zurückzuführen ist. In der Diskussion werden diese Ergebnisse dahingehend betrachtet werden, ob zwischen den bei unterschiedlichem Läsionsort kontralateral geschädigten Gruppen geringere Unterschiede bestehen als zwischen den ipsilateralen Gruppenvergleichen.

Zur Veranschaulichung der Profile erfolgt auch hier eine Datenreduktion, die eine bessere Vergleichbarkeit der verschiedenen Testergebnisse und der Gruppenprofile ermöglicht.

6.3.3.1 Statistische Ergebnisse der Aufmerksamkeits-tests

Bei den neun überprüften Variablen zur Aufmerksamkeitsmessung zeigten sich bzgl. der Auslassungen in der *Geteilten Aufmerksamkeit* und der *Zahlenspanne vorwärts* signifikante Gruppenunterschiede (Auslassungen: $\chi^2=9,43$, $p=0,024$; Zahlenspanne vorwärts: $\chi^2=9,39$, $p=0,024$). Ein weiterer signifikanter Gruppenunterschied zeigte sich in der Standardabweichung der Reaktionszeiten im Untertests *Arbeitsgedächtnis* ($\chi^2=8,95$, $p=0,030$). Die übrigen Vergleiche führten zu keinen signifikanten Ergebnissen (*Go / NoGo*: Median der Reaktionszeiten: $\chi^2=4,60$, $p=0,204$; *Go / NoGo*: Fehler: $\chi^2=3,95$, $p=0,266$; *Geteilte Aufmerksamkeit*: Median der Reaktionszeiten: $\chi^2=1,27$, $p=0,735$; *Blockspanne vorwärts*: $\chi^2=4,88$, $p=0,181$; Standardabweichung der Reaktionszeiten: *Go / NoGo*: $\chi^2=5,61$, $p=0,132$; Standardabweichung der Reaktionszeiten: *Geteilte Aufmerksamkeit*: $\chi^2=3,92$, $p=0,270$).

In der *Geteilten Aufmerksamkeit* und der *Zahlenspanne vorwärts*, haben die anschließenden Einzelvergleiche jeweils nur einen signifikanten Gruppenunterschied ergeben. Bezüglich der Auslassungen in der *Geteilten Aufmerksamkeit* haben die Patienten mit rechts cerebellären Läsionen signifikant schlechter abgeschnitten als die Patientengruppe mit rechts frontalen Läsionen ($U=17,0$, $p=0,003$). In der *Zahlenspanne vorwärts* beruht der Unterschied auf der Differenz zwischen den Patienten mit links frontaler und links cerebellärer Läsion, wobei jene mit links frontaler Läsion eine signifikant geringere Leistung erbrachten ($U=15,0$, $p=0,006$). Der signifikante Gruppenunterschied in der Standardabweichung der Reaktionszeiten im Untertest *Arbeitsgedächtnis* basiert auf zwei signifikanten Einzelvergleichen. In der Gruppe der rechts cerebellär geschädigten Patienten war die Reaktionsvariabilität am höchsten, das Ergebnis ist daher als am schlechtesten zu bewerten. Diese Gruppe unterschied sich signifikant sowohl von den Patienten mit links cerebellärer Läsion ($U=7,0$, $p=0,008$) als auch von denen mit rechts frontaler Läsion ($U=18,5$, $p=0,009$). Mittelwerte und Standardabweichungen der verschiedenen Gruppen sind in der Tabelle 6.13 dargestellt.

Tab. 6.13: Ergebnisse der verschiedenen Patientengruppen [Patienten mit cerebellärer (KH) oder frontaler (FH) Läsion jeweils rechts- (re) oder linksseitig (li)] in den Aufmerksamkeits-tests in Prozenträngen (n.s.: nicht signifikant)

		KH rechts	KH links	FH rechts	FH links	Signifikante Einzelvergleiche
Go / NoGo: Median der Reaktionszeiten	N	10	7	12	12	n.s.
	M	30,10	51,00	55,92	40,92	
	SD	39,59	27,54	27,98	34,38	
Go / NoGo: Fehler	N	10	7	12	12	n.s.
	M	25,10	48,43	41,08	36,92	
	SD	22,36	1,99	18,12	21,34	
Geteilte Aufmerksamkeit: Median der Reaktionszeiten	N	10	7	12	14	n.s.
	M	32,60	18,86	31,58	27,43	
	SD	34,02	12,73	22,14	24,19	
Geteilte Aufmerksamkeit: Auslassungen	N	10	7	12	14	KH re < FH li
	M	18,20	26,00	48,75	33,07	
	SD	19,45	20,40	22,68	24,26	
Zahlenspanne vorwärts	N	10	6	15	19	FH li < KH li
	M	44,40	73,83	41,20	32,32	
	SD	20,47	20,41	25,32	28,85	
Blockspanne vorwärts	N	8	6	11	12	n.s.
	M	27,75	64,50	36,55	45,33	
	SD	25,34	33,96	34,12	32,22	
SD der Reaktionszeiten: Go / NoGo	N	10	7	12	12	n.s.
	M	29,90	36,29	59,83	35,75	
	SD	36,98	27,75	30,72	30,74	
SD der Reaktionszeiten: Geteilte Aufmerksamkeit	N	10	7	12	14	n.s.
	M	30,90	46,71	53,17	47,00	
	SD	24,30	31,55	28,25	28,89	
SD der Reaktionszeiten: Arbeitsgedächtnis	N	9	7	12	10	KH re < KH li KH re < FH re
	M	18,89	46,43	47,08	39,70	
	SD	22,49	23,39	26,17	24,73	

6.3.3.2 Statistische Ergebnisse der Testverfahren zur Messung exekutiver Funktionen

In den die Exekutivfunktionen messenden Tests haben sich drei signifikante Gruppenunterschiede ergeben, zwei davon beziehen sich auf den Arbeitsgedächtnistest der TAP und hierbei auf den Median der Reaktionszeiten ($\chi^2=9,73$, $p=0,021$) und die Fehler ($\chi^2=8,42$, $p=0,038$). Der dritte signifikante Unterschied betrifft den Planungsindex der *Rey-Osterrieth Figur*

($\chi^2=9,53$, $p=0,023$). In dem Test *Handbewegungen* zeigte sich ein tendenziell signifikantes Ergebnis ($\chi^2=7,54$, $p=0,057$). In den übrigen Testverfahren unterscheiden sich die Gruppen nicht signifikant voneinander (*Gemeinsamkeiten Finden*: $\chi^2=2,95$, $p=0,400$; *phonematische Wortflüssigkeit*: $\chi^2=3,42$, $p=0,332$; *Fünf-Punkte-Test Richtige*: $\chi^2=5,33$, $p=0,149$; *Fünf-Punkte-Test Perseverationsindex*: $\chi^2=2,60$, $p=0,458$; *Arbeitsgedächtnis Auslassungen*: $\chi^2=2,60$, $p=0,457$; *Zahlenspanne rückwärts*: $\chi^2=2,90$, $p=0,407$; *Blockspanne rückwärts*: $\chi^2=4,58$, $p=0,205$).

Die signifikanten Gruppenunterschiede lassen sich auf die folgenden Einzelvergleiche zurückführen: Im Median der Reaktionszeiten im *Arbeitsgedächtnis* reagierten die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion signifikant langsamer als die Patientengruppe mit rechts frontaler Läsion ($U=16,0$, $p=0,006$). Der Vergleich zu der Gruppe mit links frontaler Läsion wurde in der Tendenz ebenfalls signifikant ($U=15,0$, $p=0,013$). Hinsichtlich der Fehler im *Arbeitsgedächtnis* ergab sich nur ein tendenziell signifikanter Einzelvergleich: Hier machten die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion mehr Fehler als die mit links cerebellärer Läsion ($U=9,5$, $p=0,016$). Ein nach der Alpha-Adjustierung signifikanter Einzelvergleich im Planungsindex hat sich nicht ergeben. Die Daten weisen jedoch darauf hin, dass die Patienten mit links cerebellärer oder rechts frontaler Läsion in der Tendenz schlechter abgeschnitten haben als jene mit rechts cerebellärer oder links frontaler Läsion. In dem Test *Handbewegungen* schnitten die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion am schlechtesten ab. Hier ergab sich erneut ein signifikanter Gruppenunterschied zu den Patienten mit rechts frontaler Läsion ($U=14,0$, $p=0,005$). Die Ergebnisse der verschiedenen Patientengruppen sind in der Tabelle 6.14 dargestellt.

Tab. 6.14: Ergebnisse der verschiedenen Patientengruppen [Patienten mit cerebellärer (KH) oder frontaler (FH) Läsion jeweils rechts- (re) oder linksseitig (li)] in den Tests zur Messung der Exekutivfunktionen (n.s.: nicht signifikant, t.s.: tendenziell signifikant; PR: Prozentrang, RW: Rohwert, WP: Wertpunkt)

		KH rechts	KH links	FH rechts	FH links	Signifikante Einzelvergleiche
Gemeinsamkeiten Finden (WP)	N	11	7	10	15	n.s.
	M	9,82	9,86	11,20	9,93	
	SD	3,54	3,76	2,94	2,84	
Planungsindex der Rey-Osterrieth Figur (RW)	N	10	8	13	14	n.s.
	M	29,40	26,25	26,69	28,64	
	SD	2,88	2,55	2,59	2,98	
Phonematische Wortflüssigkeit (PR)	N	10	8	14	19	n.s.
	M	40,70	53,75	52,89	35,08	
	SD	34,73	38,63	28,57	29,52	
Fünf-Punkte-Test: Richtige (RW)	N	11	8	14	19	n.s.
	M	19,73	31,75	24,93	24,53	
	SD	9,33	12,69	10,03	9,35	
Fünf-Punkte-Test: Perseverationsindex (RW)	N	11	8	14	19	n.s.
	M	7,50	12,19	8,35	6,62	
	SD	7,03	12,31	10,93	8,83	
Handbewegungen (RW)	N	10	7	10	14	KH re < FH re
	M	11,60	15,71	16,30	14,86	
	SD	4,12	3,15	3,30	3,98	
Arbeitsgedächtnis: Median der Reaktionszeiten (PR)	N	9	7	12	10	KH re < FH re t.s.: KH re < FH li
	M	18,56	33,71	54,25	45,00	
	SD	18,87	29,02	30,95	25,60	
Arbeitsgedächtnis: Auslassungen (PR)	N	9	7	12	10	n.s.
	M	13,67	33,57	19,25	24,50	
	SD	18,74	23,31	22,55	24,49	
Arbeitsgedächtnis: Fehler (PR)	N	9	7	12	10	t.s.: KH re < KH li
	M	17,22	52,00	46,00	30,10	
	SD	18,93	29,98	30,06	26,07	
Zahlenspanne rückwärts (PR)	N	10	6	15	19	n.s.
	M	37,20	50,00	35,80	33,16	
	SD	27,82	17,39	29,72	26,72	
Blockspanne rückwärts (PR)	N	8	6	11	12	n.s.
	M	25,87	64,50	43,09	41,33	
	SD	20,95	25,87	33,54	33,15	

6.3.3.3 Statistische Ergebnisse der Gedächnistests

In den drei verschiedenen Gedächtnisindizes für das verbale, das visuelle und das allgemein mittelfristige Gedächtnis hat sich kein Unterschied zwischen den Patientengruppen ergeben (*Verbales Gedächtnis*: $\chi^2=2,56$, $p=0,464$; *Visuelles Gedächtnis*: $\chi^2=4,97$, $p=0,174$; *Verzögerte Wiedergabe*: $\chi^2=3,83$, $p=0,280$). Einzelvergleiche wurden daher nicht gerechnet. Die deskriptive Betrachtung der Daten zeigt, dass die Patienten mit rechts-cerebellärer Läsion in der Tendenz in allen drei Indizes am schlechtesten abgeschnitten haben. Mittelwerte und Standardabweichungen sind in der Tabelle 6.15 aufgeführt.

Tab. 6.15: Ergebnisse der verschiedenen Patientengruppen [Patienten mit cerebellärer (KH) oder frontaler (FH) Läsion jeweils rechts- oder linksseitig] in den Gedächnistests als Indizes (n.s.: nicht signifikant)

		KH rechts	KH links	FH rechts	FH links	Signifikante Einzelvergleiche
Verbales Gedächtnis	N	10	7	11	16	n.s.
	M	90,50	108,71	100,45	97,81	
	SD	28,69	17,73	19,18	22,87	
Visuelles Gedächtnis	N	8	6	12	10	n.s.
	M	83,25	103,50	99,83	101,20	
	SD	20,45	17,25	20,48	15,59	
Verzögerte Wiedergabe	N	8	6	11	10	n.s.
	M	85,88	104,17	95,82	105,00	
	SD	24,79	16,47	21,22	17,49	

6.3.3.4 Statistische Ergebnisse visuell-räumlicher Leistungen

Der allgemeine Vergleich der verschiedenen Patientengruppen bzgl. der Ergebnisse im *Mosaiktest* hat einen tendenziell signifikanten Unterschied ergeben ($\chi^2=7,13$, $p=0,068$). In der Tendenz zeigten auch hier die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion das schlechteste Ergebnis, die Einzelvergleiche wurden jedoch nicht signifikant. Dargestellt sind die Ergebnisse in Tabelle 6.16.

Tab. 6.16: Ergebnisse der verschiedenen Patientengruppen [Patienten mit cerebellärer (KH) oder frontaler (FH) Läsion jeweils rechts- oder linksseitig] im *Mosaiktest* in Wertpunkten (n.s.: nicht signifikant)

		KH rechts	KH links	FH rechts	FH links	Signifikante Einzelvergleiche
Mosaiktest	N	10	7	11	14	n.s.
	M	9,00	10,29	12,91	10,21	
	SD	3,02	3,15	3,39	2,36	

6.3.3.5 Deskriptiver Vergleich der Gruppenprofile

Wie bereits im Rahmen der zweiten Fragestellung (Punkt 6.3.2) sollen auch hier zur besseren Veranschaulichung der Daten die Anteile der als „unbeeinträchtigt“ eingestuften Patienten einer jeden Gruppe dargestellt werden. Wie zuvor erfolgt die Darstellung getrennt für die verschiedenen neuropsychologischen Funktionsbereiche (s. Abb. 6.4 bis 6.6).

In den Aufmerksamkeitstests erwiesen sich die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion zumindest in den computergestützten Verfahren als am deutlichsten beeinträchtigt. Weiterhin ist auffällig, dass fast grundsätzlich innerhalb der Stichprobe der Patienten mit Kleinhirnläsion die rechtsseitig geschädigten Patienten schlechter abschneiden, während in der frontal geschädigten Stichprobe mehr Patienten mit links frontaler Läsion beeinträchtigt sind als mit rechtsseitiger. Eine besondere Vergleichbarkeit der Profile der jeweils kontralateral geschädigten Patientengruppen ist nicht zu erkennen (s. Abb. 6.4).

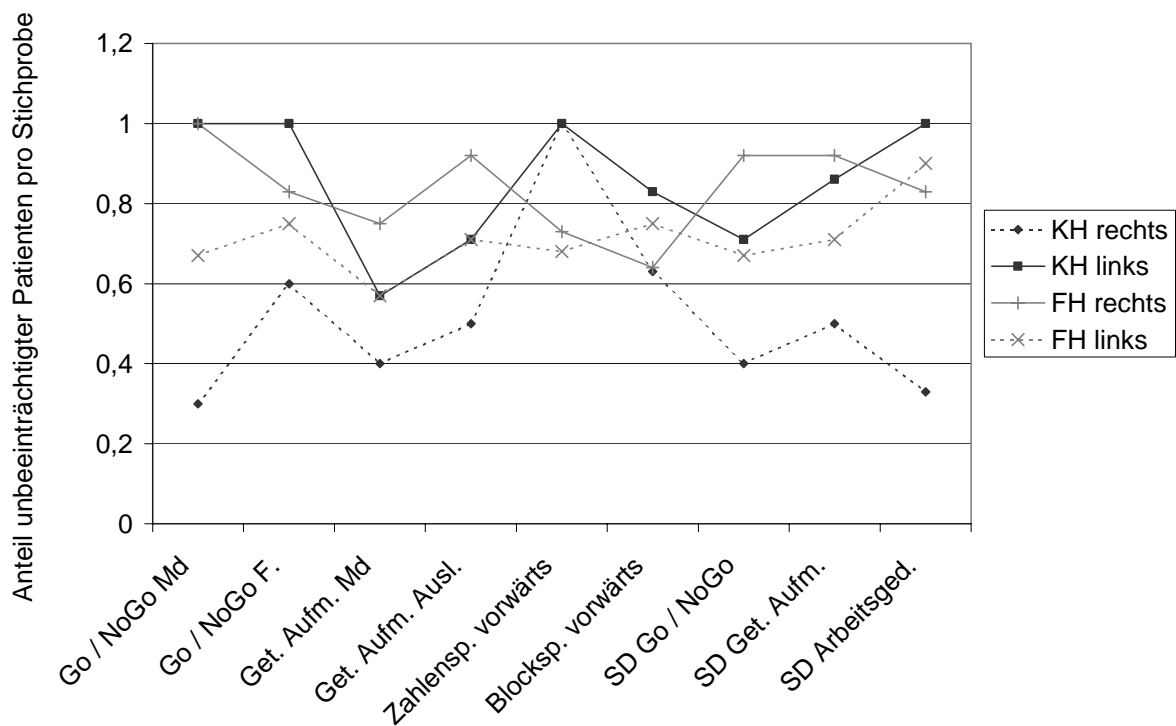


Abb. 6.4: Deskriptiver Vergleich der Patientenstichproben getrennt nach Läsionsort und –lateralität bzgl. der Aufmerksamkeitstests

In den Ergebnissen der Tests zur Messung der Exekutivfunktionen wiederholt sich die Tatsache, dass rechts-cerebellär geschädigte Patienten eher beeinträchtigt sind als links-cerebellär geschädigte, während bei den Patienten mit frontalen Läsionen das Gegenteil zutrifft. Eine auffällige Ausnahme bildet der Planungsindex der *Rey-Osterrieth Figur*, hier erwiesen sich nur weniger als 20 % der Patienten mit links-cerebellärer oder rechts frontaler Läsion als unbeeinträchtigt. Weiterhin zeigt sich bzgl. der „Fluency-Verfahren“ wie erwartet eine erhöhte Vergleichbarkeit der Profile der jeweils kontralateral geschädigten Patientengruppen. So sind die Profile der rechts-cerebellär und der links frontal geschädigten Patienten in ihrem Verlauf relativ ähnlich; dasselbe gilt für die Gruppen mit links cerebellärer und rechts frontaler Schädigung (s. Abb. 6.5).

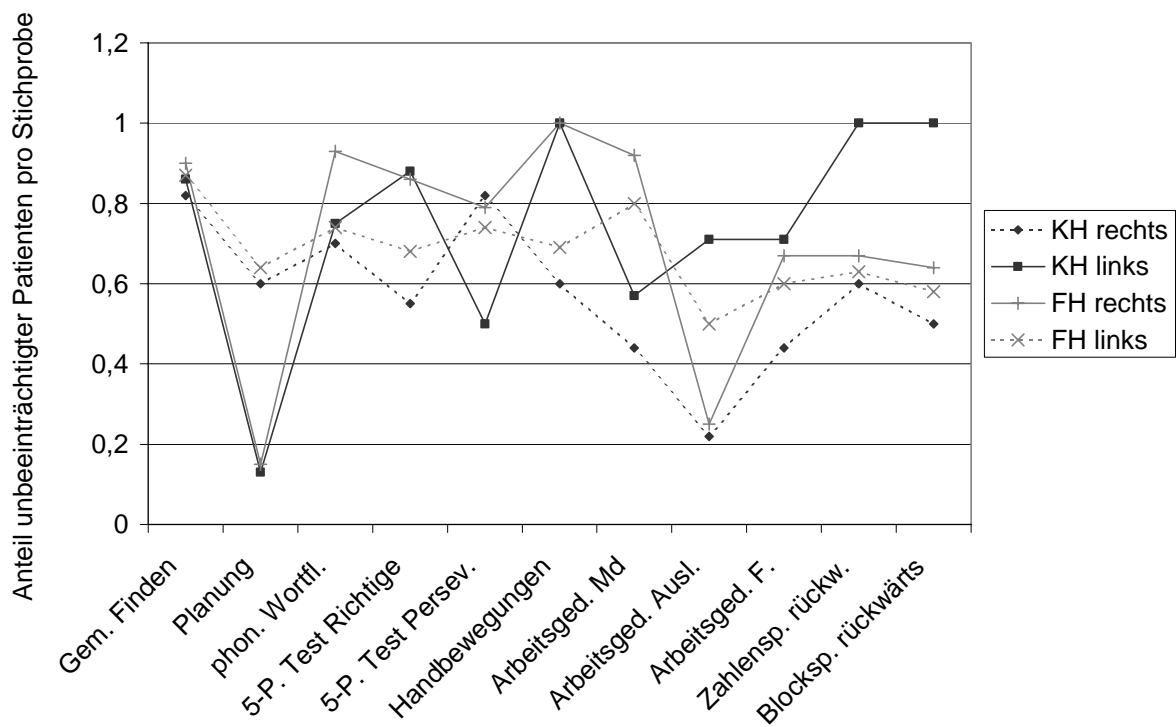


Abb. 6.5: Deskriptiver Vergleich der Patientenstichproben getrennt nach Läsionsort und -lateralität bzgl. der Tests zur Messung exekutiver Funktionen

In den Gedächtnisindizes zeigen sich bei den Patienten mit links frontaler Läsion modalitätsspezifische Ergebnisse (verbal vs. visuell), bei den Patienten mit Kleinhirnläsion hingegen schneiden nach wie vor jene mit rechtsseitiger Läsion grundsätzlich am schlechtesten ab. Im *Mosaiktest* erwiesen sich fast alle Patienten als unbeeinträchtigt (s. Abb. 6.6).

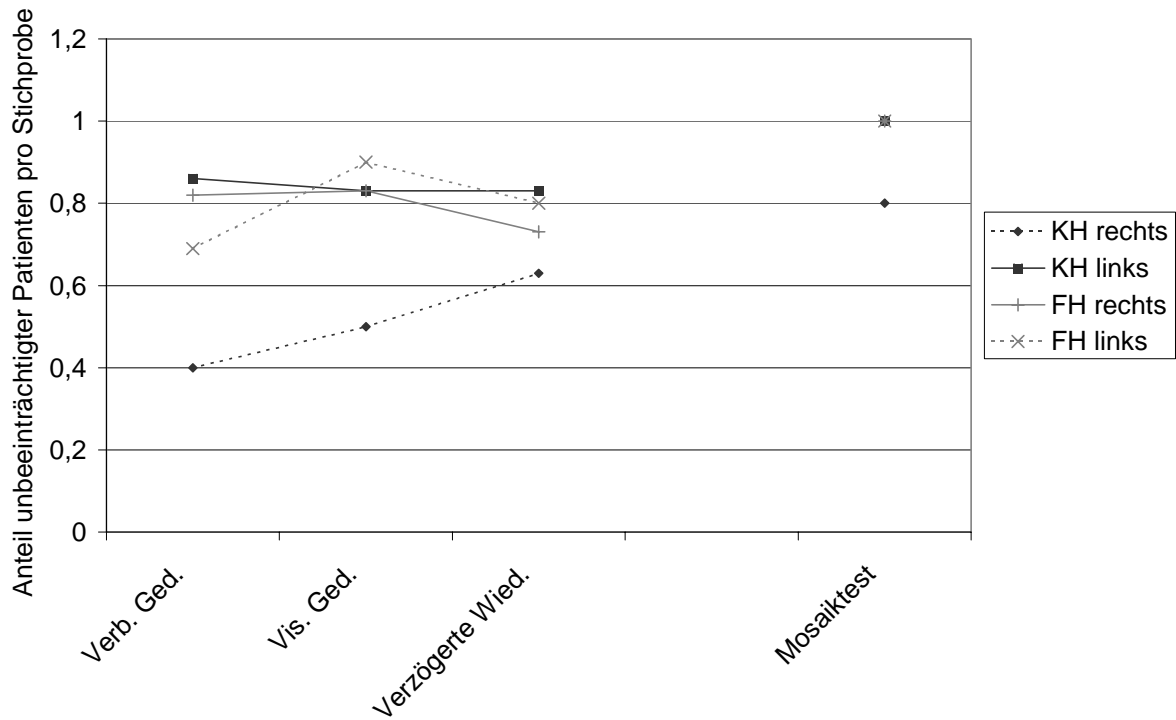


Abb. 6.6: Deskriptiver Vergleich der Patientenstichproben getrennt nach Läsionsort und –lateralität bzgl. der Gedächtnisindizes, des Mosaiktests und der Reaktionsvariabilität

6.3.3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse des Vergleichs der Patientengruppen in Abhängigkeit von der Lateralität der Läsion

Betrachtet man zusammenfassend zunächst die signifikanten Einzelvergleiche, so zeigt sich, dass die meisten auf die geringe Leistung der Patienten mit rechts cerebellärer Läsion zurückgehen und diese damit als die Gruppe mit der geringsten kognitiven Leistungsfähigkeit gelten kann (s. Tab. 6.17). Mit Ausnahme der Zahlenspanne vorwärts, in der die links frontal geschädigten Patienten am schlechtesten abschnitten, gehen alle Unterschiede auf die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion zurück. Zu welcher Gruppe der signifikante Unterschied besteht variiert; eine deutlich „beste Gruppe“ existiert nicht im selben Ausmaß. Die Testverfahren, in denen sich Gruppenunterschiede gezeigt haben, sind den Bereichen Aufmerksamkeit und Exekutivfunktionen zuzuordnen. Im Gedächtnis hingegen haben sich keine Gruppendifferenzen ergeben.

Tab. 6.17: Signifikante ($p < 0,008$) und tendenziell signifikante (t.s.: $p < 0,016$) Einzelvergleiche der Testverfahren mit signifikanten Gruppenunterschieden

Testverfahren	Signifikante Einzelvergleiche
Geteilte Aufmerksamkeit: Auslassungen	KH re < FH li
Arbeitsgedächtnis: Median der Reaktionszeiten	KH re < FH re, KH re < FH li (t.s.)
Arbeitsgedächtnis: Fehler	KH re < FH li (t.s.)
Zahlenspanne vorwärts	FH li < KH li
SD der Reaktionszeiten: Arbeitsgedächtnis	KH re < KH li, KH re < FH re
Handbewegungen	KH re < FH re

Die Tatsache, dass die Patienten mit rechtsseitiger Kleinhirnläsion relativ global die geringsten Leistungen erbracht haben, spiegelt sich auch in dem deskriptiven Profilvergleich der verschiedenen Gruppen wider. Weiterhin zeigt sich hier hypothesenkonform, dass in den meisten Testverfahren von den frontal geschädigten Patienten die Gruppe mit der linksseitigen Läsion (kontralateral im Vergleich zu der Gruppe mit rechts cerebellärer Läsion) stärker beeinträchtigt war als die mit rechtsseitiger Läsion. Eine Parallelität zwischen den Profilen der jeweils kontralateral geschädigten Patientengruppen zeigt sich allerdings lediglich in den „Fluency-Verfahren“.

7 DISKUSSION

Mit dieser Studie wurde versucht, zu der interessanten Frage einer möglichen Beteiligung des Kleinhirns an kognitiven Prozessen einen Beitrag zu leisten. Patienten mit fokalen cerebellären Läsionen wurden mit einer umfassenden Testbatterie neuropsychologisch untersucht und einer Kontrollgruppe gegenübergestellt. Alle Patienten wurden auch neurologisch untersucht. Das Vorliegen von MRT- bzw. CCT-Aufnahmen und Operationsberichten ermöglichte eine genaue Darstellung der relevanten klinischen Daten. Den Patienten wurde eine bezüglich Alter, Geschlecht und Bildung parallelisierte Kontrollgruppe gegenübergestellt.

In einer zweiten Untersuchung wurden die Patienten hinsichtlich ihrer neuropsychologischen Leistung mit einer Patientengruppe mit frontalen Läsionen verglichen. Anatomische Studien belegen die engen cerebro-cerebellären gekreuzten Verbindungen, die aller Wahrscheinlichkeit nach die Grundlage einer Beteiligung des Kleinhirns an kognitiven Prozessen darstellen (Middleton & Strick, 1997, 2001). Zudem wurden häufig Beeinträchtigungen der Exekutivfunktionen und der höheren Aufmerksamkeitsfunktionen nach Kleinhirnläsionen geschildert, die sonst vor allem nach frontalen Läsionen beobachtet werden. Einerseits ermöglicht dieser direkte Vergleich beider Patientengruppen den Vergleich der Profile kognitiver Leistungsfähigkeit. Andererseits kann eine Teilung beider Stichproben in rechts- und linksseitig geschädigte Patienten und ein Vergleich der Ergebnisse Hinweise darauf liefern, ob die Unterbrechung der gekreuzt verlaufenden cerebro-cerebellären Verbindungen als Ursache für das Schädigungsmuster in Frage kommt. In diesem Fall wäre eine Vergleichbarkeit der Leistungsprofile zwischen den jeweils kontralateral geschädigten unterschiedlichen Patientengruppen zu erwarten (rechts frontal und links cerebellär bzw. links frontal und rechts cerebellär).

Weiterhin ermöglicht der Vergleich zu dieser neuropsychologisch gut erforschten Gruppe der Patienten mit Frontalhirnläsionen eine genauere Einordnung des quantitativen Ausmaßes der Defizite nach cerebellären Läsionen.

Es folgt die Diskussion der Ergebnisse getrennt für beide Untersuchungen, dabei werden jene Störvariablen, die sich möglicherweise auf spezifische Aufgaben ausgewirkt haben an entsprechender Stelle diskutiert. Im Anschluss folgt die Diskussion der allgemeineren Störvariablen. Die Arbeit schließt mit einer zusammenfassenden Diskussion der Ergebnisse.

7.1 Diskussion der Ergebnisse

7.1.1 Neuropsychologische Defizite nach fokalen Kleinhirnläsionen (1. Untersuchung)

Der Vergleich der Patienten mit Kleinhirnläsionen mit der parallelisierten Kontrollstichprobe hat insgesamt deutliche kognitive Defizite der Patienten gezeigt. Die Diskussion dieser Ergebnisse erfolgt zunächst getrennt nach den neuropsychologischen Funktionsgebieten.

Aufmerksamkeitsfunktionen

Hypothese: Patienten mit Kleinhirnläsionen sind in ihrer Aufmerksamkeitsleistung im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden beeinträchtigt.

Bei der Überprüfung der Aufmerksamkeitsfunktionen hat sich gezeigt, dass die Defizite mit steigenden kognitiven Anforderungen zunehmen. So erwiesen sich die Patienten in den durchgeführten einfacheren Aufmerksamkeitstests wie den direkten Merkspannen und der selektiven Aufmerksamkeit als noch unbeeinträchtigt, in der komplexen und schwierigen Aufgabe der geteilten Aufmerksamkeit hingegen zeigten sich massive Defizite, die vor allem qualitative Aspekte betrafen (Auslassungen kritischer Reize) nicht aber die Reaktionsgeschwindigkeiten. Weiterhin wurde eine deutlich erhöhte Aufmerksamkeitschwankung durch die Standardabweichung der Reaktionszeiten nachgewiesen. Insgesamt konnte die Hypothese der Beeinträchtigung von Aufmerksamkeitsfunktionen nach Kleinhirnläsionen bestätigt werden.

Hinweise auf die Relevanz des Kleinhirns für Aufmerksamkeitsprozesse stammen neben Läsionsstudien aus Studien mit ADHS-Patienten (Berquin et al., 1998; Mostovski et al., 1998; Castellanos et al., 2001) und mit autistischen Patienten (Ciesilski et al.; 1990, Harris et al., 1999; Townsend et al., 1999; Townsend et al., 2001). Auf der Basis morphologischer Auffälligkeiten wurde bei ADHS-Patienten ein frontal subcortikales Netzwerk vermutet, das die exekutiven Aufmerksamkeitsprozesse unterstützt. Diese Annahme steht in sofern im Einklang mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie als sich die Unterbrechung dieses Netzwerkes beeinträchtigend auf die geteilte Aufmerksamkeit ausgewirkt hat. Aufgrund der erforderlichen willentlichen Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf die verschiedenen Aufgabenaspekte kann diese Aufgabe durchaus als „exekutiv“ gelten. Bei einer massiven Beeinträchtigung exekutiver Aufmerksamkeitsprozesse wäre auch eine Störung der selektiven Aufmerksamkeit zu erwarten gewesen. Da sich keine solche Störung gezeigt hat, scheint sich die Unterbrechung des Netzwerkes auf lokal cerebellärer Ebene nur in Aufgaben mit hohem Schwierigkeitsgrad auf die höheren Aufmerksamkeitsfunktionen ausgewirkt zu haben.

Sowohl die Beeinträchtigung der geteilten Aufmerksamkeit als auch die erhöhte Variabilität in der Reaktionsgeschwindigkeit bestätigen die von Courchesne & Allen postulierte Theorie der planenden und vorbereitenden Rolle des Kleinhirns (Courchesne & Allen, 1997). Dieser Annahme zufolge führen Läsionen des Kleinhirns zu einer sub-optimalen erhöhten Variabilität der Reaktionen. Ist das gesunde Kleinhirn für die „Glättung“ und Optimierung der Informationsverarbeitung verantwortlich, führen Läsionen desselben zwar nicht zu einem Zusammenbruch einzelner Funktionsgebiete doch zu einer Funktionsbeeinträchtigung. Aufgaben die z.B. eine gleichmäßige, optimale Reaktionsgeschwindigkeit erfordern oder gar einen schnellen Wechsel zwischen verschiedenen Modalitäten sollten daher in besonderem Maße beeinträchtigt sein. Die zu erwartenden Defizite der Patienten konnten daher eindeutig bestätigt werden.

Im Nachhinein betrachtet wäre auch die Untersuchung der „Alertness“ der Patienten sehr interessant gewesen. Schwankungen in der tonischen und in der phasischen Alertness hätten die Ergebnisse der erhöhten Reaktionsvariabilität zusätzlich untermauert und wären daher in zukünftigen Studien wert untersucht zu werden.

Die Möglichkeit, dass die beobachteten signifikanten Gruppenunterschiede auf motorische Beeinträchtigungen der Patienten mit Kleinhirnläsionen zurückzuführen sind, ist äußerst unwahrscheinlich. Bereits Allen et al. (1997) konnten mittels fMRT nachweisen, dass Aufmerksamkeitsaspekte und motorische Aspekte einer Aufgabe unterschiedliche Bereiche des Kleinhirns aktivieren. In der vorliegenden Studie waren zum einen die beobachteten motorischen Defizite zwar im Purdue Pegboard Test nachweisbar, im Untersuchungskontext gesehen waren sie jedoch nur von geringer Ausprägung. Zum anderen – und dies ist weitaus entscheidender – wurden die deutlichsten Defizite auf qualitativer Ebene nachgewiesen und nicht auf Reaktionszeitebene. Hätten hier generelle Defizite bestanden, so hätten sich diese vor allem im Go / NoGo Test als dem Test mit den insgesamt kürzesten Reaktionszeiten auswirken müssen. Gerade in diesem Test hat sich aber im Median der Reaktionszeiten kein Gruppenunterschied ergeben. Die beobachteten Defizite sind daher nicht durch die leichten motorischen Einschränkungen zu erklären.

Exekutivfunktionen

Hypothese: Patienten mit Kleinhirnläsionen sind bzgl. der Exekutivfunktionen im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden beeinträchtigt.

Die Annahme, dass sich nach Kleinhirnläsionen Defizite in den Exekutivfunktionen zeigen, basiert auf den nachgewiesenen engen Verbindungen zwischen Frontalhirn und Kleinhirn. Weiterhin legt die integrative Rolle, die dem Kleinhirn aufgrund der hohen Rate der cerebel-

lären Afferenzen zugewiesen wird eine Störung der kognitiv komplexen Exekutivfunktionen, die die Verknüpfung verschiedenster Informationen beinhalten, nahe.

In der vorliegenden Studie konnte eine solche Störung nach Läsionen des Kleinhirns nachgewiesen werden. Am deutlichsten zeigte sich die Beeinträchtigung in den „Fluency“-Verfahren. Unabhängig von der Modalität zeigten die Patienten einen deutlich reduzierten Produktionsfluss. Defizite im kognitiv sehr anspruchsvollen Arbeitsgedächtnis und in der verbalen Abstraktionsfähigkeit kamen hinzu. Eine verringerte visuell-räumliche Planungsleistung oder eine erhöhte Perseverationstendenz konnten hingegen nicht nachgewiesen werden.

Die Einschränkungen in der Wortflüssigkeit stehen in Einklang mit der Literatur, sowohl in Läsionsstudien (Neau et al., 2000; Vokaer et al., 2002; Riva & Giorgi, 2000; Levisohn et al., 2000; Leggio et al., 2000) als auch in Studien mit bildgebenden Verfahren (Petersen et al., 1989; Hubrich-Ungureanu et al., 2002) wurde die diesbezügliche Rolle des Kleinhirns nachgewiesen. Hinweise darauf, dass die phonematische Wortflüssigkeit in stärkerem Ausmaß beeinträchtigt ist als die semantische (Molinari et al., 1997), konnten in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden; in beiden Verfahren erwiesen sich die Gruppenunterschiede als hoch signifikant. Nur bei wenigen Patienten wurde eine sehr leichte Dysarthrie festgestellt. Eine leichte dysarthrische Symptomatik kann das Ausmaß und das Profil der beobachteten Defizite – die verringerte „Fluency“ wurde modalitätsübergreifend festgestellt – nicht erklären. Zudem konnten Leggio et al. (2000) durch das Einführen eines Dysarthriescores als Kovariate nachweisen, dass die Beeinträchtigung der Wortflüssigkeit bei Patienten mit cerebellärer Läsion nicht durch das Ausmaß der Dysarthrie bedingt war.

In der modalitätsunspezifischen verringerten „Fluency-Leistung“ scheint sich die von Schmahmann & Sherman postulierte „dysmetria of thought“ widerzuspiegeln (Schmahmann & Sherman, 1998, Schmahmann, 2001). Äußert sich eine motorische Dysmetrie in zuviel oder zuwenig Kraft und somit in zu kurzen oder überschießenden Bewegungen, so wird hier auch in kognitiver Hinsicht (wie bereits in der erhöhten Schwankungsbreite der Aufmerksamkeitsleistung) die ungleichmäßige wenig flüssige Leistungsfähigkeit deutlich. Die Defizite umfassen jedoch nicht das gesamte Spektrum der überprüften Exekutivfunktionen. Diese Tatsache wird an späterer Stelle im Rahmen der Diskussion der Ergebnisse im Vergleich zu den frontal geschädigten Patienten wieder aufgegriffen werden.

Weiterhin erinnert die modalitätsunspezifische verringerte Produktivität, wenn auch in sehr viel geringerem Ausmaß, an das bei Kindern in seltenen Fällen postoperativ nach Vermissspaltung auftretende „posterior fossa syndrome“ (Pollack, 1997). Das Syndrom ist durch einen transienten Mutismus sowie durch eine Störung der Initiierung sämtlicher Aktivitäten gekennzeichnet und ist somit sicher nicht nur im Zusammenhang mit Sprachstörungen sondern auch mit Störungen der Exekutivfunktionen zu sehen. Diese Überlegung muss an dieser Stelle

sehr hypothetisch bleiben, kann jedoch zur allgemeinen Diskussion der Funktion des Kleinhirns einen Beitrag leisten.

Gedächtnis

Hypothese: Patienten mit Kleinhirnläsionen sind in ihrer Gedächtnisleistung im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden beeinträchtigt. Dabei ist die Gedächtnisleistung in wenig strukturierten „effortful memory“ Aufgaben besonders betroffen.

In der Überprüfung des Gedächtnisses schnitten die Patienten ebenfalls deutlich schlechter ab als die Kontrollprobanden. Insgesamt erwiesen sich die Defizite, die Hypothese bestätigend, in den eher unstrukturierten Aufgaben, die auch als „effortful“ bezeichnet werden können als besonders ausgeprägt. Weiterhin zeigte sich die visuell-räumliche Modalität als stärker beeinträchtigt als die verbale. Eine Ausnahme bildete die Recall-Bedingung der Rey-Osterrieth Figur, die eine vergleichsweise unstrukturierte visuell-räumliche Gedächtnisaufgabe darstellt, aber zu keinem signifikanten Gruppenunterschied führte (tendenziell signifikant). Insgesamt lassen sich die Ergebnisse der Gedächtnisaufgaben weniger eindeutig interpretieren und in den gegenwärtigen Stand der Literatur einordnen.

Appollonio et al. (1993) interpretieren Einschränkungen der Gedächtnisleistung nach Kleinhirnläsionen als sekundär aufgrund einer exekutiven Störung. In dem Maße, in dem die Gedächtnisaufgaben Anstrengung, Motivation und Initiative („effort“) erforderten, nahm die Leistung der Patienten ab. Ähnliches gilt auch in der vorliegenden Stichprobe. In den Paarlernaufgaben, in denen eine konkrete direkt vorgegebene Antwort erforderlich war, erwiesen sich die Patienten als unbeeinträchtigt. In den Aufgaben jedoch, die weniger strukturiert waren und in denen ein gutes Ergebnis von der Motivation bzw. der Fähigkeit das Vorgegebene möglichst ausführlich und genau wiederzugeben abhängig ist, zeigten sich deutliche Defizite. Da sich die Aufmerksamkeitsdefizite auf die höheren Aufmerksamkeitsfunktionen beschränken, scheint es unwahrscheinlich die Einschränkungen in den Gedächtnistests auf eine basale Störung der Aufmerksamkeit zurückzuführen. Es scheint sich jedoch nicht um eine reine Gedächtnisstörung zu handeln, sondern vielmehr um eine mangelnde eigene Strukturgebung und Initiative, also um Fähigkeiten, die den Exekutivfunktionen zuzuordnen sind. Möglicherweise kann in diesem Zusammenhang auch die unbeeinträchtigte Leistung der Recall-Bedingung der Rey-Osterrieth Figur interpretiert werden. Beim Abzeichnen dieser Figur wird dem Probanden nicht mitgeteilt, dass an späterer Stelle ein Abruf erfolgen soll; ein bewusstes, strategisches „sich die Figur merken“ findet daher nicht statt. Vielmehr handelt es sich bei dem verzögerten Abruf um die Erfassung einer automatischen Gedächtnisleistung. Hinsichtlich dieser von planerischen und motivationalen bewussten Vorgängen unabhängigen automatischen Gedächtnisfunktion erwiesen sich die Patienten als weitgehend unbeeinträchtigt.

Insgesamt ist in der vorliegenden Stichprobe die visuelle Modalität eindeutig stärker von Einschränkungen betroffen als die verbale. Schmahmann und Sherman (1998) berichten zwar von visuell-räumlichen Defiziten, in ihrer Studie zeigten sich jedoch stärkere Defizite im verbalen als im visuellen Gedächtnis; insgesamt wird die Gedächtnisproblematik nicht als im Vordergrund stehend betrachtet. Der mögliche Einwand, dass motorische Defizite die Leistung im visuellen Gedächtnis beeinträchtigt haben, erscheint außer Frage, da es sich um sehr einfache Zeichnungen handelt (Visuelle Wiedergabe), die zudem nicht unter Zeitdruck ausgeführt werden mussten. Gegen die Möglichkeit einer ausgeprägten Störung der visuellen Wahrnehmung spricht die Tatsache, dass keine signifikante Beeinträchtigung in der Copy-Leistung der Rey-Osterrieth Figur festgestellt wurde (s.u.), ausgeschlossen werden kann sie jedoch nicht. Für zukünftige Studien scheint daher eine genauere Erfassung der visuellen Wahrnehmung, möglicherweise in Zusammenhang mit einer Beeinträchtigung der Okulomotorik ratsam. Eine Erklärung dieser modalitätsabhängigen Differenz in den Gedächtnisleistungen auf der Basis der vorliegenden Ergebnisse scheint an dieser Stelle nicht möglich.

Visuell-räumliche Funktionen

Hypothese: Patienten mit Kleinhirnläsionen sind bzgl. visuell-räumlicher Funktionen im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden beeinträchtigt.

Im Rückblick betrachtet ist die Überprüfung visuell-räumlicher Fähigkeiten weniger ausführlich ausgefallen, was die Interpretation der Ergebnisse einschränkt. Die Patienten haben sich im Mosaiktest als deutlich beeinträchtigt erwiesen, in der Copy-Bedingung der Rey-Osterrieth Figur hingegen hat sich kein signifikanter Gruppenunterschied gezeigt (tendenziell signifikant).

Die in der Literatur häufig berichteten Defizite von Patienten mit Kleinhirnläsionen hinsichtlich ihrer visuo-konstruktiven Fähigkeiten gemessen durch die Rey-Osterrieth Figur (Schmahmann & Sherman, 1998; Neau et al., 2000; Riva & Giorgi, 2000; Levisohn et al., 2000) konnten in dieser Studie nicht repliziert werden. Zwar kann eine leicht ausgeprägte Störung in der visuellen Wahrnehmung oder auch eine leichte visuo-konstruktive Störung nicht ausgeschlossen werden (tendenziell signifikantes Ergebnis), ein eindeutiges Ergebnis zeigte sich diesbezüglich jedoch nicht. In zukünftigen Studien könnte eine genauere Überprüfung der visuellen Wahrnehmung z.B. mittels Untertests aus der Testbatterie für visuelle Objekt- und Raumwahrnehmung (VOSP, Beckers & Canavan, 1992) aufschlussreich sein.

Im Mosaiktest kommen zu der Fähigkeit Formen wahrzunehmen und sie zu analysieren Anforderungen an das problemlösende Denken sowie ein erhöhter Schwierigkeitsgrad durch die Zeitkomponente hinzu. Eine beeinträchtigte Problemlösefähigkeit von Patienten mit Kleinhirnläsionen wurde bereits von Grafman et al. (1992) nachgewiesen. Analog zu den bereits

beschriebenen Exekutivfunktionen scheint sich hier erneut zu zeigen, dass Patienten mit cerebellären Läsionen vor allem in solchen Tests Schwierigkeiten aufweisen, die die Verknüpfung verschiedener Fähigkeiten erfordern. Führen eher eindimensionale Aufgaben wie das Abzeichnen der Rey-Osterrieth Figur zu sehr geringen Beeinträchtigungen, so zeigen sich in komplexeren Aufgaben wie dem Mosaiktest massive Defizite.

Es erscheint unwahrscheinlich, dass die Ergebnisse allein auf motorische Schwierigkeiten zurückzuführen sind. Zwar kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich motorische Einschränkungen gerade im Mosaiktest als Speed-Test zusätzlich negativ ausgewirkt haben, doch die tendenziellen Schwierigkeiten in der Rey-Osterrieth Figur als zeitlich ungebundenem Verfahren sind darauf nicht zurückführbar. Diese leichten Defizite sind vielmehr in Zusammenhang mit möglichen leichten Defiziten in der visuellen Wahrnehmung zu sehen. Wie bereits angedeutet wurde die visuelle Wahrnehmung in dieser Studie nicht genau überprüft, leichte diesbezügliche Einschränkungen können daher nicht ausgeschlossen werden.

Zusammenfassung

Im Vergleich zu der Kontrollstichprobe haben die Patienten mit Kleinhirnläsionen in verschiedenen neuropsychologischen Funktionsbereichen deutliche Defizite gezeigt. Die Defizite der höheren Aufmerksamkeitsfunktionen sowie der allgemeinen „Fluency“ können auf der Basis der Theorien von Schmahmann & Sherman (1998) und Courchesne & Allen (1997) interpretiert werden. Auch die erwiesene erhöhte Schwankungsbreite in den Reaktionen weist auf die postulierte „dysmetria of thought“ hin. Die Ergebnisse bzgl. des Gedächtnisses und der visuell-räumlichen Funktionen sind insgesamt weniger eindeutig, nicht zuletzt da eine leichte Störung der visuellen Wahrnehmung nicht ausgeschlossen werden konnte. Die geringen Leistungen in den Gedächtnisaufgaben werden eher als sekundär zu einer Störung der Exekutivfunktionen interpretiert. Weiterhin hat sich gezeigt – und auch hinsichtlich der visuell-räumlichen Funktionen bestätigt – dass die Patienten vor allem in komplexen, mehrere Funktionen beanspruchenden Aufgaben beeinträchtigt waren, während die Defizite in eher eindimensionalen Tests nur in geringem Ausmass bis gar nicht auftraten. Diese Tatsache weist eindeutig auf die integrative, Funktionsbereiche verknüpfende Rolle des Kleinhirns hin.

7.1.2 Lateralisierung sprachlicher und nicht-sprachlicher Funktionen bei Patienten mit unilateraler Kleinhirnläsion (1. Untersuchung)

Zur Untersuchung der beiden Hypothesen bezüglich der Lateralisierung sprachlicher und nicht-sprachlicher Funktionen, wurden die beiden Patientengruppen getrennt voneinander mit den jeweiligen Kontrollprobanden verglichen.

Sprachliche Funktionen

Hypothese: Patienten mit rechts cerebellärer Läsion sind in sprachlichen Funktionsbereichen stärker beeinträchtigt als Patienten mit links cerebellärer Läsion.

Die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion haben sich mit Ausnahme der auditiven Merkspanne in allen direkt sprachgebundenen Testverfahren im Vergleich zur Kontrollgruppe als beeinträchtigt erwiesen. Neben der Wortflüssigkeit und der verbalen Abstraktionsfähigkeit umfasst diese Beeinträchtigung auch das verbale Gedächtnis, für das sich beim Vergleich zwischen der gesamten Patientengruppe und der Kontrollgruppe kein Unterschied ergeben hatte. Trotz geringerer Stichprobengröße (und daraus folgender geringerer Power) haben sich in dieser selektierten Stichprobe hoch signifikante Ergebnisse gezeigt, was auf eine im Vergleich zur Gesamtstichprobe höhere Effektstärke hinweist.

Die Überprüfung der sprachgebundenen Testverfahren für die links cerebellär geschädigte Patientengruppe hat zu keinem signifikanten Ergebnissen geführt.

Die Annahme, dass sich rechts cerebelläre Läsionen in stärkerem Ausmaß auf sprachliche Funktionen auswirken basiert auf der Tatsache, dass die funktionell-anatomischen Verbindungen zwischen Cerebellum und Cerebrum gekreuzt verlaufen (z.B. Middleton & Strick, 1997, 2001). Die das Cerebellum erreichenden corticalen Efferenzen stammen damit aus der linken bei weitaus den meisten Menschen für die Sprachverarbeitung dominanten Hemisphäre. In mit bildgebenden Verfahren arbeitenden Studien konnte die rechts cerebellär betonte Aktivität bei sprachlichen Aufgaben belegt werden (z.B. Petersen et al., 1989; Hubrich-Ungureanu et al., 2002). Weiterhin wurde nach rechts cerebellärem Infarkt mittels SPECT eine links cerebrale Hypoperfusion nachgewiesen (Mariën et al., 1996, 2000). Bei Läsionspatienten konnten bisher nur Riva et al. (2000) bei Kindern einen Zusammenhang zwischen der Lateralität der Läsion und sprachlichen bzw. nicht-sprachlichen Funktionen nachweisen.

Mit der vorliegenden Studie ist es nun erneut gelungen zu zeigen, dass die rechts cerebelläre Hemisphäre einen Beitrag zur Sprache leistet. Der Unterschied zwischen den beiden unilateral geschädigten Gruppen weist zudem erneut darauf hin, dass die sprachlichen Schwierigkeiten nicht durch eine mögliche zusätzliche dysarthrische Störung zu erklären sind. Das an dieser Stelle eindeutige Ergebnis wird jedoch dadurch geschmälert, dass sich die Patienten mit

rechts cerebellärer Läsion insgesamt als stärker beeinträchtigt erwiesen, als die mit linksseitiger Läsion. Diese Tatsache wird im folgenden weiter diskutiert und zudem in dem Vergleich zu den frontal geschädigten Patienten wieder aufgegriffen.

Nicht-sprachliche Funktionen

Hypothese: Patienten mit links cerebellärer Läsion sind in nicht-sprachlichen Funktionsbereichen stärker beeinträchtigt als Patienten mit rechts cerebellärer Läsion.

Hatten die links cerebellär geschädigten Patienten in den sprachgebundenen Verfahren keinerlei Defizite gezeigt, so erwiesen sie sich in den nicht-sprachlichen Verfahren sowohl im visuellen Gedächtnis als auch in der Planung der Rey-Osterrieth Figur als beeinträchtigt. Diese Aufgaben stellen nur zwei der sieben als nicht-sprachlich ausgewählte Parameter dar. Beim Vergleich der Gesamtstichprobe hatte sich hinsichtlich der visuell-räumlichen Planungsfähigkeit kein Gruppenunterschied ergeben, so dass es sich hier um ein für die linksseitig geschädigten Patienten spezifisches Defizit zu handeln scheint.

Die Stichprobe der rechts cerebellär geschädigten Patienten zeigte zusätzlich zu einem Defizit im visuellen Gedächtnis signifikante Einschränkungen im Mosaiktest und in der Anzahl der produzierten Figuren im Fünf-Punkte-Test (tendenziell signifikant: Blockspanne rückwärts und Rey-Osterrieth Figur Copy). Insgesamt erwiesen sich die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion also entgegen der Hypothese auch in den nicht-sprachlichen Testverfahren als stärker beeinträchtigt als die Patienten mit links cerebellärer Läsion.

Beide Gruppen wurden jeweils mit den parallelisierten Kontrollgruppen verglichen, so dass mögliche Altersunterschiede keine Relevanz haben können. Hinsichtlich der Ausprägung der klinischen Variablen besteht auf deskriptiver Ebene kein Unterschied zwischen beiden Gruppen, der die Differenzen in der kognitiven Leistungsfähigkeit erklären könnte.

Die Hypothese hinsichtlich der Lateralisierung nicht-sprachlicher Funktionen konnte nicht bestätigt werden. Insgesamt sind in der Erforschung des Kleinhirns die visuell-räumlichen Funktionen sicher weniger gut untersucht als die sprachlichen. Dies mag z.T. auch mit der erschwerten Umsetzbarkeit der Aufgaben in Paradigmen für bildgebende Studien zusammenhängen. Fest steht, dass nicht-sprachliche Funktionen – wie die Bezeichnung zeigt – weniger dadurch gekennzeichnet sind, dass sie einem spezifischen Funktionsbereich zugeschrieben werden, als dass sie eben nicht direkt sprachgebunden sind. Sie stellen keinen einheitlichen Funktionsbereich dar und sind daher vermutlich hinsichtlich einer möglichen Lateralisierung weniger leicht einzuordnen. Weiterhin lässt sich nicht bestreiten, dass Defizite im visuell-räumlichen Bereich z.T. mit Hilfe von verbalen Strategien ausgeglichen oder zumindest vermindert werden können. Ein Ausgleich sprachlicher Defizite in sprachgebundenen Tests ist hingegen schwer vorstellbar.

Wie sich in den Ergebnissen der Gruppenvergleiche unilateral cerebellär und frontal geschädigter Patienten gezeigt hat, erwiesen sich die rechts cerebellär geschädigten Patienten insgesamt als besonders stark beeinträchtigt. Dies gilt auch in motorischer Hinsicht. Die diesbezügliche Diskussion wird im Rahmen eben jenes Gruppenvergleiches erfolgen (7.1.5 Vergleich der neuropsychologischen Leistungsprofile in Abhängigkeit von der Lateralität der Läsion), während an dieser Stelle die Funktionslateralisierung im Vordergrund steht.

Zusammenfassung

Die Hypothesen zur cerebellären Lateralisierung sprachlicher und nicht-sprachlicher Funktionen konnten nicht eindeutig bestätigt werden. Die rechts cerebellär geschädigten Patienten erwiesen sich insgesamt – auch in nicht-sprachlichen Funktionen – in mehr Aufgaben als beeinträchtigt als die Patienten mit links cerebellärer Läsion. Es fällt jedoch auf, dass die linksseitig geschädigten Patienten nur in nicht-sprachlichen Funktionen Beeinträchtigungen zeigten. Unterschiede im Leistungsprofil beider Stichproben sind daher nicht von der Hand zu weisen. Erklärungsansätze liegen in der geringeren Lateralisierung der weniger einheitlichen nicht-sprachlichen Aufgaben sowie in der möglichen Kompensation visuell-räumlicher Defizite durch Verbalisierung. Eine erschöpfende Erklärung erscheint jedoch bisher nicht möglich.

7.1.3 Neuropsychologische Defizite nach Läsionen des Frontalhirns (2. Untersuchung)

Die Untersuchung der Patienten mit frontalen Läsionen steht nicht im Mittelpunkt dieser Studie. Sie dient vielmehr dem im Anschluss erfolgenden Vergleich zu den cerebellär geschädigten Patienten. Patienten mit frontalen Läsionen stellen insgesamt eine gut untersuchte Patientengruppe dar, deren neuropsychologische Defizite weitgehend unbestritten sind. So gelten eine exekutive Dysfunktion oder auch spezifische Defizite in höheren Aufmerksamkeitsfunktionen als typischerweise „frontalhirn-assoziiert“, hinzu kommen häufig Veränderungen der Persönlichkeit in inhibitorischer oder auch disinhibitorischer Richtung. Ziel des Vergleichs zwischen den Patienten mit frontaler Läsion und der Kontrollstichprobe war es, festzustellen, ob diese Patientenstichprobe die in der Literatur als typisch beschriebenen Defizite aufweist und damit als adäquate Vergleichsstichprobe für die Patienten mit cerebellärer Läsion dienen kann.

Fragestellung: Zu welchen Defiziten führen Frontalhirnläsionen?

Die Patienten mit frontalen Läsionen waren im Mittel jünger als die Kontrollgruppe. Weiterhin verfügten sie im Vergleich über eine geringere prämorbid Intelligenz. Dies schränkt die

Interpretierbarkeit der Ergebnisse etwas ein. Um den Alterseffekt gering zu halten, wurden für die entsprechenden Gruppenvergleiche fast ausnahmslos Testverfahren verwendet, für die altersdifferenzierte Normen vorlagen, so dass dieser Effekt vernachlässigt werden kann. Hinsichtlich der prämorbidem Intelligenz bleibt zu beachten, dass zwischen den beiden Patientengruppen kein signifikanter Unterschied besteht, so dass die entsprechenden Ergebnisse uneingeschränkt interpretiert werden können (s. Punkte 7.1.4 Vergleich neuropsychologischer Leistungsprofile nach cerebellären bzw. frontalen Läsionen und 7.1.5 Vergleich der neuropsychologischen Leistungsprofile in Abhängigkeit von der Lateralität der Läsion). Eine durch den AAT (Untertests: Token Test, Benennen, Schriftsprache) nachweisbare Aphasie zum Untersuchungszeitpunkt bestand bei keinem der Patienten.

In den Verfahren zur Überprüfung der Aufmerksamkeit zeigten die Patienten mit frontalen Läsionen im Vergleich zu den Kontrollprobanden deutliche Defizite in der qualitativen Komponente der geteilten Aufmerksamkeit (Auslassungen) sowie in der auditiven Merkspanne. Die Einschränkungen in der Fähigkeit des „multi-tasking“, die sich in der geteilten Aufmerksamkeit zeigten, entsprechen den Angaben in der Literatur (z.B. Karnath & Kammer, 2003; Ullsperger & von Cramon, 2003). Die Schwäche in der auditiven Merkspanne ist weniger leicht zu interpretieren. Läge ein grundlegendes Aufmerksamkeitsdefizit vor, so hätte sich dieses auch in der selektiven Aufmerksamkeit zeigen müssen. Ob eine leichte Störung der Sprachverarbeitung vorliegt, wird in der in diesem Abschnitt folgenden Zusammenfassung diskutiert.

Wie erwartet sind die Exekutivfunktionen bei den Patienten in deutlichem Ausmaß beeinträchtigt. Vor allem in den sprachgebundenen Tests zeigten sich Defizite, diese umfassen die verbale Abstraktionsfähigkeit, die Wortflüssigkeit und das Arbeitsgedächtnis, doch auch die visuell-räumliche Planungsfähigkeit sowie die Produktionsmenge in der figuralen Flüssigkeit sind betroffen. Eine erhöhte Perseverationsneigung konnte nicht festgestellt werden, ebenso wenig liegen Defizite in der motorischen „Fluency“ oder im visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnis vor. Insgesamt ist die Tatsache, dass sich die Patienten in ca. 2/3 der Testverfahren zu exekutiven Funktionen als beeinträchtigt erwiesen durchaus erwartungsgemäß. Bedenkt man, dass die Patientenstichprobe zudem im Mittel jünger ist als die Kontrollprobanden aber trotzdem z.B. in der visuell-räumlichen Planungsfähigkeit für die keine altersdifferenzierten Normen vorliegen schlechter abgeschnitten hat, so unterstreicht das die Defizite.

Im Gedächtnis haben sich im direkten Abruf sowohl auf verbaler als auch auf visueller Ebene Gruppenunterschiede zugunsten der Kontrollprobanden ergeben. Im mittelfristigen Gedächtnis bestand jedoch kein Unterschied. Letzteres belegt, dass kein direktes Gedächtnisdefizit im Sinne einer Enkodierungs- oder Abrufstörung vorliegt. Vielmehr ist erneut von einer Auswirkung der exekutiven Defizite auf den direkten Abruf auszugehen, wenn diese auch erstaunlich stark ausfällt.

Im Mosaiktest wurde kein Gruppenunterschied festgestellt. Visuell-räumliche Defizite werden bei Patienten mit frontalen Läsionen zwar nicht per se berichtet, aufgrund der kognitiv sehr anspruchsvollen Aufgabe und den hohen Anforderungen an das problemlösende Denken wären Defizite jedoch durchaus zu erwarten gewesen. Die Frage warum sich die exekutiven Defizite in dieser Aufgabe nicht ausgewirkt haben, bleibt daher zunächst offen.

Zusammenfassung

Zusammenfassend hat die Stichprobe der Patienten mit frontalen Läsionen größtenteils typische frontallhirn-assoziierte Defizite gezeigt und kann daher als Vergleichsstichprobe für die Patienten mit Kleinhirnläsionen gelten. Zu den hypothesenkonformen Einschränkungen gehören die Defizite in den Exekutivfunktionen und in der geteilten Aufmerksamkeit. Auch die beeinträchtigte Leistung im direkten Abruf der Gedächtnisaufgaben ist vermutlich eher auf exekutive Defizite zurückzuführen, im mittelfristigen Gedächtnis war kein Defizit mehr nachweisbar. Insgesamt erwiesen sich die Patienten in sprachgebundenen Aufgaben als in stärkerem Ausmaß beeinträchtigt als in den visuell-räumlichen. Bei dem Vergleich der unilateral rechts- und linksseitig geschädigten Patienten sollte daher beachtet werden, ob diese Defizite auch bei Patienten mit rechts frontaler Läsion auftreten oder ob sich leichte Defizite in der Sprachverarbeitung bei links frontal geschädigten Patienten generell ausgewirkt haben.

Das Muster der Defizite scheint nicht durch die nachgewiesene geringere prämorbid Intelligenz der Patienten erklärbar zu sein. Die Altersdifferenz zwischen beiden Stichproben ist insofern zu vernachlässigen, als bei den meisten Aufgaben altersdifferenzierte Normen den Berechnungen zugrunde liegen, zudem wäre bei der im Mittel jüngeren Patientenstichprobe prinzipiell eher eine bessere als eine schlechtere Leistung zu erwarten gewesen.

7.1.4 Vergleich neuropsychologischer Leistungsprofile nach cerebellären bzw. frontalen Läsionen (2. Untersuchung)

Der Vergleich der Patienten mit cerebellärer Läsion mit den frontal geschädigten Patienten soll Hinweise darauf liefern ob die neuropsychologische Leistung nach beiden Läsionsorten Parallelen im Profil aufweist. Zwar werden in der Literatur an verschiedener Stelle bei Patienten mit Kleinhirnläsionen kognitive Leistungseinbußen beschrieben, die im Allgemeinen als frontallhirn-assoziiert gelten, ein direkter Vergleich beider Patientengruppen wurde bisher jedoch nicht durchgeführt.

Fragestellung: Welche Unterschiede bestehen zwischen dem Leistungsprofil nach Frontallhirnläsionen und dem nach Kleinhirnläsionen?

Im Ergebnisteil wurden die Differenzen beider Patientengruppen jeweils zur Kontrollgruppe gegenübergestellt, bei Hinweisen auf Unterschiede wurde die Gleichheitshypothese (Nullhypothese) zwischen den Patientengruppen direkt überprüft. Weiterhin wurde deskriptiv dargestellt, wieviel Prozent einer jeden Stichprobe in den einzelnen Testverfahren als beeinträchtigt eingestuft wurden. Letzteres dient über die bessere Veranschaulichung hinaus einem Vergleich hinsichtlich der klinischen Relevanz der Defizite der beiden Patientengruppen.

Die Hypothese der Gleichheit zwischen beiden Patientengruppen konnte nur für knapp die Hälfte der Testverfahren beibehalten werden. Verworfen wurde sie für die geteilte Aufmerksamkeit, die Reaktionsgeschwindigkeit im Arbeitsgedächtnis, die Standardabweichungen der Reaktionszeiten, die auditive Merkspanne, Handbewegungen und den Mosaiktest. Mit Ausnahme der auditiven Merkspanne schnitten in all diesen Aufgaben die Patienten mit Kleinhirnläsionen schlechter ab als die mit frontalen Läsionen. Auch im Vergleich zwischen Patientengruppen und Kontrollgruppe erwiesen sich die Patienten mit Kleinhirnläsionen in insgesamt mehr Tests als beeinträchtigt (14 von 24 Vergleichen) als die Patienten mit frontaler Läsion (11 von 24 Vergleichen). Dabei zeigen sich vor allem in den Exekutivfunktionen deutliche Parallelen zwischen beiden Gruppen.

Die Annahme, dass nach Kleinhirnläsionen Defizite entstehen können, die auch nach frontalen Läsionen beobachtet werden, konnte bestätigt werden. Die Tatsache, dass im statistischen Gruppenvergleich die Patienten mit frontalen Läsionen nur in einer Aufgabe signifikant schlechter waren, zeigt, dass die frontallhirn-assoziierten Defizite auch bei den Patienten mit Kleinhirnläsionen aufgetreten sind. Die Leistungseinbußen in dieser Patientengruppe gehen jedoch noch deutlich darüber hinaus; sie beinhalten auch visuell-räumliche Defizite und deutliche Aufmerksamkeitsschwankungen. Diese Ergebnisse passen zu der Annahme von Courchesne & Allen (1997), die eine eher globale Rolle des Kleinhirns postulieren, die zur Optimierung verschiedener Funktionen beiträgt und sich nicht allein auf die Exekutivfunktionen beschränkt.

Im deskriptiven Profilvergleich hat sich gezeigt, dass fast in jeder Aufgabe in der Gruppe der cerebellär geschädigten Patienten vergleichsweise die meisten Patienten beeinträchtigt waren. In den Exekutivfunktionen bestehen zwischen beiden Patientengruppen deutliche Parallelen. In den Aufmerksamkeitsfunktionen sind zwar Parallelen zwischen den Leistungsprofilen aller drei Gruppen zu erkennen, die Patienten mit cerebellärer Läsion schneiden jedoch auch hier fast grundsätzlich am schlechtesten ab.

Die Differenz zwischen den Patientengruppen zu Ungunsten der Patienten mit Kleinhirnläsionen ist erstaunlich. Zwar wurden zwischen den Patientengruppen vergleichbare Defizite erwartet, doch die Tatsache der stärkeren Beeinträchtigung der Patienten mit Kleinhirnläsion geht noch über die Erwartungen hinaus. Dabei bleibt zu bedenken, dass die Patienten beider

Gruppen unter vergleichbaren Erkrankungen mit ebenfalls vergleichbarem Schweregrad litten. Auch das im Mittel jüngere Alter der frontal geschädigten Patienten kann die Differenz nicht erklären, da fast ausschließlich altersnormierte Tests verwendet wurden. Die selbst im Vergleich deutliche kognitive Beeinträchtigung der Patienten mit Kleinhirnläsionen in verschiedenen Funktionsbereichen bleibt daher eine Aussage dieser Arbeit von hoher klinischer Relevanz.

Zusammenfassung

Sowohl in deskriptiver als auch in statistischer Hinsicht haben sich die Patienten mit cerebellärer Läsion als stärker und auch funktionell übergreifender beeinträchtigt erwiesen als die Patienten mit frontaler Läsion. In den üblicherweise als frontallhirn-assoziierten Exekutivfunktionen bestehen im Profilvergleich zwischen beiden Patientengruppen deutliche Parallelen, doch selbst in diesem Bereich liegt die Leistung der cerebellär geschädigten Patienten unter der derer mit frontaler Läsion. Die Ergebnisse belegen zum einen die Annahme, dass dem Frontallhirn zugeschriebene Funktionen nach Kleinhirnläsionen gestört sein können. Sie gehen sogar noch darüber hinaus und sprechen damit für eine funktionsübergreifende die kognitive Leistungsfähigkeit insgesamt optimierende Funktion des Kleinhirns. Zum anderen weisen die Ergebnisse auf die hohe klinische Relevanz des Themas der kognitiven Defizite nach Kleinhirnläsionen hin.

7.1.5 Vergleich der neuropsychologischen Leistungsprofile in Abhängigkeit von der Lateralität der Läsion (2. Untersuchung)

Dieser letzte Vergleich soll Hinweise darauf liefern, ob die Defizite nach Kleinhirnläsionen in Zusammenhang mit den zum Frontallhirn gekreuzt verlaufenden Verbindungen stehen. Dieser Annahme entsprechend wurden Ähnlichkeiten in den Profilen der rechts cerebellär und links frontal geschädigten Patienten erwartet sowie zwischen den Patienten mit links cerebellärer und rechts frontaler Läsion. Die Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Patientengruppen (cerebellär vs. frontal) sollten daher bei ipsilateraler Schädigung besonders deutlich ausfallen.

Fragestellung: Besteht ein Zusammenhang zwischen den Leistungsprofilen der jeweils kontralateral geschädigten Patientengruppen (rechtsseitige Kleinhirnläsion und linksseitige Frontallhirnläsion bzw. linksseitige Kleinhirnläsion und rechtsseitige Frontallhirnläsion)?

Im statistischen Vergleich wurde die Hypothese hinsichtlich der Aufmerksamkeitsverfahren bestätigt. In drei Aufgaben zeigten sich signifikante Gruppenunterschiede (Auslassungen in

der Geteilten Aufmerksamkeit, Zahlenspanne vorwärts, SD der Reaktionszeiten im Arbeitsgedächtnis). In der auditiven Merkspanne bestand der Unterschied zwischen den Patienten mit linksseitiger Schädigung, die schlechtere Leistung zeigten die Patienten mit frontaler Läsion. In den beiden anderen Verfahren zeigten die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion die deutlichste Beeinträchtigung. Der signifikante Unterschied bestand jeweils zu den Patienten mit rechts frontaler Läsion sowie im Arbeitsgedächtnis auch zu jenen mit links cerebellärer Läsion.

Auch bzgl. der Exekutivfunktionen bestanden die signifikanten Einzelvergleiche zwischen den rechtsseitig geschädigten Patienten, auch hier schnitten die Patienten mit cerebellärer Läsion deutlich schlechter ab. Die Unterschiede betrafen den Test Handbewegungen und den Median der Reaktionszeiten im Arbeitsgedächtnis. Ein weiterer tendenziell signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen mit Kleinhirnläsion bestand hinsichtlich der Fehler im Arbeitsgedächtnis; auch hier schnitten jene Patienten mit rechts cerebellärer Läsion schlechter ab.

In den Gedächtnisaufgaben und im Mosaiktest wurden keine Unterschiede festgestellt.

Es hat sich der Hypothese entsprechend gezeigt, dass bestehende Gruppenunterschiede fast immer auf zwei ipsilateral geschädigten Gruppen beruhen. Dies weist auf die Relevanz der gekreuzt verlaufenden Verbindungen zwischen Frontalhirn und Kleinhirn hin und stützt damit – im Fall der Patienten mit Läsionen des Kleinhirns – die Annahme einer gekreuzten cerebello-cerebralen Diaschisis. So scheinen sich eine rechts cerebelläre Läsion und eine links frontale Läsion in ähnlicher Weise auf die kognitiven Fähigkeiten auszuwirken, da beide den Informationsaustausch zwischen dem linken Frontalhirn und dem rechten Cerebellum unterbrechen. Die ipsilateralen Anteile des Frontalhirns und des Kleinhirns hingegen scheinen eher unabhängig voneinander zu „arbeiten“.

Die Tatsache, dass sich die Zusammenhänge und damit auch die Unterschiede nur in den Verfahren zu Aufmerksamkeit und Exekutivfunktionen, nicht aber im Gedächtnis und den visuell-räumlichen Funktionen gezeigt haben, ist sicher darauf zurückzuführen, dass es sich bei letzteren nicht um frontallirn-assoziierte Funktionen handelt. So wäre bspw. hinsichtlich der Gedächtnisfunktionen ein Vergleich zwischen unilateral temporal und cerebellär geschädigten Patienten interessant. Ein solcher Vergleich könnte weiterhin darüber Aufschluss geben, ob es sich bei den leichten Gedächtnisdefiziten nach cerebellären Läsionen tatsächlich um eine rein sekundäre Störung handelt.

In der deskriptiven Darstellung der Profile wird noch einmal deutlich, dass in der Aufmerksamkeit und den Exekutivfunktionen Parallelen zwischen den kontralateral geschädigten Gruppen bestehen. Der Zusammenhang zwischen den links frontal und den rechts cerebellär geschädigten Patienten scheint dabei stärker ausgeprägt zu sein als zwischen den beiden ande-

ren Gruppen (eine Ausnahme bildet ein deskriptiv massiver Leistungseinbruch in der visuell-räumlichen Planungsfähigkeit der Patienten mit rechts frontaler oder links cerebellärer Läsion).

Weiterhin zeigt sich erneut die auffällige funktionsübergreifend schlechte Leistung der Patienten mit rechts cerebellärer Läsion. Wie bereits beschrieben, besteht zwischen den Patientengruppen mit Kleinhirnläsion in klinischer Hinsicht kein Unterschied, der diese deutliche Differenz erklären könnte. Betrachtet man den deskriptiven Vergleich zwischen den Patientengruppen mit frontaler Läsion, so zeigt sich hier, wenn auch nicht in dem selben Ausmaß, ein schlechteres Abschneiden der links frontal geschädigten Patienten. Es liegt daher nahe, dass sich die Schädigung der sprachdominanten linken Großhirnhemisphäre oder der mit ihr in enger Verbindung stehenden rechten Kleinhirnhemisphäre deutlicher auf die Bearbeitung der Testverfahren ausgewirkt hat. Zum einen handelt es sich bei der durchgeführten Testbatterie sicher um eine eher sprachlastige Batterie, zum anderen wurde nicht überprüft, in welchem Ausmaß die Leistung in nicht direkt sprachgebundenen Verfahren dennoch durch Verbalisierung beeinflusst wurde. Bei den Patienten mit Läsion des Kleinhirns kommt noch hinzu, dass sich eine rechtsseitige Läsion zusätzlich auf die Motorik der rechten Hand auswirkt, mit der fast alle Patienten die Tests bearbeiteten. Somit wurde in jener Gruppe nicht nur die sprachlich sondern auch die motorisch dominante Hemisphäre geschädigt. Die Frage, warum jedoch auch in motorischer Hinsicht die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion insgesamt die stärksten Beeinträchtigungen zeigten, muss offen bleiben. Zukünftige Vergleiche von möglichst gut parallelisierten Gruppen von Patienten mit rechts- bzw. linksseitiger Kleinhirnläsion werden hoffentlich zur Klärung dieser Frage beitragen.

Zusammenfassung

Es hat sich auf statistischer wie deskriptiver Ebene gezeigt, dass die Unterschiede zwischen cerebellär und frontal ipsilateral geschädigten Patienten besonders groß sind. Zwischen den jeweils kontralateral geschädigten Patientengruppen hingegen bestehen eher Parallelen die auf eine gekreuzte Diaschisis hinweisen. Dies gilt vor allem für die Exekutivfunktionen sowie teilweise für die Aufmerksamkeit, also für jene Funktionen, zu denen das Frontalhirn erwiesenermaßen einen deutlichen Beitrag leistet. Die Hypothese, dass die engen gekreuzt verlaufenden Verbindungen zwischen Frontalhirn und Kleinhirn für die entsprechenden Defizite nach Kleinhirnläsionen zumindest zu einem Teil verantwortlich sind, konnte somit bestätigt werden. (Einen weiteren Beitrag leistet sicher die beschriebene allgemein leistungsoptimierende Funktion des Kleinhirns.)

Insgesamt sind die kognitiven Leistungen der Patienten mit rechts cerebellärer Läsion funktionsübergreifend am deutlichsten beeinträchtigt. Aus der Literatur ist eine derartige Dominanz der rechten Kleinhirnhemisphäre jedoch nicht bekannt. Eine erschöpfende Erklärung dafür ist anhand der Daten nicht möglich. Hinweise auf relevante klinische Unterschiede zwischen den

Gruppen haben sich nicht ergeben. Ein möglicher Interpretationsansatz liegt in der Tatsache, dass die rechte Kleinhirnhemisphäre sowohl in sprachlicher als auch in motorischer Hinsicht die dominante Hemisphäre darstellt und damit eine besondere Relevanz besitzt.

7.2 Diskussion der Störvariablen

Eine klinische Studie mit Patienten stellt kein technisch genau zu kontrollierendes Laborexperiment dar und ist daher immer mit „Störfaktoren“ behaftet, die zwar weitgehend erfasst aber nicht immer eliminiert werden können. Daher werden an dieser Stelle mögliche Einschränkungen in der Interpretation der Daten und der Validität der Ergebnisse diskutiert.

Differenzen zwischen den Patienten mit Kleinhirnläsionen und den Kontrollprobanden hinsichtlich Alter, Geschlecht und Bildungsgrad können aufgrund der Parallelisierung ausgeschlossen werden. Auch in der Händigkeit der Probanden bestand zwischen den Gruppen deskriptiv kein Unterschied. Bei allen Kleinhirnläsionen handelte es sich um rein fokale cerebelläre Läsionen, d.h. Läsionen anderer Hirnareale wurden ausgeschlossen. Lediglich eine präoperative leichte Verdrängung des Hirnstammes sowie ein passagerer Hydrozephalus bestanden bei einem Teil der Patienten. Ein Ausschluss dieser Patienten hätte eine zu geringe Stichprobengröße zur Folge gehabt. Aus neuropsychologischer Sicht werden bei einer Verdrängung des Hirnstammes starke Schwankungen der basalen Aufmerksamkeitsfunktionen erwartet, bei einem Hydrozephalus hingegen eine deutliche Verlangsamung sowie ein generelles Nachlassen kognitiver Funktionen. Da die Ergebnisse dieser Studie weder auf generelle Einbußen der Patienten noch auf massive Aufmerksamkeitsdefizite hinweisen, ist eine Erklärung der Ergebnisse durch einen dieser beiden klinischen Faktoren nicht denkbar.

Die meisten Patienten wurden präoperativ untersucht, um mögliche unspezifische Operationsfolgen zu vermeiden. Dass die beobachteten Defizite nicht nur auf die postoperativ untersuchten Patienten zurückzuführen sind, haben wir an anderer Stelle zeigen können (Gottwald, Wilde, Mihajlovic & Mehdorn, 2004). Eine Reduktion der Stichprobe auf nur die präoperativ untersuchten Patienten hatte keine Veränderung der Ergebnisse zur Folge.

Eine starke psychische Belastung der stationär untersuchten Patienten in Erwartung der Operation und der Diagnose ist sicher nicht auszuschließen. Es bleibt jedoch zu bedenken, dass die Teilnahme an der Studie freiwillig war und möglicherweise bei zu starker Belastung abgelehnt wurde. Im Profile of Mood States hat sich gezeigt, dass die Patienten mit Kleinhirnläsionen ihre Stimmung in fast allen Bereichen als negativer einschätzten als die Kontrollpersonen dies taten (Niedergeschlagenheit, Müdigkeit, verringerter Tatendrang). Bei den frontal geschädigten Patienten galt dies sogar für alle vier Skalen des Fragebogens (auch Missmut).

Es ist weder möglich diese Veränderung der Stimmungslage als ausschließlich organisch bedingt zu interpretieren, noch als reine Reaktion auf die Situation. Für zukünftige Studien wäre eine genauere Erfassung der Stimmungsveränderungen – möglicherweise auch mittels einer Fremdanamnese – wünschenswert. An dieser Stelle bleibt lediglich festzuhalten, dass die Differenzen zur Kontrollgruppe sowohl bei den frontal als auch bei den cerebellär geschädigten Patienten bestanden und sich daher gleichermaßen auf die Ergebnisse ausgewirkt haben müssten. Weiterhin wurde bereits im Ergebnisteil angemerkt, dass die Kontrollprobanden in diesem Stimmungsfragebogen im Mittel äußerst niedrige Werte angegeben haben, was möglicherweise als geringe Offenheit in der Untersuchungssituation zu interpretieren ist. Die deutlichen Differenzen zwischen Patienten und Kontrollen bezüglich ihrer Stimmungslage sind daher vermutlich z.T. auf das Fragebogenverhalten der Kontrollpersonen zurückzuführen.

Aus organisatorischen Gründen und z.T. auch, um eine Überlastung der Patienten zu vermeiden, wurden nicht bei jedem Patienten alle Testverfahren durchgeführt. Da in diesen Fällen eher die Daten stärker beeinträchtigter Patienten fehlen, ist die Interpretation der Daten in konservativer Hinsicht dadurch nicht gefährdet.

Die Kontrollstichprobe besteht zu einem Drittel aus stationär aufgenommenen Patienten nach einer Bandscheibenoperation. Die Patienten wurden gewählt, um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der Untersuchungssituation zu schaffen. Die ausgewählten Patienten nahmen freiwillig an der Untersuchung teil und gaben an, keine Schmerzen mehr zu haben, so dass eine diesbezügliche Beeinflussung der Ergebnisse ausgeschlossen werden kann. Nicht für alle Patienten mit Kleinhirnläsion konnte ein passender Kontrollproband nach Bandscheibenoperation gefunden werden, so dass der Großteil der Kontrollstichprobe aus gesunden Probanden besteht, die über private Beziehungen rekrutiert wurden und ebenfalls freiwillig an der Untersuchung teilnahmen.

Zusammenfassend können die Patientengruppen im Rahmen dieser klinischen Studie insgesamt insofern als homogen gelten, als sie ausschließlich über fokale Läsionen bedingt durch Tumoren oder Blutungen verfügen. Auch zwischen den rechts- und den linksseitig geschädigten Patienten wurden keine deskriptive Unterschiede hinsichtlich klinischer Variablen festgestellt, die die Interpretierbarkeit einschränken würden.

7.3 Zusammenfassende Diskussion

Diese Arbeit wurde mit dem Ziel durchgeführt, den Beitrag des Kleinhirns zu kognitiven Funktionen genauer zu untersuchen. Trotz vielversprechender theoretischer Ansätze und z.T. hervorragender klinischer Beiträge wird noch immer kontrovers diskutiert, ob das Kleinhirn neben motorischen auch kognitive Funktionen besitzt. Aus anatomischer Sicht weist bereits die sehr hohe Anzahl cerebellärer Afferenzen aber auch detaillierte Studien über cerebro-cerebelläre Netzwerke auf eine integrative Rolle des Kleinhirns hin. Bisher hat jedoch die Annahme der auch für kognitive Funktionen relevanten Rolle des Kleinhirns kaum Eingang in die klinische Praxis oder in die Lehrbücher gefunden. Vielmehr haben sich vergleichsweise wenige Arbeitsgruppen mit dem Thema beschäftigt, oft sind die untersuchten Stichproben klein oder klinisch uneinheitlich; z.T. fehlen Kontrollgruppen und ein Vergleich verschiedener Patientengruppen fehlt bislang völlig.

In dieser Studie wurden neurochirurgische Patienten mit durch einen Tumor oder eine Blutung bedingter fokaler Läsion des Kleinhirns untersucht und mit einer parallelisierten Kontrollgruppe verglichen. Dieser Vergleich hat sehr deutliche Defizite der Patienten ergeben. Dabei lag der Schwerpunkt der Beeinträchtigung auf exekutiven Funktionen – und dabei vor allem auf den „Fluency-Aufgaben“ – und auf den höheren Aufmerksamkeitsfunktionen; die Ergebnisse hinsichtlich des Gedächtnisses und der visuell-räumlichen Funktionen waren weniger eindeutig. In die Literatur lassen sich die Ergebnisse recht gut einordnen. So postulierten Schmahmann & Sherman (1998) das „cerebellar cognitive affective syndrome“, welches sowohl eine Störung der Exekutivfunktionen als auch eine Störung der räumlichen Kognitionen und sprachliche Schwierigkeiten beinhaltet. (Die ebenfalls postulierten Persönlichkeitsveränderungen werden vor allem nach Vermisresektionen berichtet, in der vorliegenden Stichprobe war jedoch nur eine Patientin von einer Vermisblutung betroffen.) Weiterhin lassen sich die Defizite auf der Basis der Annahme von Courchesne & Allen (1997) interpretieren, die für das Kleinhirn eine planende und prädiktive Rolle postulieren, die sich auch in kognitiver Hinsicht funktionsübergreifend optimierend auswirkt. Wie zu erwarten, wirkte sich das läsionsbedingte Fehlen dieser „glättenden“ und optimierenden Wirkung vor allem in mangelnder „Fluency“ sowie in qualitativen Defiziten in der geteilten Aufmerksamkeit und in einer allgemein erhöhten Schwankungsbreite in den Reaktionen aus. Unabhängig von dem untersuchten Funktionsbereich zeigte sich, dass trotz unbeeinträchtigter einfacher Aufgaben die Defizite mit steigenden kognitiven Anforderungen deutlich zunahmen. Dies zeigt zum einen, dass eine Läsion des Kleinhirns nicht zu einem kompletten Ausfall spezifischer Funktionen führt, sondern lediglich zu einer Funktionsbeeinträchtigung. Zum anderen kann es als Hinweis auf die integrative Rolle des Kleinhirns gelten, das verschiedene Bereiche verknüpft und zu einer optimalen Ausführung beiträgt.

Die Hypothese, dass Patienten mit rechts cerebellärer Läsion vor allem in sprachgebundenen Tests beeinträchtigt seien und jene mit links cerebellärer Läsion in nicht-sprachlichen Aufgaben, konnte nur teilweise bestätigt werden. Zwar zeigten die Patienten mit linksseitiger Läsion ausschließlich in nicht-sprachlichen Aufgaben Defizite, die Patienten mit rechtsseitiger Läsion erwiesen sich jedoch insgesamt funktionsübergreifend als stärker beeinträchtigt (s.u.).

Defizite in der Feinmotorik wurden, wie zu erwarten, ebenfalls festgestellt. Diese motorischen Einschränkungen können jedoch das Profil der kognitiven Defizite nicht erklären, da diese zum einen für eine motorische Ursache zu spezifisch sind und zum anderen deutlich über die auch eine motorische Komponente beinhaltenden Tests hinaus gehen. Vielmehr scheint eine Läsion des Kleinhirns sowohl auf motorischer als auch auf kognitiver Ebene eine vergleichbare dysmetrische Störung zu verursachen. So liegt auf motorischer Ebene kein kompletter Funktionsausfall im Sinne einer Lähmung vor, sondern die Bewegungen sind zwar möglich, in ihrer „Glätte“ und ihrer Zielgenauigkeit jedoch deutlich beeinträchtigt. In kognitiver Hinsicht bestehen ebenfalls keine Funktionsausfälle, einfache Aufgaben sind gut durchführbar und die Patienten wirken auf den ersten Blick kaum beeinträchtigt, in den höheren kognitiven Funktionen zeigen sich jedoch deutliche Defizite, die vor allem die Flüssigkeit der Aufgabendurchführung betreffen.

In einer zweiten Untersuchung wurden die Patienten mit Kleinhirnläsionen mit einer Stichprobe von ebenfalls neurochirurgischen Patienten mit frontalen Läsionen verglichen. Auch bei dieser Stichprobe lagen ausschließlich fokale Läsionen vor, die auf Tumoren oder Blutungen zurückgingen. Bei dieser Stichprobe zeigten sich, wie durch den Vergleich mit der Kontrollgruppe deutlich wurde, im Allgemeinen als typisch frontallhirn-assoziiert bezeichnete kognitive Störungen. Wie auch die Patienten mit Kleinhirnläsionen schätzte diese Gruppe ihre Stimmungslage im Vergleich zu den Kontrollprobanden als deutlich negativer ein. Ob es sich hierbei um eine auch organisch bedingte Veränderung handelt oder um eine reine Reaktion auf die Situation kann nicht geklärt werden. Es scheint jedoch ausgeschlossen, dass die kognitiven Defizite beider Gruppen allein auf die Stimmungslage zurückzuführen sind.

Inhaltlich ist der Vergleich durch die neuroanatomischen engen Verbindungen zwischen Frontallhirn und Kleinhirn begründet. Die gekreuzt verlaufenden Verbindungen legen zudem nahe, dass links frontale und rechts cerebelläre Läsionen zu vergleichbaren Defiziten führen ebenso wie rechts frontale und links cerebelläre. Darüber hinaus ist durch diesen direkten Gruppenvergleich eine Einschätzung des Ausmaßes der kognitiven Defizite nach Kleinhirnläsionen möglich, da es sich bei Patienten mit frontalen Läsionen um eine insgesamt neuropsychologisch gut untersuchte Gruppe handelt.

Der Vergleich beider Patientengruppen hat ergeben, dass hinsichtlich der frontallirn-assoziierten Leistungen wie den Exekutivfunktionen und den höheren Aufmerksamkeitsfunktionen deutliche Parallelen bestehen. Insgesamt erwiesen sich die Patienten mit Kleinhirnläsionen sogar selbst in diesen Funktionen als im Mittel stärker beeinträchtigt als die Patienten mit Läsionen des Frontallirns. Die Defizite der Patienten mit cerebellärer Läsion waren jedoch nicht nur von einem stärkeren Ausmaß, sondern sie traten auch funktionsübergreifender auf.

Die Vergleiche nach der Trennung beider Patientengruppen in rechts- und in linksseitig geschädigte Patienten haben gezeigt, dass durchaus Parallelen zwischen den jeweils in der anderen Hirnregion kontralateral geschädigten Patienten bestehen, die erneut vor allem die Exekutivfunktionen betreffen. So erwiesen sich mit wenigen Ausnahmen die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion als stärker beeinträchtigt als die mit linksseitiger Läsion; innerhalb der Stichprobe mit frontaler Läsion galt dasselbe – wenn auch insgesamt weniger deutlich – für die Patienten mit linksseitiger gegenüber denen mit rechtsseitiger Läsion.

In dieser Studie konnte nachgewiesen werden, dass die kognitiven Defizite von Patienten mit Kleinhirnläsionen zumindest teilweise auf der Unterbrechung der fronto-cerebellären Netzwerke beruhen. Zu einem weiteren Teil gehen sie sicher auf das Fehlen der allgemeinen Optimierung verschiedener Funktionen durch das Kleinhirn zurück. Diese beschriebene „dysmetria of thought“ hat eine breitere kognitive Beeinträchtigung zur Folge als fokale cortikale Läsionen. Die besonders schlechte Leistung der rechts cerebellär geschädigten Patienten wird auf die Tatsache zurückgeführt, dass die rechte Kleinhirnhemisphäre nicht nur die motorisch dominante Hemisphäre darstellt, sondern durch ihre Verbindungen zum linken Frontallirn auch in sprachlicher Hinsicht dominant ist und dadurch vermutlich eine besondere Relevanz erfährt.

Abschließend sei noch einmal betont, dass in dieser Studie unabhängig von motorischen Einschränkungen ein Beitrag des Kleinhirns zu kognitiven Funktionen eindeutig nachgewiesen werden konnte. Die Tatsache, dass diese Defizite sogar deutlicher ausfielen, als in einer klinisch vergleichbaren Stichprobe von Patienten mit frontalen Läsionen belegt die hohe klinische Relevanz dieses Themas.

Zusammenfassung

Im Rückblick auf viele Jahrzehnte neuropsychologischer Forschung ist auffällig, dass das Kleinhirn erst in den letzten ca. 15 Jahren das Interesse der Forscher geweckt hat. Bis zu diesem Zeitpunkt galt es trotz extensiver Verbindungen zu verschiedensten Hirnarealen in seiner Funktion als rein motorisch. Höhere kognitive Funktionen wurden nur dem Großhirn zugeschrieben. Erst durch die konstante interdisziplinäre Forschung der letzten Jahre wurde das Kleinhirn in den Fokus neuropsychologischer Forschung gerückt und die Annahme, dass es einen Beitrag zu kognitiven Prozessen leistet, wird in zunehmendem Maße akzeptiert. Gut kontrollierte Studien an Patienten mit fokalen cerebellären Läsionen sind jedoch noch selten und obwohl die Defizite oft Funktionsbereiche betreffen, die typischerweise nach Frontallhirnläsionen beeinträchtigt sind, fehlen bisher jegliche direkte Vergleichsstudien verschiedener Patientengruppen.

In dem ersten Teil der vorliegenden Untersuchung wurden neurochirurgische Patienten mit fokalen Läsionen des Kleinhirns mit einer parallelisierten Kontrollgruppe verglichen. Es zeigten sich deutliche Einschränkungen der Patienten, die vor allem die höheren Aufmerksamkeitsfunktionen, wie die geteilte Aufmerksamkeit, und Exekutivfunktionen betrafen. Interpretiert wurden diese Ergebnisse auf der Basis des „cerebellar cognitive affective syndrome“ von Schmahmann & Sherman (1998) sowie auf der Theorie von Courchesne & Allen (1997), in der eine planende und vorbereitende Rolle des Kleinhirns postuliert wird. Analog zu einer motorischen Dysmetrie weisen die Defizite in der Flüssigkeit der Durchführung der kognitiven Aufgaben auf eine „dysmetria of thought“ hin und stützen damit die erwähnten Ansätze. Obwohl auch leichte motorische Einschränkungen der Patienten vorlagen, sind weder das Profil noch das Ausmaß der Beeinträchtigungen durch diese erklärbar.

In dem zweiten Teil der Studie wurden die Patienten mit einer Gruppe von Patienten mit fokalen frontalen Läsionen verglichen. Die Patienten mit cerebellären Läsionen zeigten zum einen globalere kognitive Einschränkungen, zum anderen erwiesen sich die Defizite selbst in den typischerweise „frontalhirn-assoziierten“ Funktionsbereichen als ausgeprägter. Ein Vergleich der jeweils kontralateral geschädigten Patientengruppen erbrachte die erwarteten Parallelen in den Profilen. Hierbei erwiesen sich die Patienten mit rechts cerebellärer Läsion als am stärksten beeinträchtigt. Dies ist vermutlich durch die Verbindungen zur sprachlich dominanten linken Großhirnhemisphäre sowie durch die motorische Relevanz für die dominante rechte Hand zu erklären. Die Parallelen zwischen den kontralateral geschädigten Gruppen belegen die Relevanz der gekreuzt verlaufenden fronto-cerebellären Verbindungen auf deren Unterbrechung die Defizite nach Kleinhirnläsionen z.T. zurückgeführt werden. Ein weiterer weniger funktionsspezifischer Anteil geht vermutlich auf die fehlende allgemein „glättende“ und die Verarbeitung optimierende Funktion des Kleinhirns zurück.

Zusammenfassend konnten Defizite in kognitiven Funktionen nach fokalen Kleinhirnläsionen eindeutig nachgewiesen werden. Das im Vergleich der Patientengruppen deutlich gewordene Ausmaß der Defizite belegt die klinische Relevanz dieser Arbeit.

Literatur

- Abe, K., Ukita, H., Yorifuji, S. & Yanagihara, T. (1997). Crossed cerebellar diaschisis in chronic Broca's aphasia. *Neuroradiology*, 39, 624-626.
- Ackermann, H., Gräber, S., Hertrich, I. & Daum, I. (1997). Categorical speech perception in cerebellar disorders. *Brain and Language*, 60, 323-331.
- Ackermann, H. & Hertrich, I. (2000). The contribution of the cerebellum to speech processing. *Journal of Neurolinguistics*, 13, 95-116.
- Ackermann, H., Wildgruber, D., Daum, I. & Grodd, W. (1998). Does the cerebellum contribute to cognitive aspects of speech production? A functional magnetic resonance imaging (fMRI) study in humans. *Neuroscience Letters*, 247, 187-190.
- Akshoomoff, N., Courchesne, E. & Townsend, J. (1997). Attention coordination and anticipatory control. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (575-599). San Diego: Academic Press.
- Albus, J.S. (1971). A theory of cerebellar function. *Mathematical Biosciences*, 10, 25-61.
- Allen, G., Buxton, R.B., Wong, E.C. & Courchesne, E. (1997). Attentional activation of the cerebellum independent of motor involvement. *Science*, 275, 1940-1943.
- Allen, G. & Courchesne, E. (1998). The cerebellum and non-motor function: Clinical implications. *Molecular Psychiatry*, 3, 207-210.
- Appollonio, I.M., Grafman, J., Schwartz, V., Massaquoi, S. & Hallett, M. (1993). Memory in patients with cerebellar degeneration. *Neurology*, 43, 1536-1544.
- Attig, E., Botez, M.I., Hublet, C., Vervonck, C., Jacqui, J. & Caplon, A. (1991). Cerebral crossed diaschisis caused by cerebellar lesion: Role of the cerebellum in mental functions. *Revue Neurologique*, 145, 200-207.
- Baddeley, A. (1998). *Human memory: theory and practice*. Boston: Allyn and Bacon.
- Beckers, K. & Canavan, A. (1992). *Testbatterie für visuelle Objekt- und Raumwahrnehmung (VOSP) von E.K. Warrington und M. James*. Bury St. Edmunds: TVTC.
- Berman, A.J. (1997). Amelioration of aggression response to selective cerebellar lesions in the rhesus monkey. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (111-121). San Diego: Academic Press.
- Berquin, P.C., Giedd, J.N., Jacobsen, L.K., Hamburger, S.D., Krain, A.L., Rapoport, J.L. & Castellanos, F.X. (1998). Cerebellum in attention-deficit hyperactivity disorder. *Neurology*, 50, 1087-1093.
- Bloedel, J.R. & Bracha, V. (1997). Duality of cerebellar motor and cognitive functions. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (613-636). San Diego: Academic Press.

- Boni, S., Valle, G., Cioffi, R.P., Bonetti, M.G., Perrone, E., Tofani, A. & Maini, C.I. (1992). Crossed cerebello-cerebral diaschisis: A SPECT study. *Nuclear Medicine Communications*, 13, 824-831.
- Bortz, J. (1993). *Statistik für Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer Verlag.
- Botez-Marquard, T., Léveillé, J. & Botez, M.I. (1994). Neuropsychological functioning in unilateral cerebellar damage. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 21, 353-357.
- Bower, J. M. (1997). Control of sensory data acquisition. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (490-515). San Diego: Academic Press.
- Bürk, K., Bösch, S., Globas, C., Zühlke, C., Daum, I., Klockgether, T. & Dichgans, J. (2001). Executive dysfunction in spinocerebellar ataxia type 1. *European Neurology*, 46, 43-48.
- Burgess, P.W., Veitch, E., de Lacy Costello, A. & Shallice, T. (2000). The cognitive and neuroanatomic correlates of multi-tasking. *Neuropsychologia*, 38, 848-863.
- Calhoun, V.D., Adali, T., McGinty, V.B., Pekar, J.J., Watson, T.D. & Pearlson, G.D. (2001). fMRI activation in a visual-perception task: Network of areas detected using the general linear model and independent component analysis. *NeuroImage*, 14, 1080-1088.
- Carper, R.A. & Courchesne, E. (2000). Inverse correlation between frontal lobe and cerebellum sizes in children with autism. *Brain*, 123, 836-844.
- Castellanos, F.X., Giedd, J.N., Berquin, P.C., Walter, J.M., Sharp, W., Tran, T., Vaituzis, C., Blumenthal, J.D., Nelson, J., Bastain, T.M., Zijdenbos, A., Evans, A.C. & Rapoport, J.L. (2001). Quantitative brain magnetic resonance imaging in girls with attention-deficit hyperactivity disorder. *Archives of General Psychiatry*, 58, 289-295.
- Ciesilski, K.T., Courchesne, E. & Elmasian, R. (1990). Effects of focused selective attention tasks on event-related potentials in autistic and normal individuals. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 75, 207-220.
- Courchesne, E. & Allen, G. (1997). Prediction and preparation: Fundamental functions of the cerebellum. *Learning & Memory*, 4, 1-35.
- Courchesne, E., Townsend, J., Akshoomoff, N., Saitoh, O., Yeung-Courchesne, R., Lincoln, A.J., James, H.E., Haas, R.H., Schreibman, L. & Lau, L. (1994). Impairment in shifting attention in autistic and cerebellar patients. *Behavioral Neuroscience*, 108, 848-865.
- Cramon, D.Y. von (1992). Focal cerebral lesions damaging (subcortical) fiber projections related to memory and learning functions in man. In G. Fallar, S.F. Cappa & C.W. Wallesch (eds.), *Neuropsychological disorders associated with subcortical lesions* (132-142). New York: Oxford University Press.
- Cramon, D.Y. von (1996): Neurobiologie des Arbeitsgedächtnisses. In H.J. Möller, F. Müller-Spahn & G.Kurtz (Hrsg.), *Aktuelle Perspektiven der Biologischen Psychiatrie* (1-11). Wien: Springer Verlag.

- Daum, I. & Ackermann, H. (1997): Neuropsychological abnormalities in cerebellar syndromes – fact or fiction? In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (456-474). San Diego: Academic Press.
- Desmond, J.E., Gabrieli, J.D. & Glover, G.H. (1998). Dissociation of frontal and cerebellar activity in a cognitive task: Evidence for a distinction between selection and search. *Neuroimage*, 7, 368-376.
- Desmond, J.E., Gabrieli, J.D.E., Wagner, A.D., Ginier, B.L. & Glover, G.H. (1997). Lobular patterns of cerebellar activation in verbal-memory and finger-tapping tasks as revealed by functional MRI. *The Journal of Neuroscience*, 17, 9675-9685.
- De Zubicaray, G.I., Zelaya, F.O., Andrew, C., Williams, S.C.R. & Bullmore, E.T. (2000). Cerebral regions associated with verbal response initiation, suppression and strategy use. *Neuropsychologia*, 38, 1292-1304.
- Dichgans, J. & Klockgether, T. (1992). Kleinhirn. In D.E. Pongratz (Hrsg.), *Klinische Neurologie* (28-35). München: Urban & Schwarzenberg.
- Dolan, R.J. (1998). Editorial: A cognitive affective role of the cerebellum. *Brain*, 121, 545-546.
- Doyon, J. (1997). Skill Learning. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (273-295). San Diego: Academic Press.
- Drepper, J., Timmann, D., Kolb, F.P. & Diener, H.C. (1999). Non-motor associative learning in patients with isolated degenerative cerebellar disease. *Brain*, 122, 87-97.
- Fabbro, F., Moretti, R. & Bava, A. (2000). Language impairments in patients with cerebellar lesions. *Journal of Neurolinguistics*, 13, 173-188.
- Fiez, J.A., Petersen, S.E., Cheney, M.K. & Raichle, M.E. (1992). Impaired non-motor learning and error detection associated with cerebellar damage. *Brain*, 115, 155-178.
- Fiez, J. & Raichle, M.E. (1997). Linguistic processing. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (233-254). San Diego: Academic Press.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E. & McHugh, P. R. (1975). "Mini-Mental-State": A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.
- Friston, K.J., Frith, C.D., Passingham, R.E., Liddle, P.F. & Frackowiak, R.S.J. (1992). Motor practice and neuropsychological adaptation in the cerebellum: A positron tomography study. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, 248, 223-228.
- Ghez, C. & Gordon, J. (1996). Willkürmotorik. In E.R. Kandel, H.J. Schwartz & T.M. Jessell (Hrsg.), *Neurowissenschaften* (541-563). Heidelberg: Spektrum Verlag.

- Gilbert, P.F.C. (1974). A theory of memory that explains the structure and function of the cerebellum. *Brain Research*, 70, 1-18.
- Gomez-Beldarrain, M., Garcia-Moncó, J.C., Quintana, J.M., Llorens, V. & Rodeno, E. (1997). Diaschisis and neuropsychological performance after cerebellar stroke. *European Neurology*, 37, 82-89.
- Gottwald, B., Mihajlovic, Z., Wilde, B., & Mehdorn, H.M. (2003). Does the cerebellum contribute to specific aspects of attention? *Neuropsychologia*, 41, 1452-1460.
- Gottwald, B., Wilde, B., Mihajlovic, Z. & Mehdorn, H.M. (2004). Evidence for distinct cognitive deficits after focal cerebellar lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, in press.
- Grafman, J., Litvan, I., Massaquoi, S., Steward, M., Sirigu, A. & Hallett, M. (1992). Cognitive planning deficit in patients with cerebellar atrophy. *Neurology*, 42, 1493-1496.
- Grafton, S.T., Woods, R.P. & Mike, T. (1994). Functional imaging of procedural motor learning: Relating cerebral blood flow with individual subject performance. *Human Brain Mapping*, 1, 221-234.
- Haines, D.E., Patrick, G.W. & Satrulee, P. (1982). Organization of cerebellar corticonuclear fiber systems. In S.L. Palay & V. Chan-Palay (eds.), *The cerebellum: New vistas* (320-371). Berlin: Springer Verlag.
- Harris, N., Courchesne, E., Townsend, J., Carper, R. & Lord, C. (1999). Neuroanatomic contributions to slowed orienting of attention in children with autism. *Cognitive Brain Research*, 8, 61-71.
- Härting, C., Markowitsch, H.J., Neufeld, H., Calabrese, P., Deisinger, K. & Kessler, J. (Hrsg.) (2000). *WMS-R Wechsler Gedächtnistest – Revidierte Fassung*. Bern: Verlag Hans Huber.
- Helmuth, L.L., Ivry, R.B. & Shimizu, N. (1997). Preserved performance by cerebellar patients on tests of word generation, discrimination learning, and attention. *Learning & Memory*, 3, 456-474.
- Hermann, M. (2000). Klinische Neuropsychiatrie in der Neuropsychologie. In W. Sturm, M. Herrmann & C.-W. Wallesch (Hrsg.), *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie* (126-140). Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Hirsch, J.F., Renier, D., Czernichow, P., Benveniste, L. & Pierre-Kahn, A. (1979). Medulloblastoma in childhood: Survival and functional results. *Acta Neurochirurgica*, 48, 1-15.
- Hoover, J.E. & Strick, P.L. (1993). Multiple output channels in the basal ganglia. *Science*, 259, 819-821.
- Houk, J.C., Buckingham, J.T. & Barto, A.G. (1997). Models of the cerebellum and motor learning. In P.J. Cordo, C.C. Bell & S. Harnad (eds.), *Motor learning and synaptic plasticity in the cerebellum*. Cambridge: University Press.

- Huber, W., Poeck, K., Weniger, D. & Willmes, K. (1983). *Aachener Aphasie Test (AAT)*. Göttingen: Hogrefe.
- Huber, W. & Ziegler, W. (2000). Störungen von Sprache und Sprechen. In W. Sturm, M. Herrmann & C.-W. Wallesch (Hrsg.), *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie* (462-511). Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Hubrich-Ungureanu, P., Kaemmerer, N., Henn, F.A. & Braus, D.F. (2002). Lateralized organization of the cerebellum in a silent verbal fluency task: A functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers. *Neuroscience Letters*, 319, 91-94.
- Ivry, R. (1997). Cerebellar timing systems. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (556-574). San Diego: Academic Press.
- Jenkins, I.H., Brooks, D.J., Nixon, P.D., Frackowiak, R.S.J. & Passingham, R.E. (1994). Motor sequence learning: A study with positron emission tomography. *Journal of Neuroscience*, 14, 3775-3790.
- Karnath, H.O. & Kammer, T. (2003). Manifestationen von Frontalhirnschädigungen. In H.O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (515-528). Berlin: Springer Verlag.
- Kaufman, A.S. & Kaufman, N.L. (1983). *K-ABC Kaufman Assessment Battery for Children*. Circle Pines, MN: American Guidance Service.
- Kenkel, S., Gottwald, B. & Mehdorn, H.M. (1997). Rey-Osterrieth Figur: Vergleich qualitativer Auswertungssysteme. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 1, 97.
- Kerkhoff, G. (2000). Räumlich-perzeptive, räumlich-kognitive, räumlich-konstruktive und räumlich-topographische Störungen. In W. Sturm, M. Herrmann & C.-W. Wallesch (Hrsg.), *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie* (411-429). Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Kim, S.G., Ugurbil, K. & Strick, P.L. (1994). Activation of a cerebellar output nucleus during cognitive processing. *Science*, 265, 949-951.
- Kleihues, P. & Cavanee, W.K. (2000). *Pathology and genetics of tumours of the nervous system*. World Health Organization Classification of tumours. Lyon: IARC.
- Kolb, B. & Wishaw, I.Q. (1993). *Neuropsychologie*. Heidelberg: Spektrum, Akademischer Verlag.
- Lalonde, R. (1997). Visuospatial abilities. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (191-216). San Diego: Academic Press.
- Le, T.H., Pardo, J.V. & Hu, X. (1998). 4 T-fMRI study of nonspatial shifting of selective attention: cerebellar and parietal contributions. *Journal of Neurophysiology*, 79, 1535-1548.
- Lee, G.P., Loring, D.W., Newell, J. & McCloskey, L. (1994). Figural fluency on the five-point test: Preliminary normative and validity data. *International Neuropsychological Society Program and Abstracts*, 1, 51.

- Leggio, M.G., Silveri, M.C., Petrosini, L. & Molinari, M. (2000). Phonological grouping is specifically affected in cerebellar patients: A verbal fluency study. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 69, 102-106.
- Lehrl S. (1975). *Mehrfachwahl Wortschatztest MWT-B*. Erlangen: Perimed Verlag.
- Levisohn, L., Cronin-Golomb, A. & Schmahmann, J.D. (2000). Neuropsychological consequences of cerebellar tumour resection in children. *Brain*, 123, 1041-1050.
- Lezak, M. (1995). *Neuropsychological Assessment*, 3rd edition. New York: Oxford University Press.
- Mariën, P., Engelborghs, S., Fabbro, F. & De Deyn, P.P. (2001). The lateralized linguistic cerebellum: A review and a new hypothesis. *Brain and Language*, 79, 580-600.
- Mariën, P., Engelborghs, S., Pickut, B.A. & De Deyn, P.P. (2000). Aphasia following cerebellar damage: Fact or fallacy? *Journal of Neurolinguistics*, 13, 145-171.
- Mariën, P., Scaerens, J., Nanhoe, R., Moens, E., Nagels, G., Pickut, B.A., Dierckx, R.A. & De Deyn, P.P. (1996). Cerebellar induced aphasia: case report of cerebellar induced prefrontal aphasic language phenomena supported by SPECT findings. *Journal of the Neurological Sciences*, 144, 34-43.
- Markowitsch, H.J. (1999). *Gedächtnisstörungen*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Marr, D. (1969). A theory of cerebellar cortex. *Journal of Physiology*, 202, 437-470.
- Mathiak, K., Hertrich, I., Grodd, W. & Ackermann, H. (2002). Cerebellum and speech perception: A functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 902-912.
- Matthes-von Cramon, G. & von Cramon, D.Y. (2000). Störungen exekutiver Funktionen. In W. Sturm, M. Herrmann & C.-W. Wallesch (Hrsg.), *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie* (392-411). Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Mc Nair, D.M., Lorr, M., Droppleman, L.F., Biehl, B., Dabgel, S. & Reiser, A. (1981). *POMS, Profile of Mood States – Deutsche Bearbeitung von Biehl, Dabgel & Reiser*. Weinheim: Beltz.
- Melchers, P. & Preuß, U. (1994). *K-ABC Interpretationshandbuch*, 2. Auflage. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Middleton, F.A. & Strick, P.L. (1997). Cerebellar output channels. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (61-83). San Diego: Academic Press.
- Middleton, F.A. & Strick, P.L. (2001). Cerebellar projections to the prefrontal cortex of the primate. *The Journal of Neuroscience*, 21, 700-712.

- Molinari, M., Leggio, M.G. & Silveri, M.C. (1997). Verbal fluency and agrammatism. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (325-341). San Diego: Academic Press.
- Mostovski, S.H., Reiss, A.L., Lockhart, P. & Denckla, M.B. (1998). Evaluation of cerebellar size in attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of Child Neurology*, 13, 434-439.
- Mushiake, H. & Strick, P.L. (1993). Preferential activity of dentate neurones during limb movements guided by vision. *Journal of Neurophysiology*, 70, 2660-2664.
- Nawrot, M. & Rizzo, M. (1995). Motion perception deficits from midline cerebellar lesions in human. *Visual Research*, 35, 723-731.
- Neau, J.-P., Arroyo-Anollo, E., Bonnaud, V., Ingrand, P. & Gil, R. (2000). Neuropsychological disturbances in cerebellar infarcts. *Acta Neurologica Scandinavica*, 102, 363-370.
- Partington J.E. & Leiter R.G. (1949). Partington's Pathway Test. *The Psychological Service Center Bulletin*, 1, 9-20.
- Petersen, S.E., Fox, P.T., Posner, M.I., Mintun, M. & Raichle, M. (1989). Positron emission tomographic studies of the processing of single words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1, 153-170.
- Poeck, K. (1994). *Neurologie*, 9. Auflage. Berlin: Springer Verlag.
- Pollack, I.F. (1997). Posterior fossa syndrome. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (412-432). San Diego: Academic Press.
- Rao, S.M., Bobholz, J.A., Hammeke, T.A., Rosen, A.C., Woodley, S.J., Cunningham, J.M., Cox, R.W., Stein, E.A. & Binder, J.R. (1997). Functional MRI evidence for subcortical participation in conceptual reasoning skills. *NeuroReport*, 8, 1987-1993.
- Ravizza, S.M. & Ivry, R.B. (2001). Comparison of the basal ganglia and cerebellum in shifting attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13, 285-297.
- Regard, M. Strauss, E. & Knapp, P. (1982). Children's production of verbal and nonverbal fluency tasks. *Perceptual and Motor Skills*, 55, 839-844.
- Reivich, M. (1992). Crossed cerebellar diaschisis. *American Journal of Neuroradiology*, 13, 62-64.
- Rey, A. (1941). Psychological examination of traumatic encephalopathy. *Archives de Psychologie*, 28, 286-340.
- Riecker, A., Ackermann, H., Wildgruber, D., Dogil, G. & Grodd, W. (2000). Opposite hemispheric lateralization effects during speaking and singing at motor cortex, insula and cerebellum. *NeuroReport*, 11, 1997-2000.

- Rijntjes, M. & Weiller, C. (2003): Funktionsanpassung im motorischen und sprachlichen System. In H.O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (701-712). Berlin: Springer Verlag.
- Riva, D. & Giorgi, C. (2000). The cerebellum contributes to higher functions during development. *Brain*, *123*, 1051-1061.
- Rousseaux, M. & Steinling, M. (1992). Crossed hemispheric diaschisis in unilateral cerebellar lesions. *Stroke*, *23*, 511-514.
- Sadeh, M. & Cohen, I. (2001). Transient loss of speech after removal of posterior fossa tumors – One aspect of a larger neuropsychological entity: The cerebellar cognitive affective syndrome. *Pediatric Hematology and Oncology*, *18*, 423-426.
- Schirmer, M. (1998). *Neurochirurgie, 9.Auflage*. München: Urban & Schwarzenberg.
- Schmahmann, J.D. (2000). The role of the cerebellum in affect and psychosis. *Journal of Neurolinguistics*, *13*, 189-214.
- Schmahmann, J.D. & Pandya, D.N. (1989). Anatomical investigation of projections to the basis pontis from posterior parietal association cortices in rhesus monkey. *Journal of Comparative Neurology*, *289*, 53-73.
- Schmahmann, J.D. & Pandya, D.N. (1991). Projections to the basis pontis from the superior temporal sulcus and superior temporal region in the rhesus monkey. *Journal of Comparative Neurology*, *308*, 224-248.
- Schmahmann, J.D. & Pandya, D.N. (1997). The cerebrocerebellar system. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (31-60). San Diego: Academic Press.
- Schmahmann, J.D. & Sherman, J.C. (1998). The cerebellar cognitive affective syndrome. *Brain*, *121*, 561-579.
- Schugens, M.M., Ackermann, H. & Daum, I. (1999). Deklaratives und non-deklaratives Gedächtnis bei erebellären Funktionsstörungen. In P. Calabrese (Hrsg.), *Gedächtnis und Gedächtnisstörungen. Klinisch-neuropsychologische Aspekte aus Forschung und Praxis* (146-164). Lengerich: Pabst.
- Schugens, M.M., Ackermann, H. & Daum, I. (2000). Neuropsychologische Defizite nach Kleinhirnläsionen. In W. Sturm, M. Herrmann & C.-W. Wallesch (Hrsg.), *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie* (539-544). Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Schuri, U. (2000). Gedächtnisstörungen. In W. Sturm, M. Herrmann & C.-W. Wallesch (Hrsg.), *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie* (375-391). Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Seger, C.A., Desmond, J.E., Glover, G.H. & Gabrieli, J.D.E. (2000). Functional magnetic resonance imaging evidence for right-hemisphere involvement in processing unusual semantic relationships. *Neuropsychology*, *14*, 361-369.

- Seidler, R.D., Puroshotham, A., Kim, S.G., Ugurbil, K., Willingham, D. & Ashe, J. (2002). Cerebellum activation associated with performance but not motor learning. *Science*, 296, 2043-2046.
- Seitz, R.J., Roland, E., Bohm, C., Greitz, T. & Stone-Elander, S. (1990). Motor learning in man: A positron emission tomography study. *NeuroReport*, 1, 57-60.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Silveri, M.C., Misciagna, S., Leggio, M.G. & Molinari, M. (1997). Spatial dysgraphia and cerebellar lesion: A case report. *Neurology*, 48, 1529-1532.
- Silveri, M.C., Misciagna, S., Leggio, M.G. & Molinari, M. (1999). Cerebellar spatial dysgraphia: further evidence. *Journal of Neurology*, 246, 312-313.
- Spreen, O. & Strauss, E. (1998). *A compendium of neuropsychological tests, 2nd edition*. New York: Oxford University Press.
- Sturm, W. & Zimmermann, P. (2000). Aufmerksamkeitsstörungen. In W. Sturm, M. Herrmann & C.-W. Wallesch (Hrsg.), *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie* (345-366). Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Tewes, U. (Hrsg.) (1991). *HAWIE-R Hamburg Wechsler Intelligenztest für Erwachsene Revision*. Bern: Hans Huber Verlag.
- Thach, W.T. (1997). On the specific role of the cerebellum in motor learning and cognition: Clues from PET activation and lesion studies in man. In J.P. Cordo, C.C. Bell & S. Harnad (eds.), *Motor learning and synaptic plasticity in the cerebellum* (73-93). Cambridge: University Press.
- Thier, P. (2003). Die funktionelle Architektur des präfrontalen Kortex. In H.O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (495-503). Berlin: Springer Verlag.
- Thier, P., Haarmeier, T., Treue, S. & Barash, S. (1999). Absence of a common functional denominator of visual disturbances in cerebellar disease. *Brain*, 122, 2133-2146.
- Thompson, R.F., Bao, S., Chen, L., Cipriano, B.D., Grethe, J.S., Kim, J.J., Thompson, J.K., Tracy, J.A., Weninger, M.S. & Krupa, D.J. (1997): Associative learning. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (152-190). San Diego: Academic Press.
- Tiffin J. (1968). *Purdue Pegboard: examiner manual*. Chicago: Science Research Associates.
- Timmann, D., Drepper, J., Maschke, M., Kolb, F.P., Bötting, D., Thilmann, A.F. & Diener, H.C. (2002). Motor deficits cannot explain impaired cognitive associative learning in cerebellar patients. *Neuropsychologia*, 40, 788-800.
- Townsend, J., Courchesne, E., Covington, J., Westerfield, M., Harris, N., Lyden, P., Lowry, T.P., Press, G.A. (1999). Spatial attention deficits in patients with acquired or developmental cerebellar abnormality. *The Journal of Neuroscience*, 19, 5632-5643.

- Townsend, J., Westerfield, M., Leaver, E., Makeig, S., Jung, T.-P., Pierce, K. & Courchesne, E. (2001). Event-related brain response abnormalities in autism: Evidence for impaired cerebello-frontal spatial attention networks. *Cognitive Brain Research*, *11*, 127-145.
- Trepel, M. (2004). *Neuroanatomie: Struktur und Funktion*, 3. Auflage. München: Urban & Fischer.
- Tucker, J., Nixon, P.D., Rushworth, M., Harding, A.E., Jahanshahi, M., Quinn, N.P. & Thompson, P.D. (1996). Associative learning in patients with cerebellar ataxia. *Behavioral Neuroscience*, *110*, 1229-1234.
- Ullsperger, M. & von Cramon, D.Y. (2003). Funktionen frontaler Strukturen. In H.O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (505-514). Berlin: Springer Verlag.
- Vokaer, M., Bier, J.C., Elincx, S., Claes, T., Paquier, P., Goldman, S., Bartholomé, E.J. & Pandolfo, M. (2002). The cerebellum may be directly involved in cognitive functions. *Neurology*, *58*, 967-970.
- Wallesch, C.W. & Horn, A. (1990). Long-term effects of cerebellar pathology on cognitive functions. *Brain and Cognition*, *14*, 19-25.
- Wassink, T.H., Andreasen, N., Nopoulos, P. & Flaum, M. (1999). Cerebellar morphology as a predictor of symptom and psychosocial outcome in schizophrenia. *Biological Psychiatry*, *45*, 41-48.
- Wechsler, D. (1981). *WAIS-R manual*. New York: The Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1987). *Wechsler Memory Scale-Revised manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Wildgruber, D., Ackermann, H. & Grodd, W. (2001). Differential contribution of motor cortex, basal ganglia, and cerebellum to speech motor control: Effect of syllable repetition rate evaluated by fMRI. *Neuroimage*, *13*, 101-109.
- Woodruff-Pak, D.S. (1997). Classical conditioning. In J.D. Schmahmann (ed.), *The cerebellum and cognition*. International Review of Neurobiology, Vol.41 (342-366). San Diego: Academic Press.
- Zimmermann, P. & Fimm, B. (1993). *Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP)*. Würselen: PSYTEST.
- Zomeran, A.H. van & Brouwer, W.H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. New York: Oxford University Press.

ANHANG A

- Allgemeine Informationen zur Untersuchung
- Einverständniserklärung

Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich freiwillig an einer Studie zu neuropsychologischen und sprachlichen Prozessen teilnehme.

Ich bin darüber unterrichtet worden, dass meine Daten streng vertraulich behandelt werden und dass ich die Sitzung jederzeit ohne Angabe von Gründen abbrechen kann.

Die „Allgemeinen Informationen zur Untersuchung“ habe ich gelesen. Meine Fragen sind ausreichend beantwortet worden.

Name: _____

Adresse: _____

Telefon: _____

Datum: _____

Unterschrift: _____

Allgemeine Informationen zur Untersuchung

Wir möchten uns zunächst bedanken, dass Sie an dieser Studie teilnehmen.

Die Studie wird im Rahmen eines Forschungsprojektes der Klinik für Neurochirurgie durchgeführt. Ziel der Untersuchung ist es, genauere Informationen über mögliche neuropsychologische Defizite, die z.B. das Gedächtnis oder die Konzentration betreffen können, zu erhalten. In der Zukunft könnten solche Informationen zu verbesserten Therapie- und Weiterbehandlungskonzepten beitragen. Es werden verschiedene Patientengruppen durch eine ausführliche Testung untersucht, Inhalte der Testung sind dabei neben dem Gedächtnis z.B. sprachliche Tests sowie ein Fragebogen zum allgemeinen Befinden.

Weiterhin wird sich eine kurze neurologische Untersuchung anschließen.

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig und Sie können die Sitzung jederzeit für eine Pause unterbrechen bzw. ohne Angaben von Gründen abbrechen.

Die erhobenen Daten werden unter Wahrung der Anonymität der Teilnehmer/innen und unter Berücksichtigung des Bundesdatenschutzes dokumentiert und veröffentlicht. Auf Wunsch teilen wir Ihnen Ihre persönlichen Ergebnisse auch gerne mit.

ANHANG B

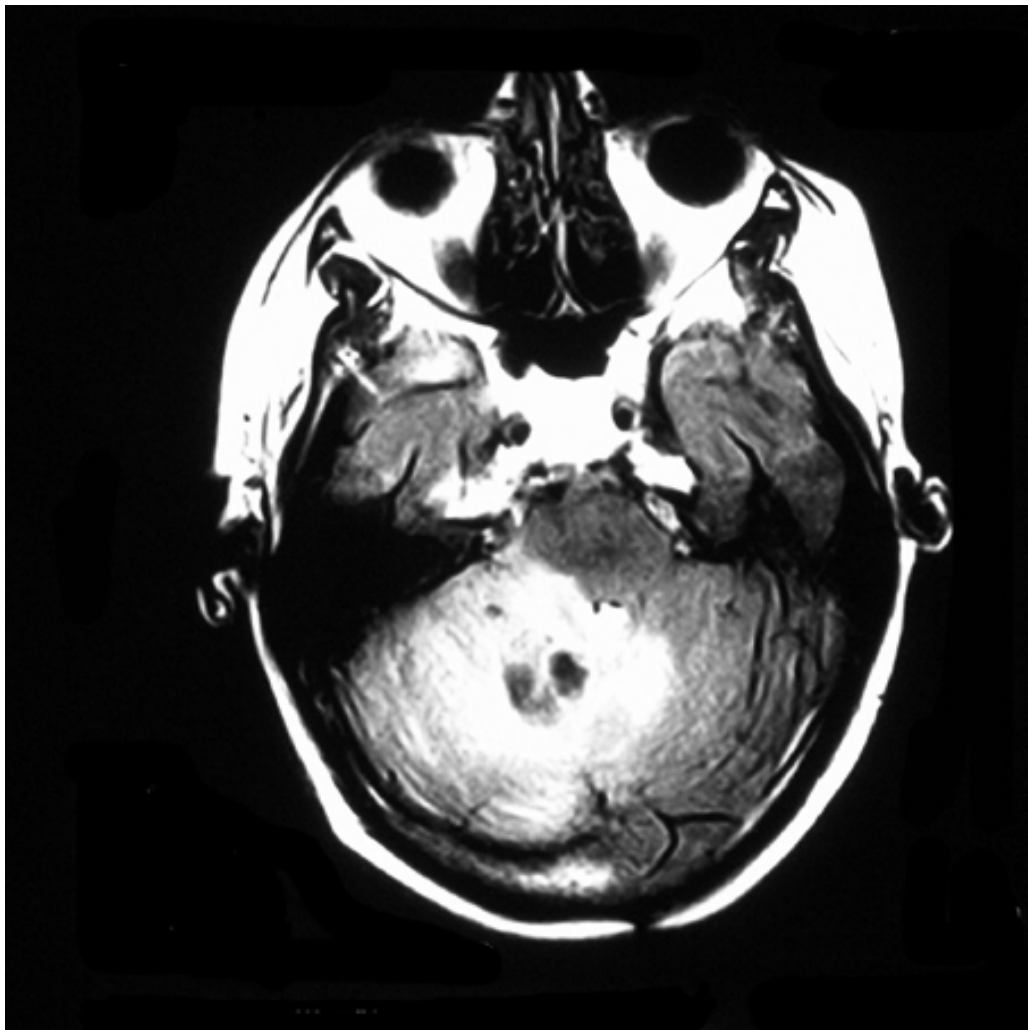
- Klinische Daten der Patienten mit Läsionen des Kleinhirns

Klinische Daten der Patienten mit Läsionen des Kleinhirns

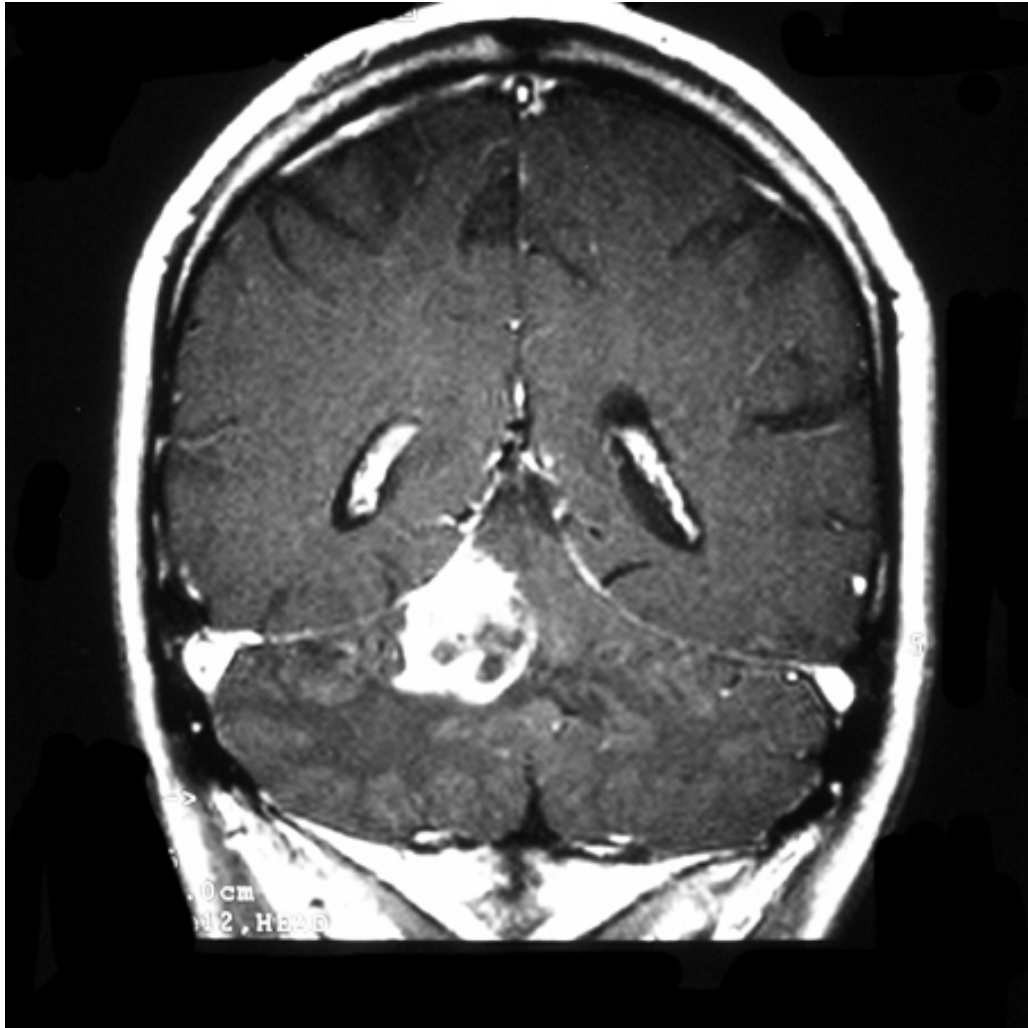
Die Angaben dazu, ob Vermis oder Hirnstamm von Tumor oder auch Ödem betroffen waren und ob ein Hydrocephalus bestanden hat beziehen sich ausschließlich auf den präoperativen Zustand der Patienten. Da nicht für alle Patienten präoperative MRT-Aufnahmen vorlagen werden in wenigen Fällen auch postoperative MRT- oder CCT-Aufnahmen dargestellt.

Vp 101

Alter: 50 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Metastasenrezidiv eines Mamma-Karzinoms
Größe: 2,5 x 3 x 3 cm, perifokales Ödem
Lokalisation: rechts cerebellär
Vermis betroffen: ja
Hirnstamm betroffen: ja
Hydrocephalus: nein



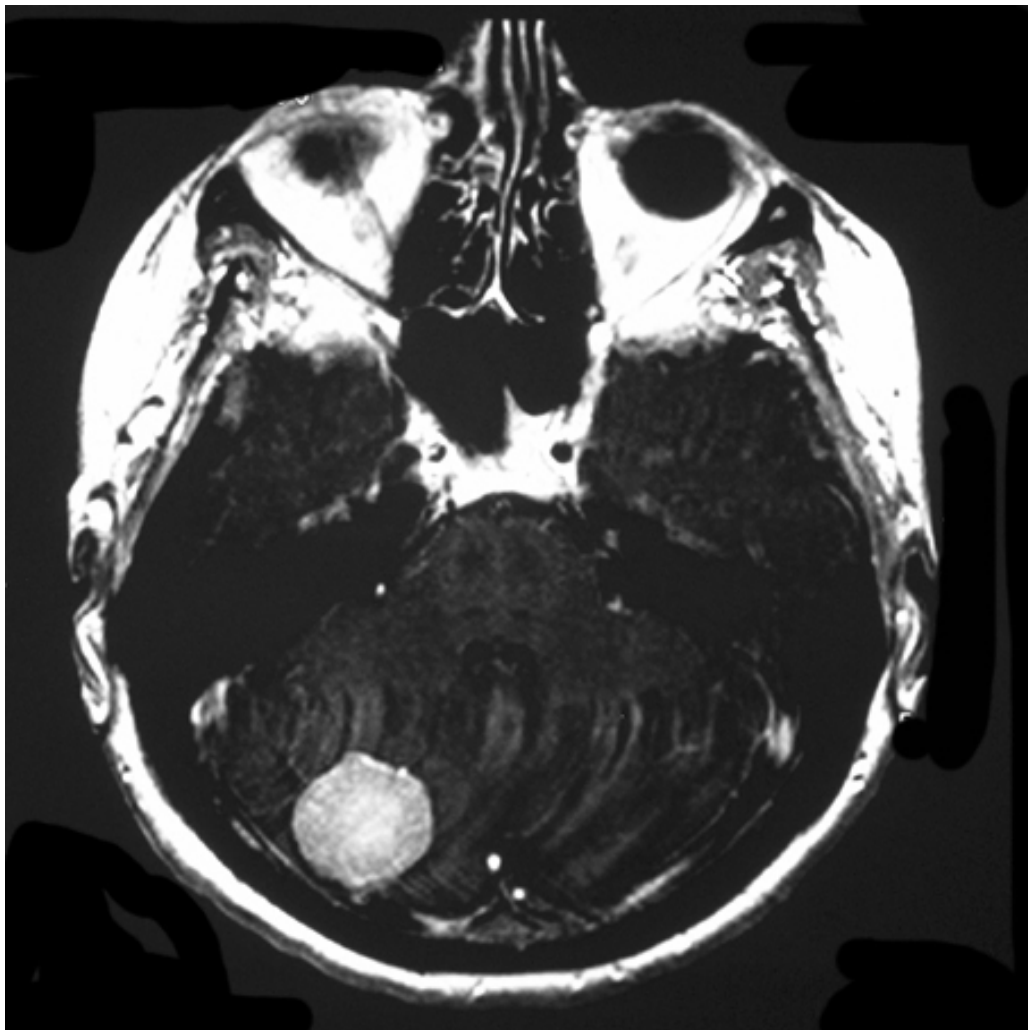
VP 101: MRT horizontal präoperativ



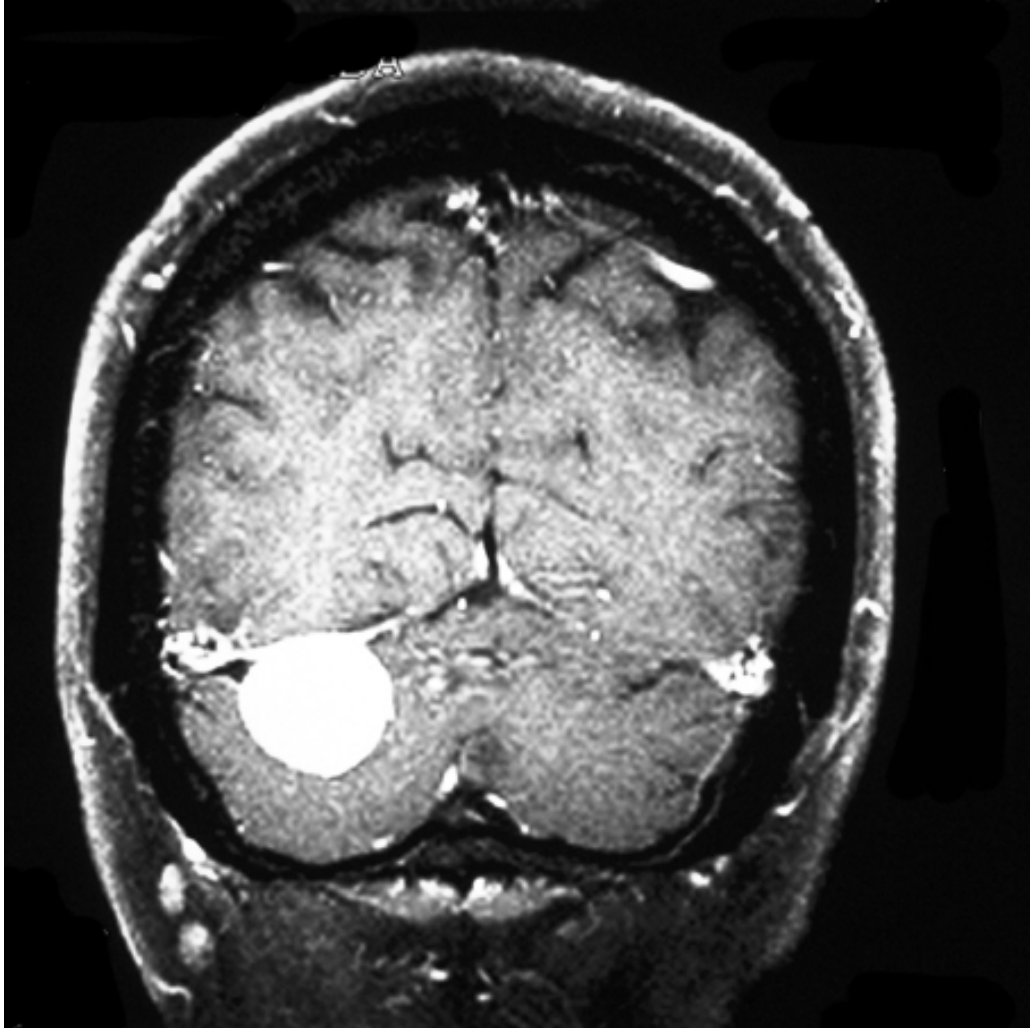
Vp 101: MRT koronar präoperativ

Vp 103

Alter: 66 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: links
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Tentorium-Meningeom
Größe: 3 x 3 x 3 cm, kein Ödem
Lokalisation: rechts cerebellär
Vermis betroffen: nein
Hirnstamm betroffen: nein
Hydrocephalus: nein



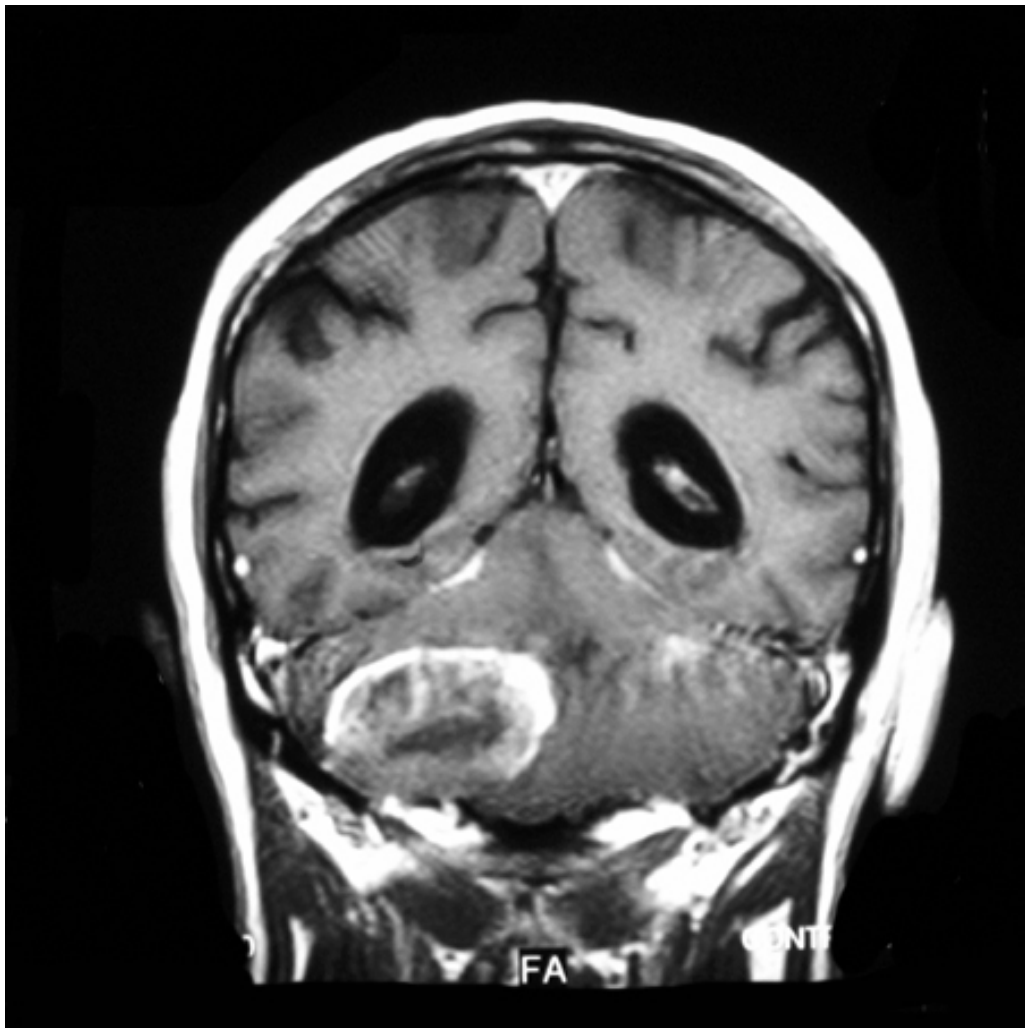
Vp: 103 MRT horizontal präoperativ



Vp 103: MRT koronar präoperativ

Vp 104

Alter: 67 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: links
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Metastase eines Bronchial-Karzinoms
Größe: 4 x 5 x 4 cm, perifokales Ödem
Lokalisation: rechts cerebellär
Vermis betroffen: nein
Hirnstamm betroffen: ja
Hydrocephalus: nein



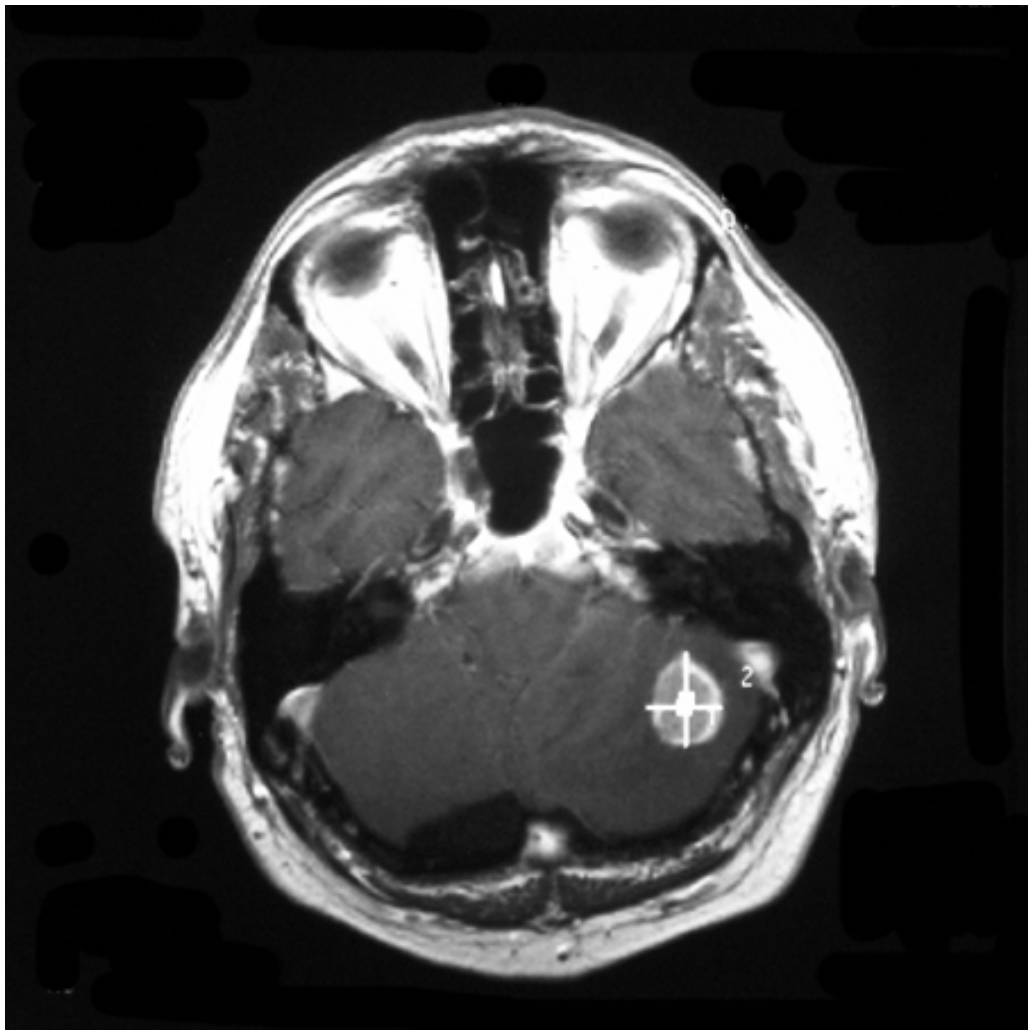
Vp 104: MRT koronar präoperativ



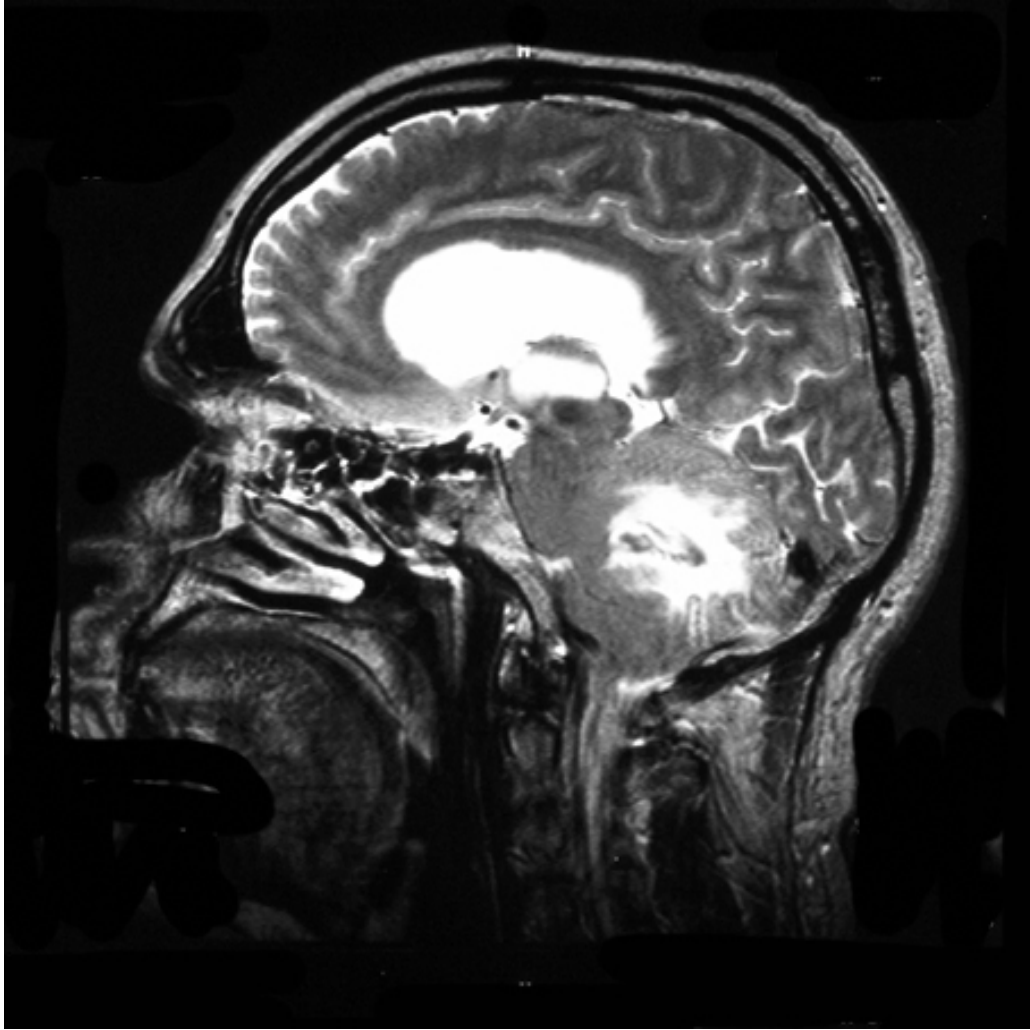
Vp 104: MRT sagittal präoperativ

Vp 105

Alter: 57 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Metastase eines Bronchial-Karzinoms
Größe: 1,5 x 2 x 2 cm, perifokales Ödem
Lokalisation: links cerebellär
Vermis betroffen: nein
Hirnstamm betroffen: nein
Hydrocephalus: ja



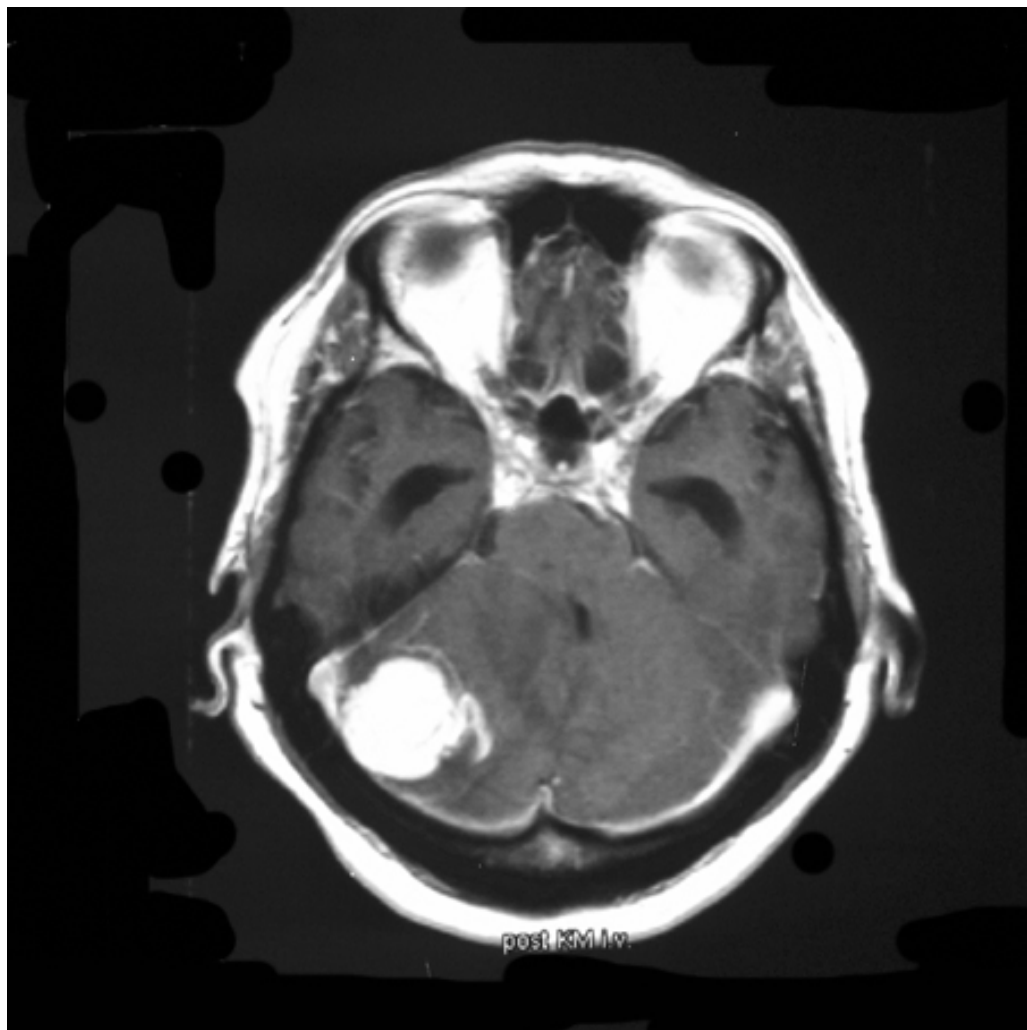
Vp 105: MRT horizontal präoperativ



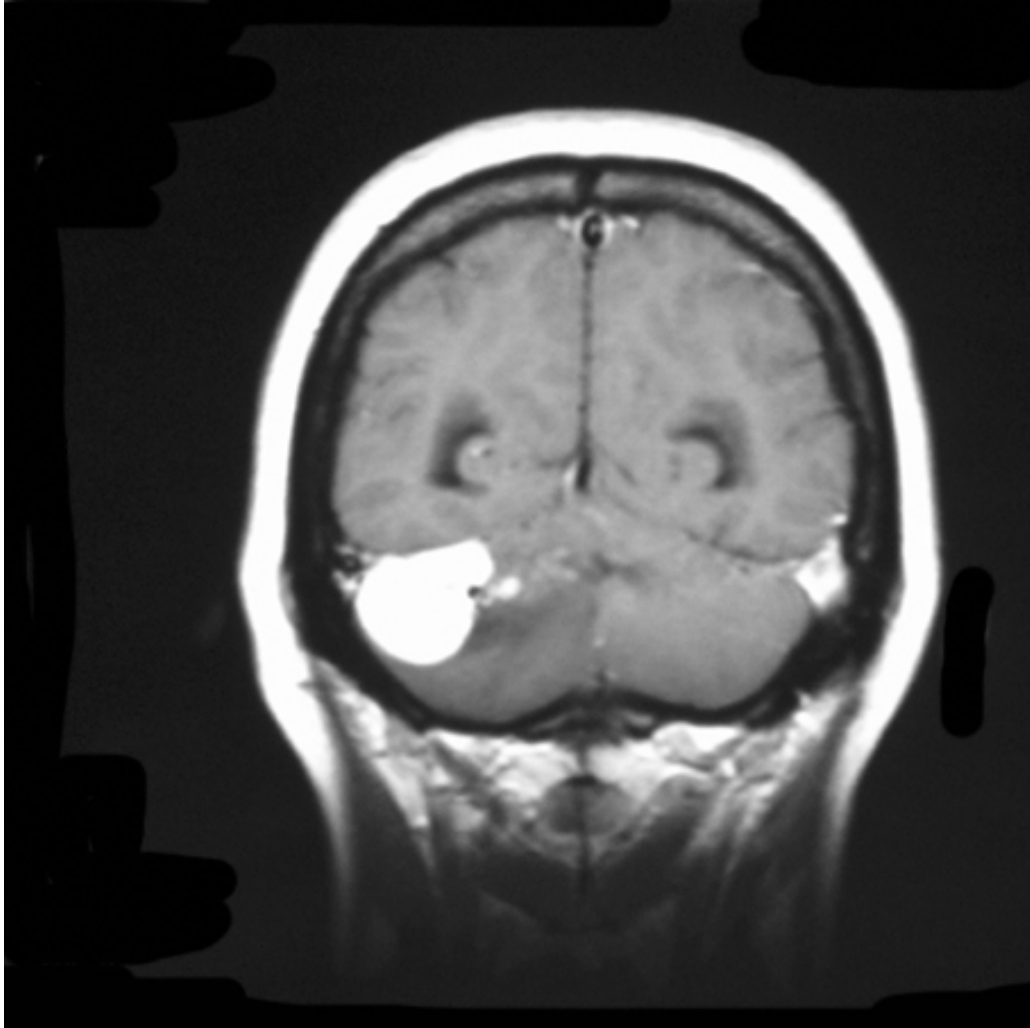
Vp 105: MRT sagittal präoperativ

Vp 106

Alter: 59 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 27 Monaten
Diagnose: Hämangioblastom
Größe: 1,5 x 1,5 x 1,5 cm, perifokales Ödem
Lokalisation: rechts cerebellär
Vermis betroffen: nein
Hirnstamm betroffen: ja
Hydrocephalus: ja



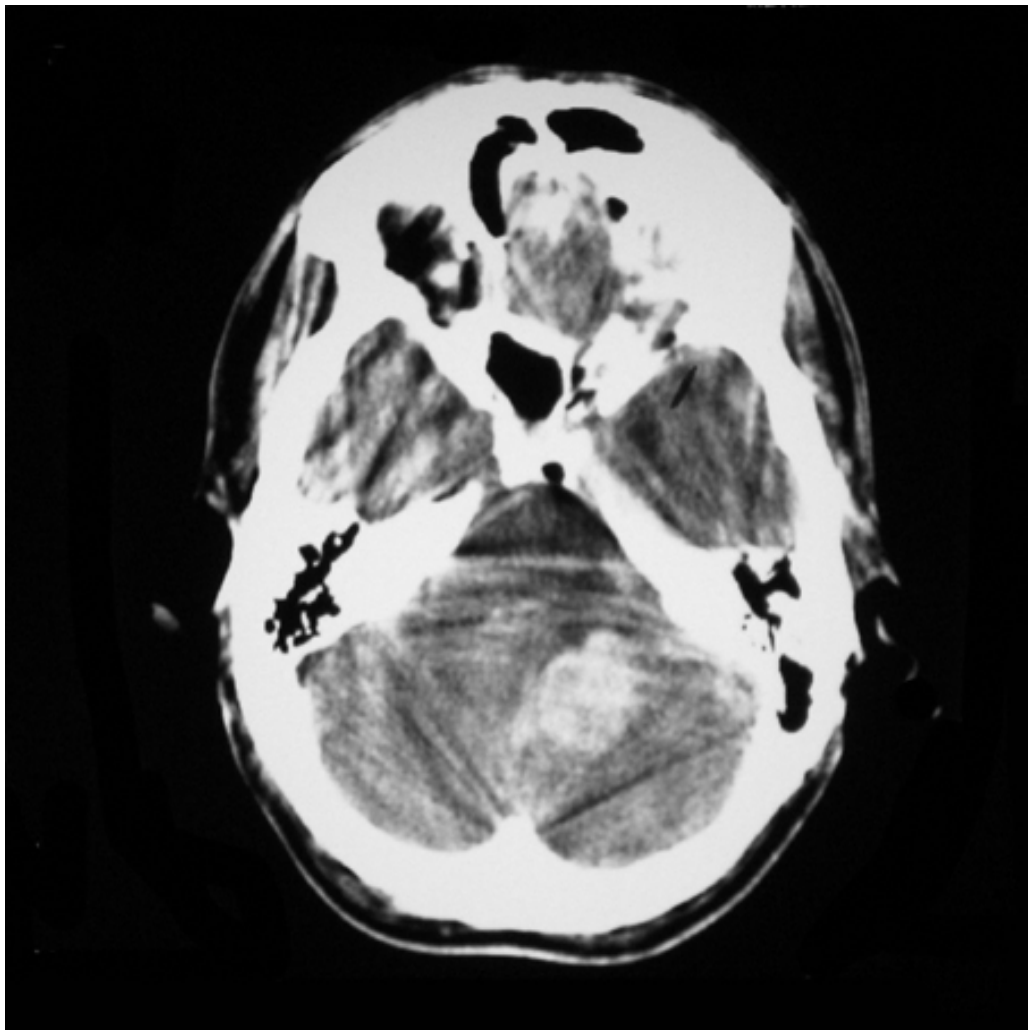
Vp 106: MRT horizontal präoperativ



Vp 106: MRT koronar präoperativ

Vp 107

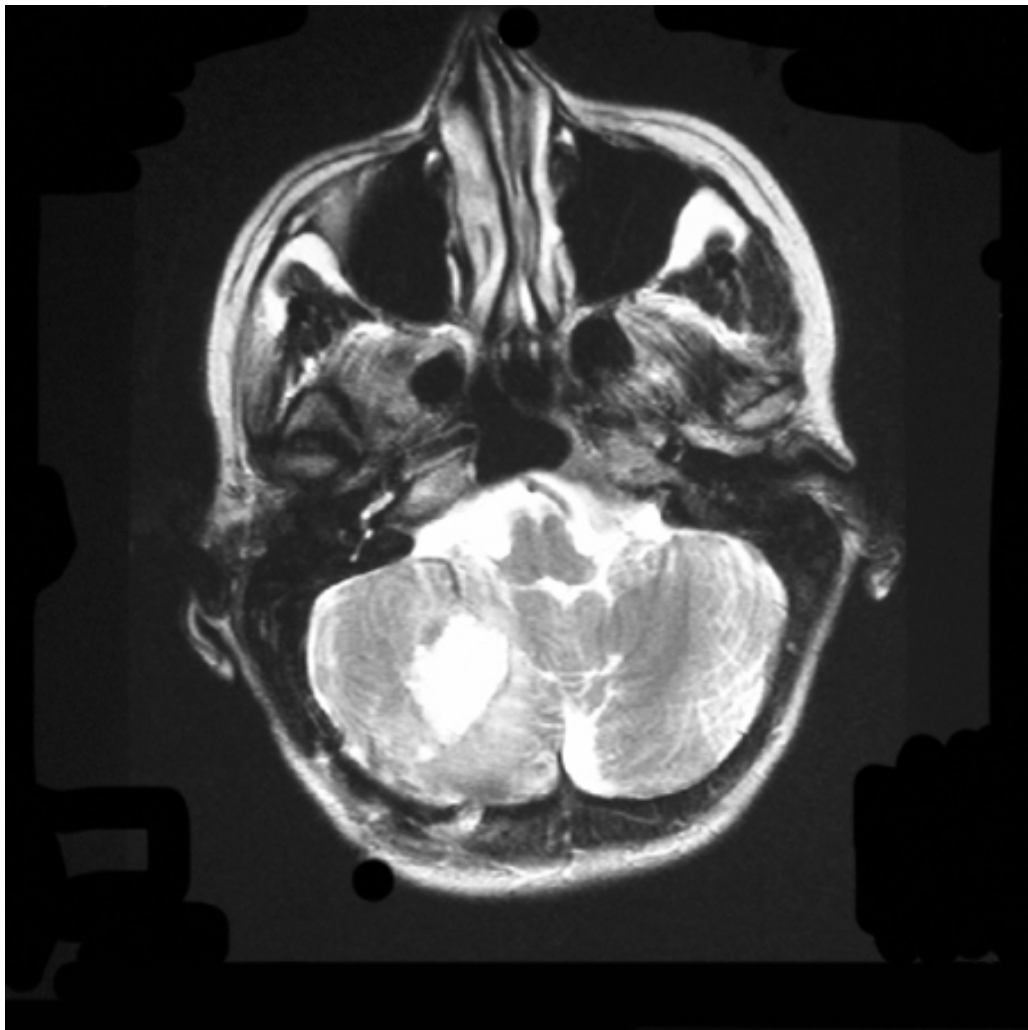
Alter: 37 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 26 Monaten
Diagnose: Hämangiom
Größe: 1 x 2 x 2 cm, kein Ödem
Lokalisation: links cerebellär
Vermis betroffen: ja
Hirnstamm betroffen: nein
Hydrocephalus: nein



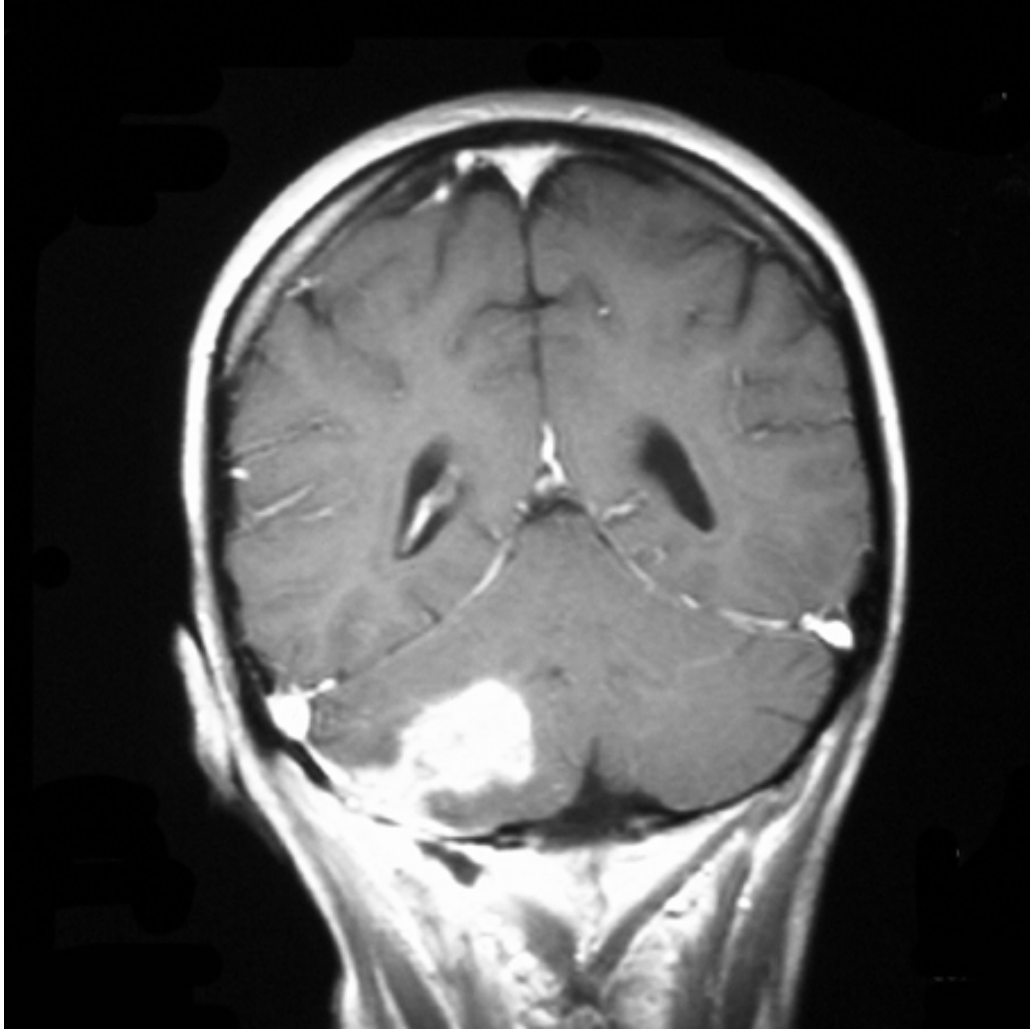
Vp 107: CCT horizontal präoperativ

Vp 108

Alter: 40 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 17 Monaten
Diagnose: Kavernom
Größe: 3 x 2 x 2 cm, kein Ödem
Lokalisation: rechts cerebellär
Vermis betroffen: nein
Hirnstamm betroffen: nein
Hydrocephalus: nein



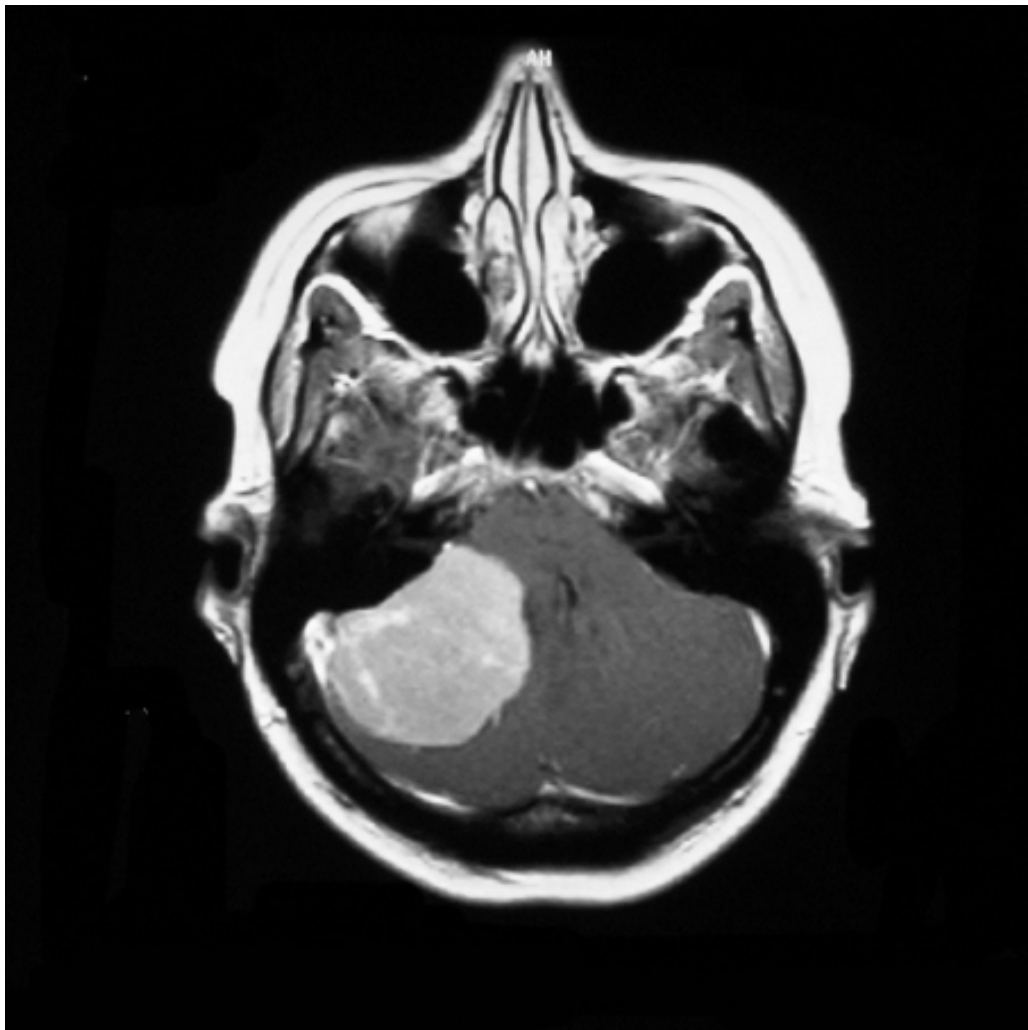
Vp 108: MRT horizontal präoperativ



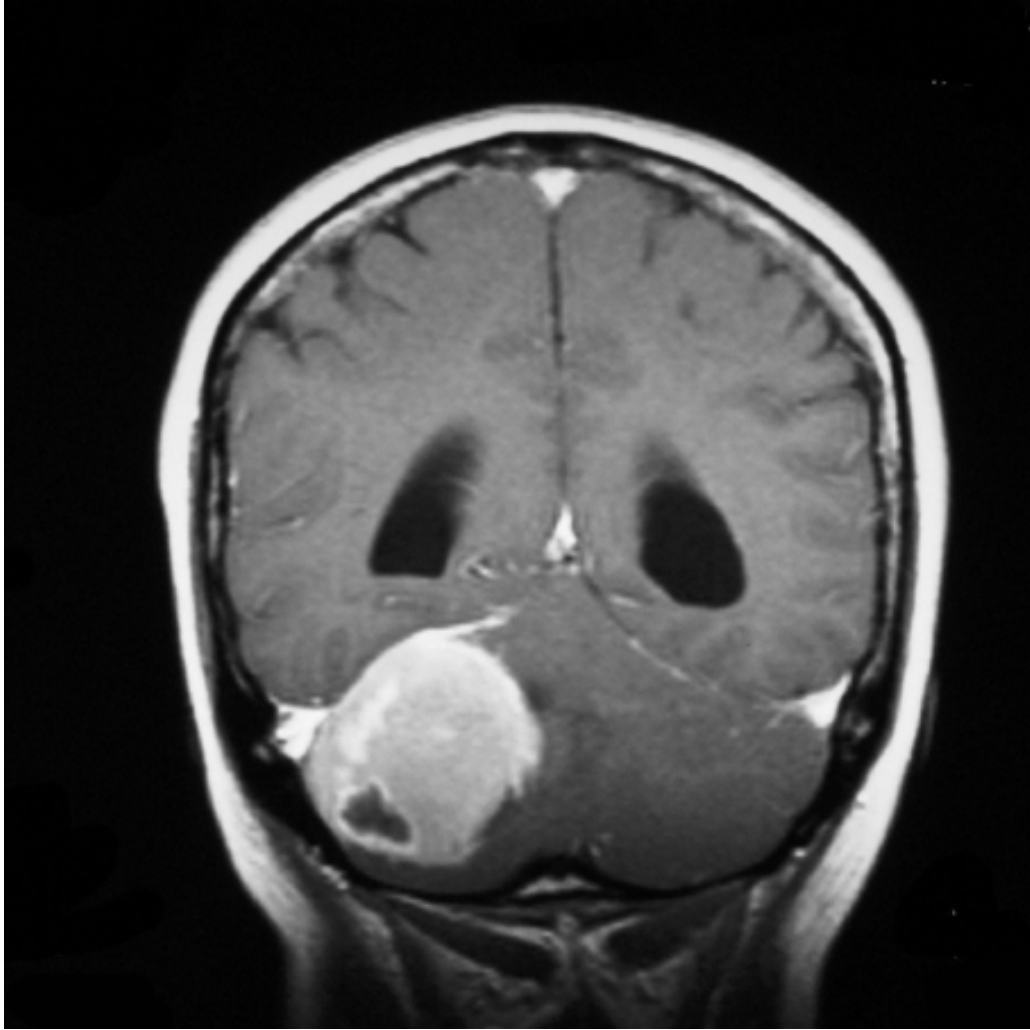
Vp 108: MRT koronar präoperativ

Vp 109

Alter: 49 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Tentorium-Meningeom
Größe: 4,5 x 5 x 5 cm, kein Ödem
Lokalisation: rechts
Vermis betroffen: nein
Hirnstamm betroffen: ja
Hydrocephalus: ja



Vp 109: MRT horizontal präoperativ



Vp 109: MRT koronar präoperativ

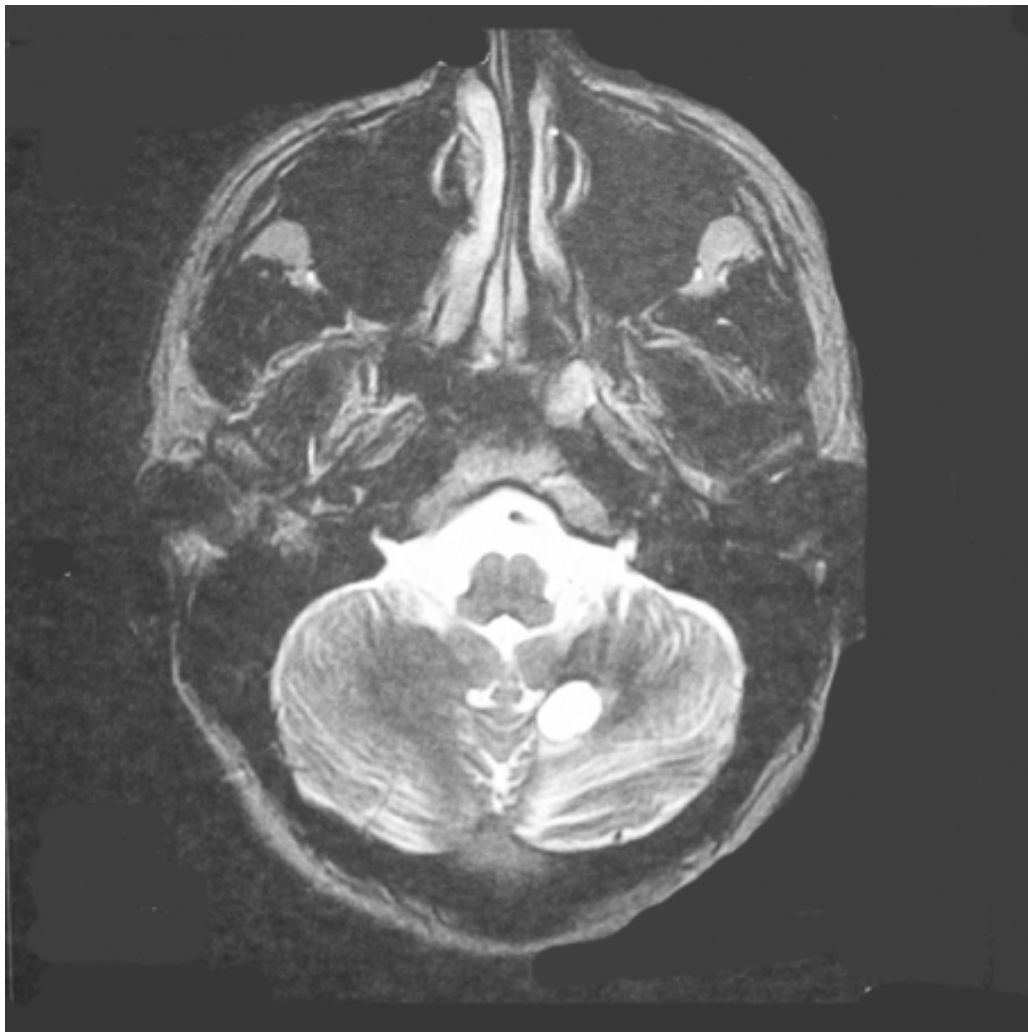
Vp 110

Alter: 61 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 11 Monaten
Diagnose: Kleinhirnblutung
Größe: 2,5 x 1,5 x 1,5 cm
Lokalisation: rechts cerebellär
Vermis betroffen:
Hirnstamm betroffen: nein
Hydrocephalus: ja

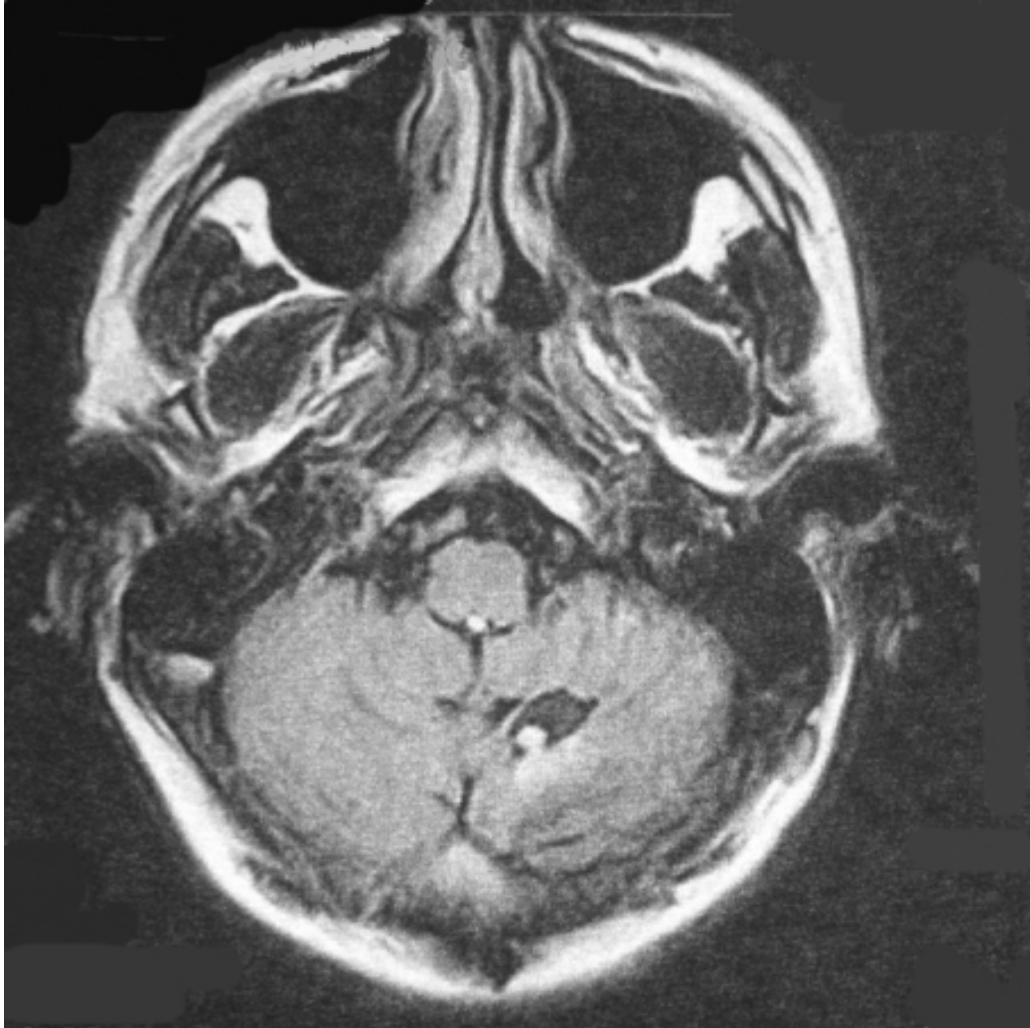
Von diesem Patienten lag lediglich der Befund einer ambulant durchgeführten MRT vor, aber nicht die Aufnahmen.

Vp 111

Alter: 26 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Rezidiv eines Hämangioblastoms
Größe: 1,5 x 1 x 1 cm, kein Ödem
Lokalisation: links cerebellär
Vermis betroffen: nein
Hirnstamm betroffen: nein
Hydrocephalus: nein



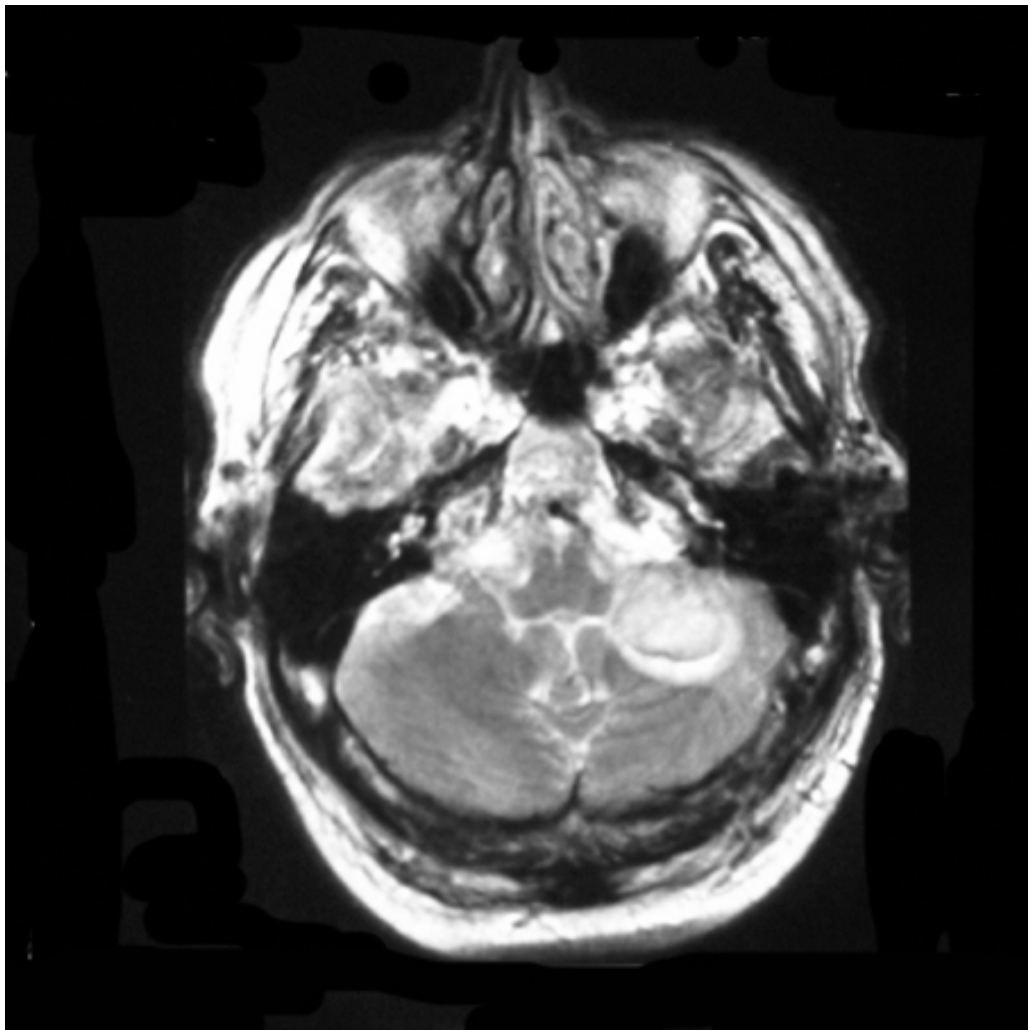
Vp 111: MRT horizontal präoperativ



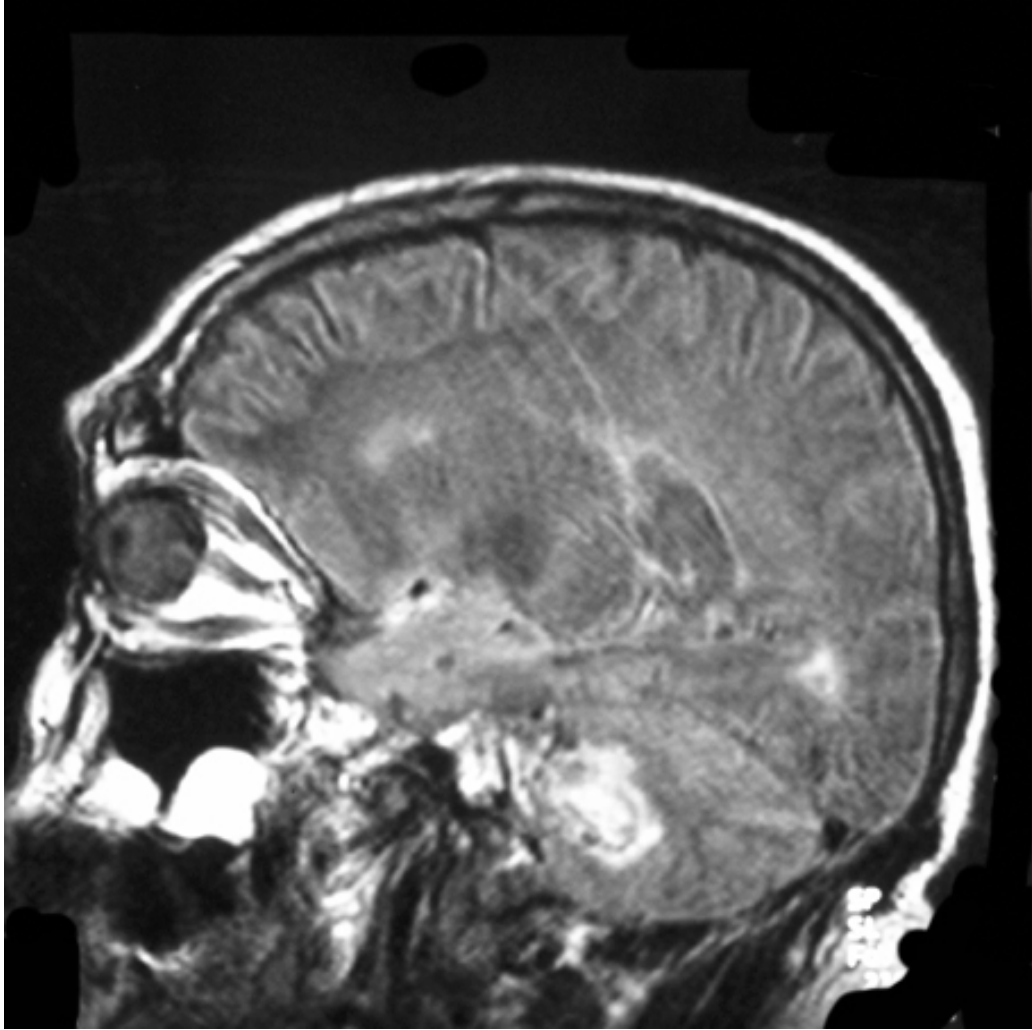
Vp 111: MRT horizontal präoperativ

Vp 112

Alter: 63 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Kleinhirnblutung
Größe: 3 x 2,5 x 2,5 cm, kein Ödem
Lokalisation: links cerebellär
Vermis betroffen: nein
Hirnstamm betroffen: nein
Hydrocephalus: nein



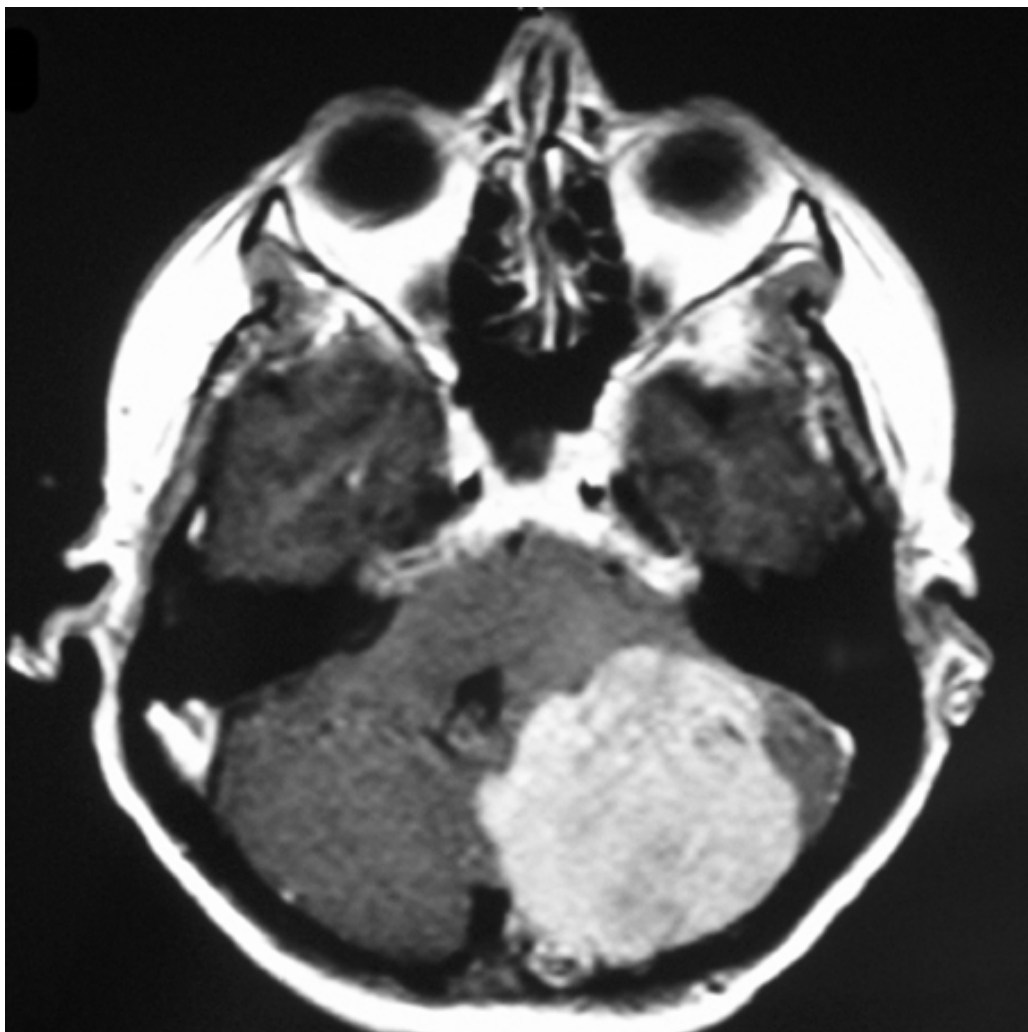
Vp 112: MRT horizontal präoperativ



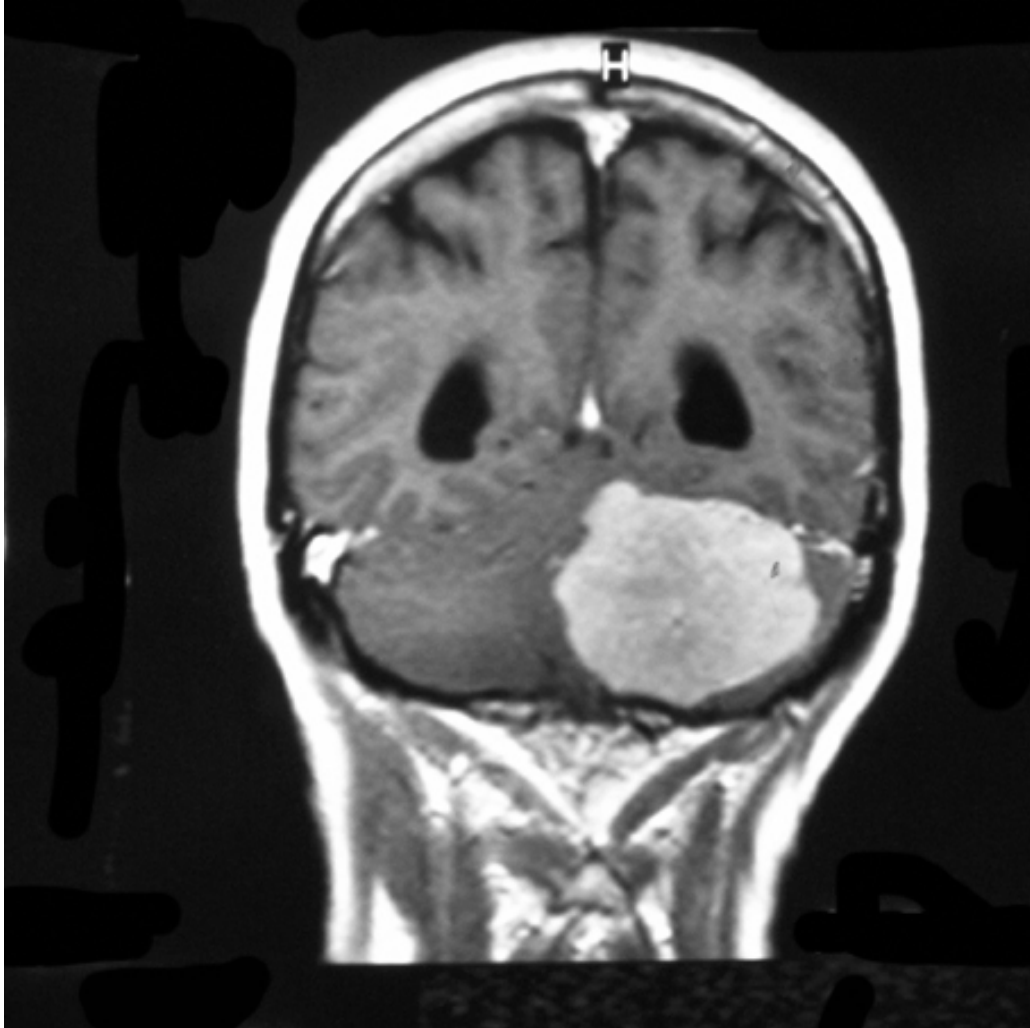
Vp 112: MRT sagittal präoperativ

Vp 113

Alter: 54 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Meningeom
Größe: 5 x 5 x 5 cm, kein Ödem
Lokalisation: links cerebellär
Vermis betroffen: nein
Hirnstamm betroffen: ja
Hydrocephalus: ja



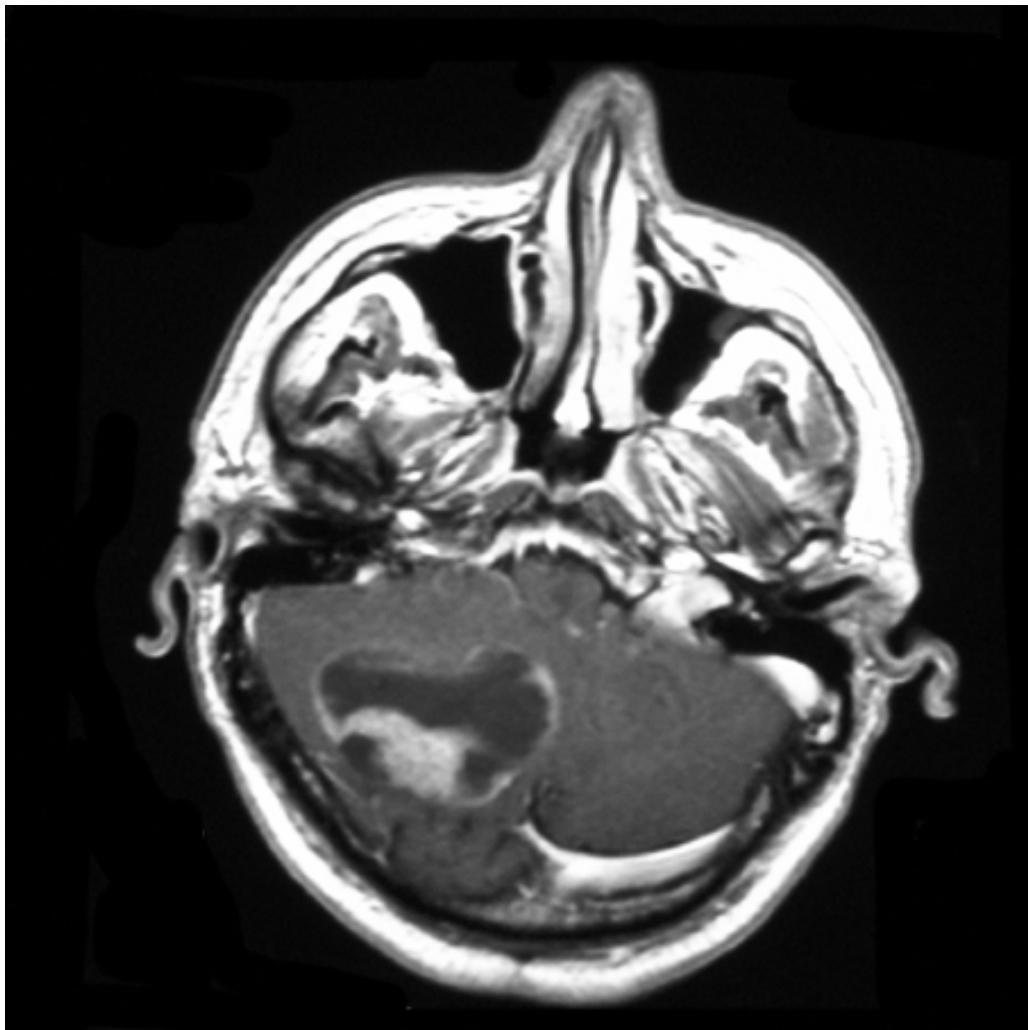
Vp 113: MRT horizontal präoperativ



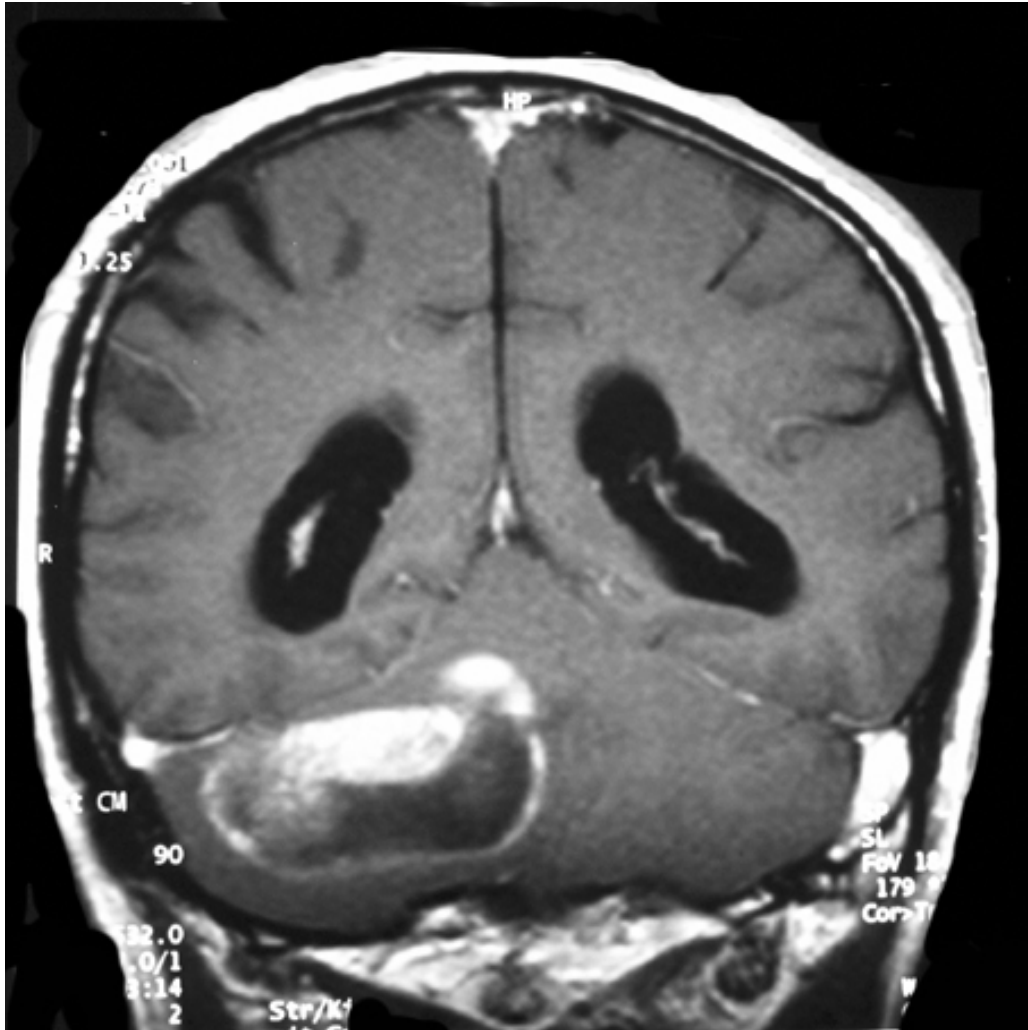
Vp 113: MRT koronar präoperativ

Vp 114

Alter: 65 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Metastase bei unbekanntem Primärtumor
Größe: 6x 4 x 4 cm, perifokales Ödem
Lokalisation: rechts cerebellär
Vermis betroffen: ja
Hirnstamm betroffen: nein
Hydrocephalus: ja



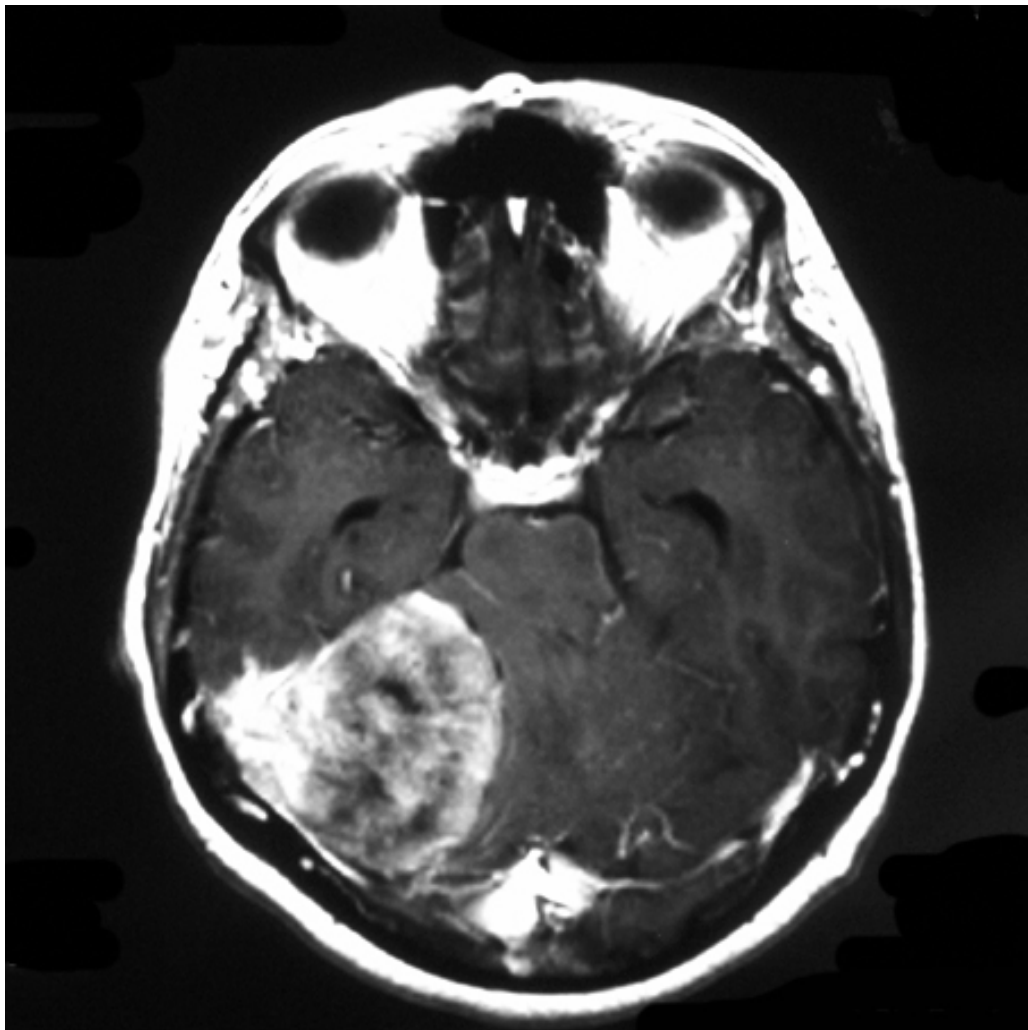
Vp 114: MRT horizontal präoperativ



Vp 114: MRT koronar präoperativ

Vp 115

Alter: 66 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Meningeom
Größe: 5 x 5 x 5 cm, kein Ödem
Lokalisation: rechts cerebellär
Vermis betroffen: nein
Hirnstamm betroffen: ja
Hydrocephalus: nein



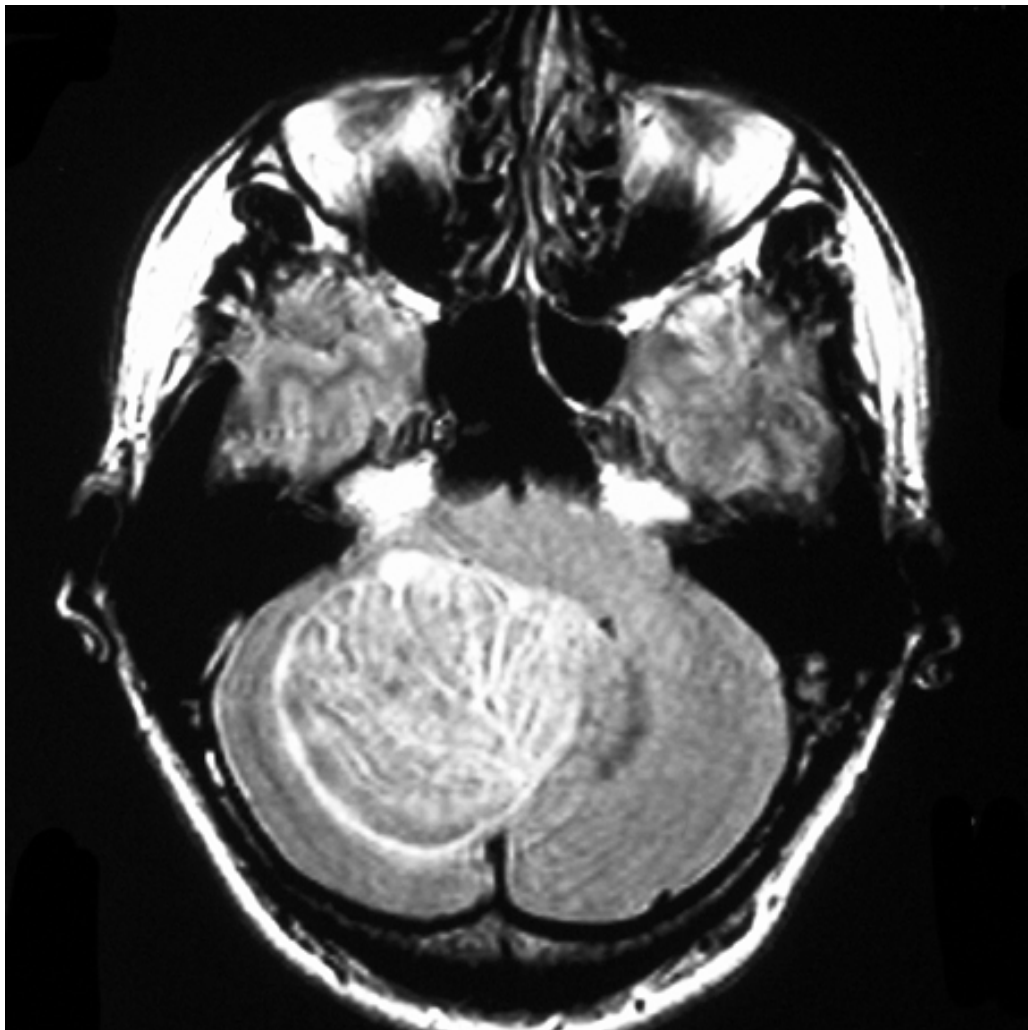
Vp 115: MRT horizontal präoperativ



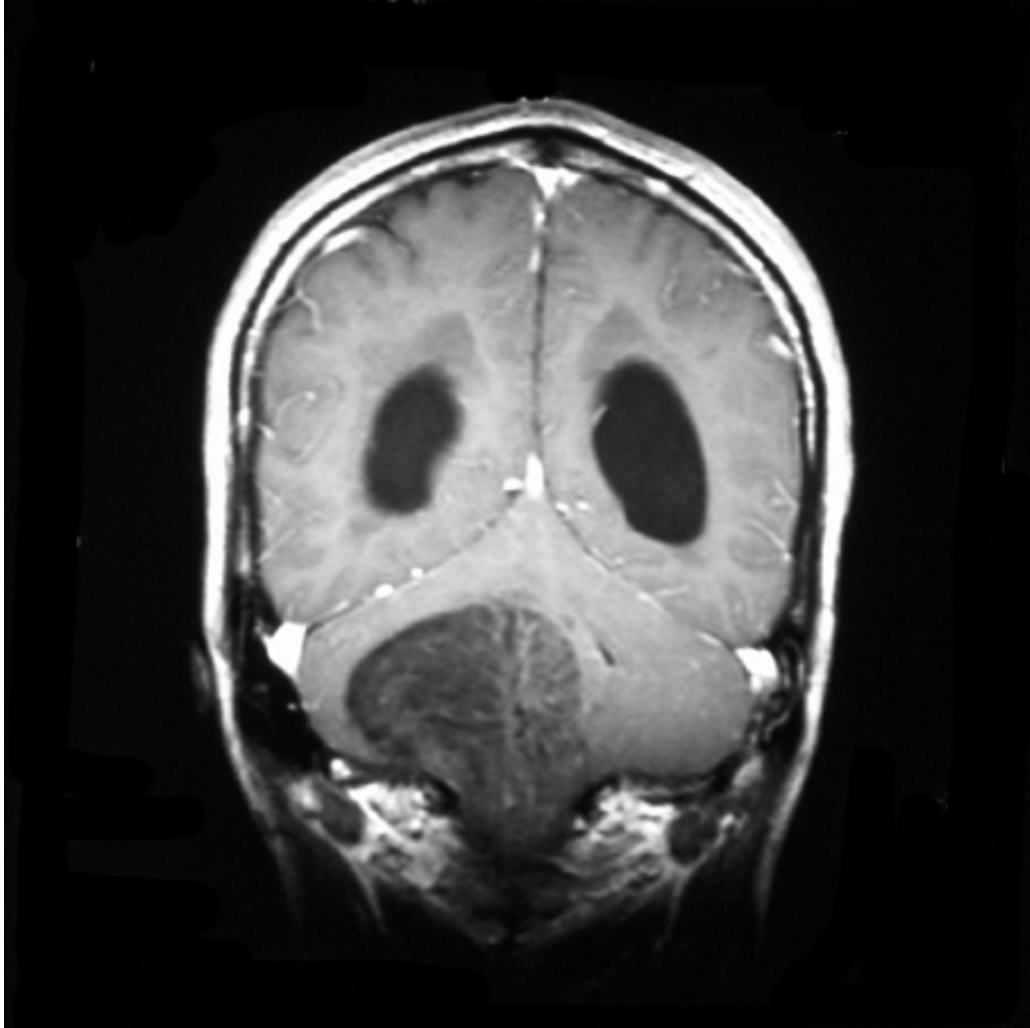
Vp 115: MRT sagittal präoperativ

Vp 116

Alter: 36 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: Ambidexter
Untersuchungszeitpunkt: postoperativ
Diagnose: Gangliozytom (WHO I)
Größe: 6 x 6 x 6 cm, perifokales Ödem
Lokalisation: rechts
Vermis betroffen: ja
Hirnstamm betroffen: ja
Hydrocephalus: ja



Vp 116: MRT horizontal präoperativ



Vp 116: MRT koronar präoperativ

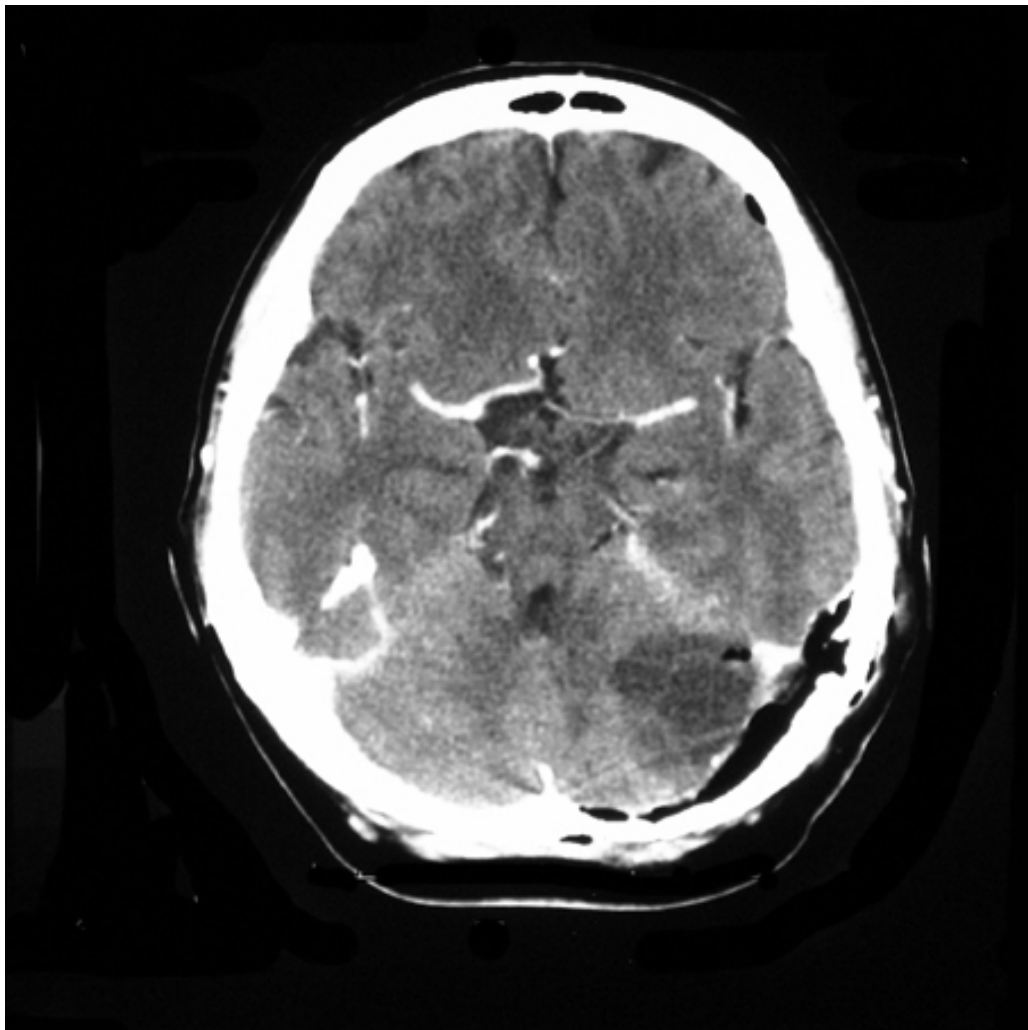
Vp 117

Alter:	71 Jahre
Geschlecht:	männlich
Händigkeit:	rechts
Untersuchungszeitpunkt:	präoperativ
Diagnose:	Metastase eines Malignen Melanoms
Größe:	3 x 2 x 3 cm, perifokales Ödem
Lokalisation:	rechts
Vermis betroffen:	nein
Hirnstamm betroffen:	nein
Hydrocephalus:	nein

Von diesem Patienten lag lediglich der Befund einer ambulant durchgeführten MRT vor, aber nicht die Aufnahmen.

Vp 118

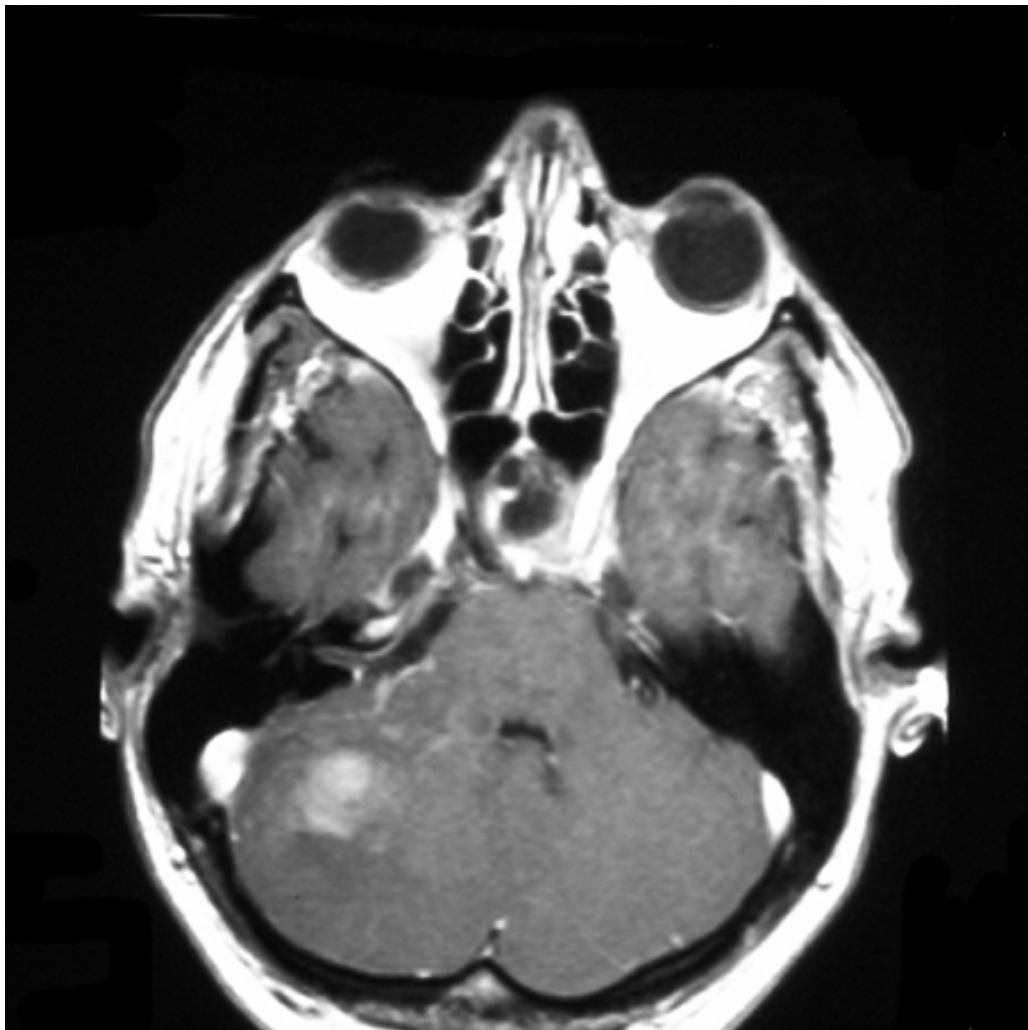
Alter: 48 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Meningeom
Größe: 3,5 x 3,5 x 3,5 cm, perifokales Ödem
Lokalisation: links cerebellär
Vermis betroffen: nein
Hirnstamm betroffen: nein
Hydrocephalus: nein



Vp 118: CCT horizontal postoperativ

Vp 119

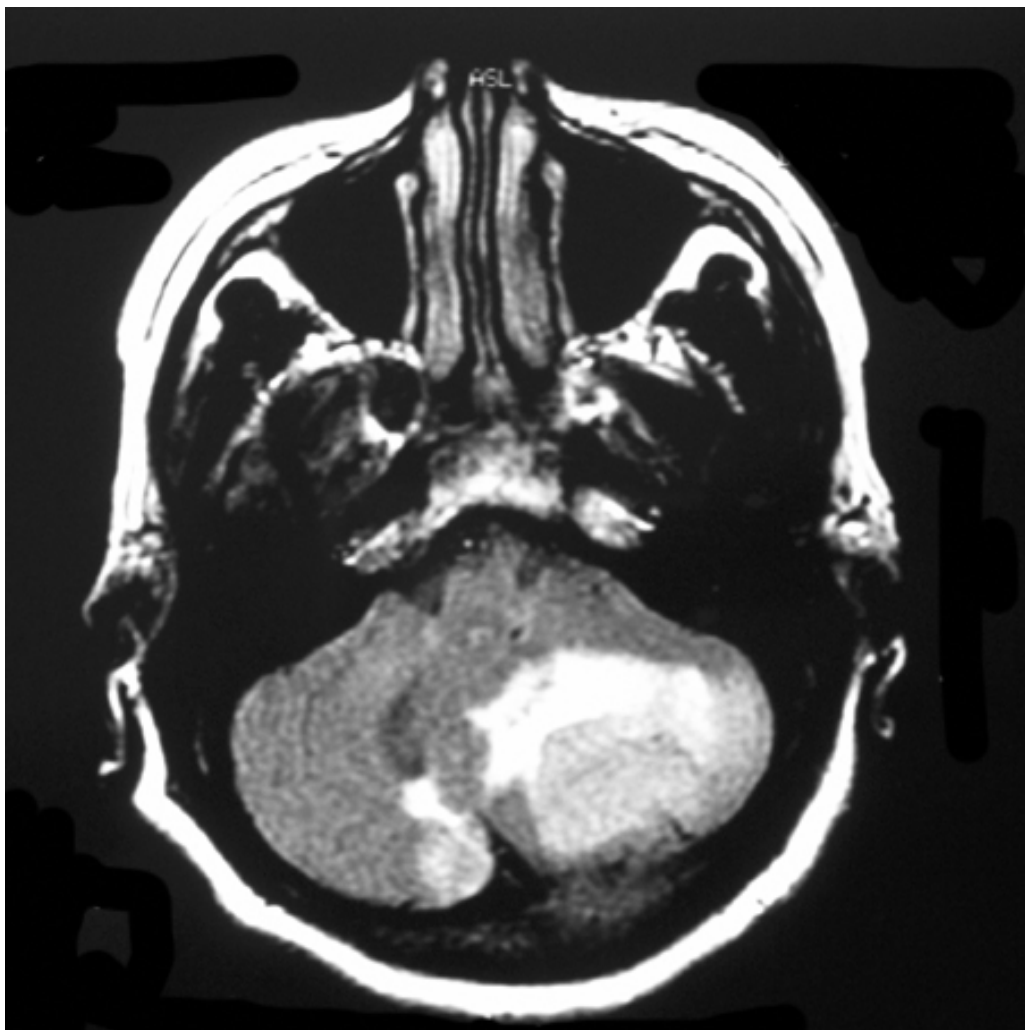
Alter: 45 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: links
Untersuchungszeitpunkt: postoperativ
Diagnose: Kleinhirnblutung
Z.n. Operation eines Hypophysenadenoms vor 7 Jahren
Größe: 2 x 1,5 x 1,5 cm, kein Ödem
Lokalisation: rechts cerebellär
Vermis betroffen: nein
Hirnstamm betroffen: nein
Hydrocephalus: nein



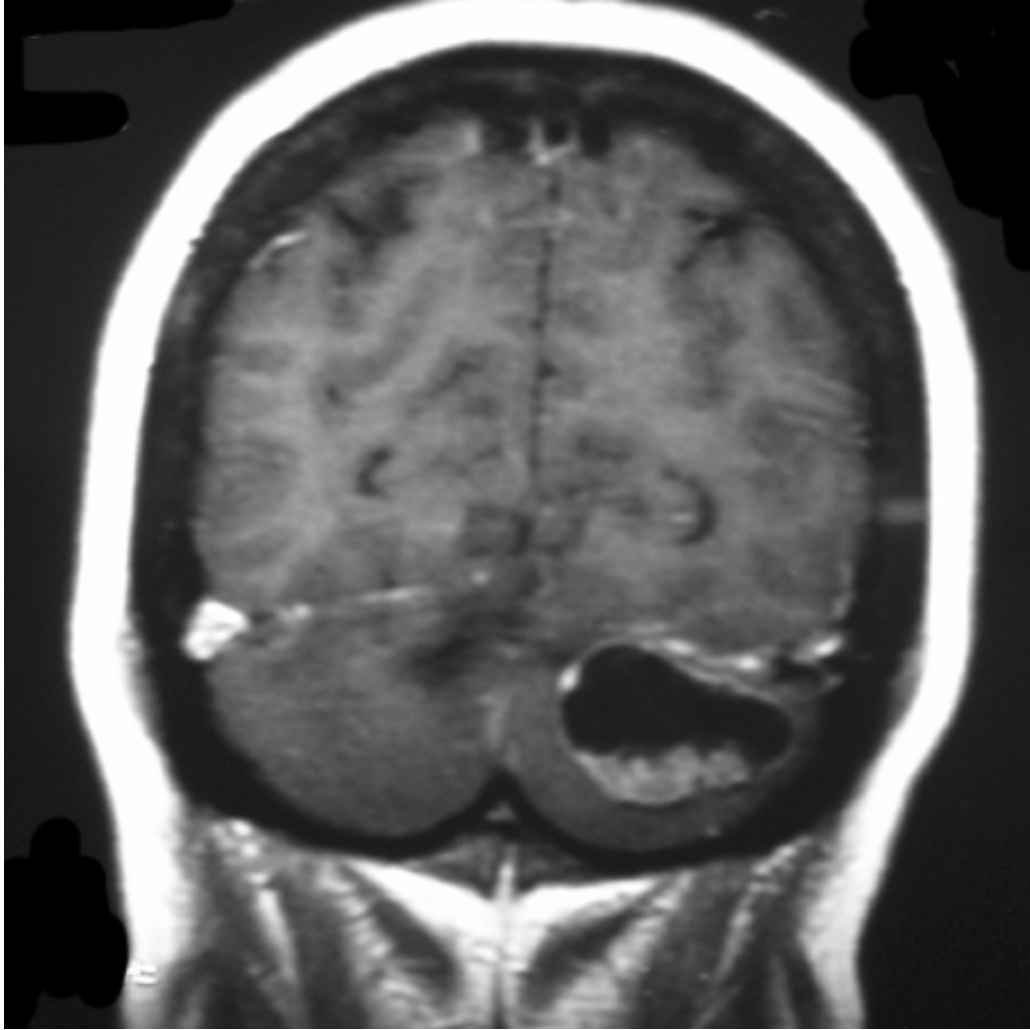
Vp 119: MRT horizontal präoperativ

Vp 120

Alter: 62 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Metastase eines Colon-Karzinoms
Größe: 4,5 x 3 x 3 cm, kein Ödem
Lokalisation: links cerebellär
Vermis betroffen: ja
Hirnstamm betroffen: ja
Hydrocephalus: nein



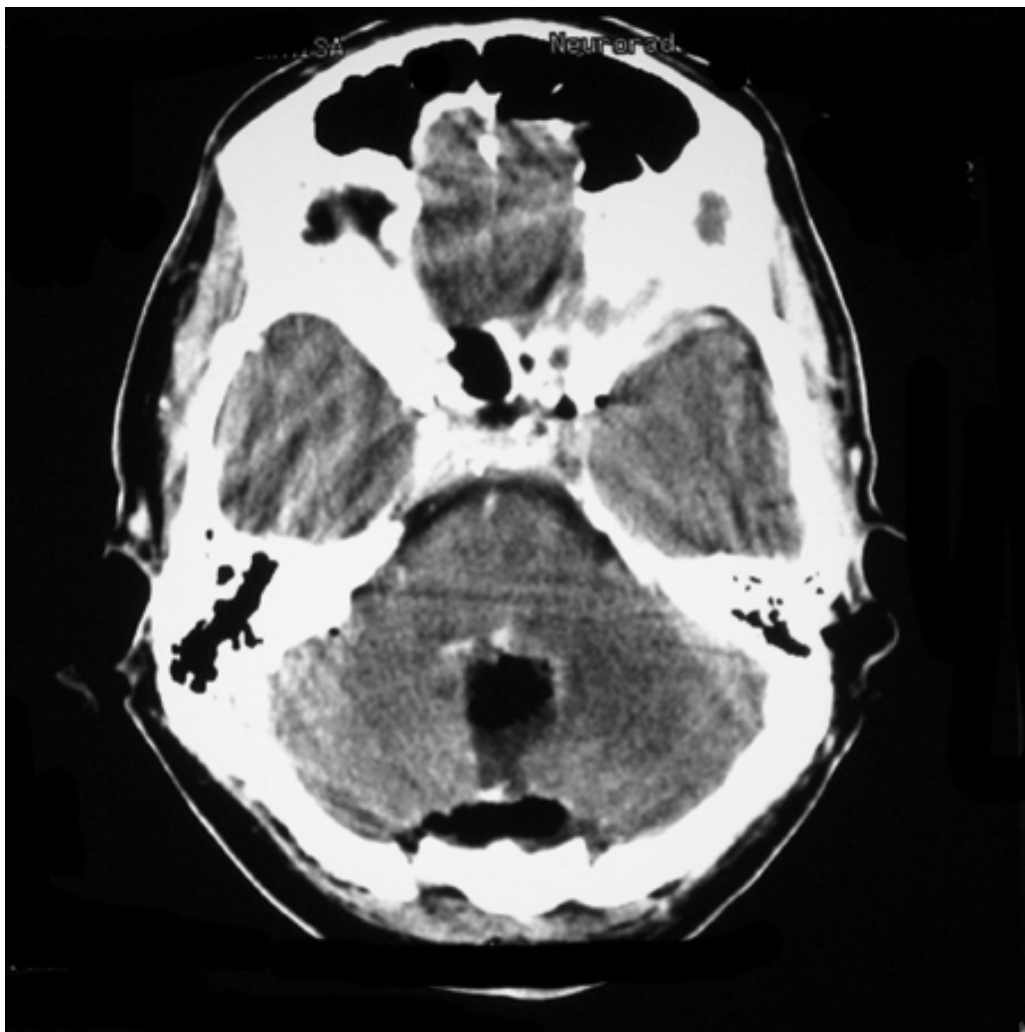
Vp 120: MRT horizontal präoperativ



Vp 120: MRT koronar präoperativ

Vp 121

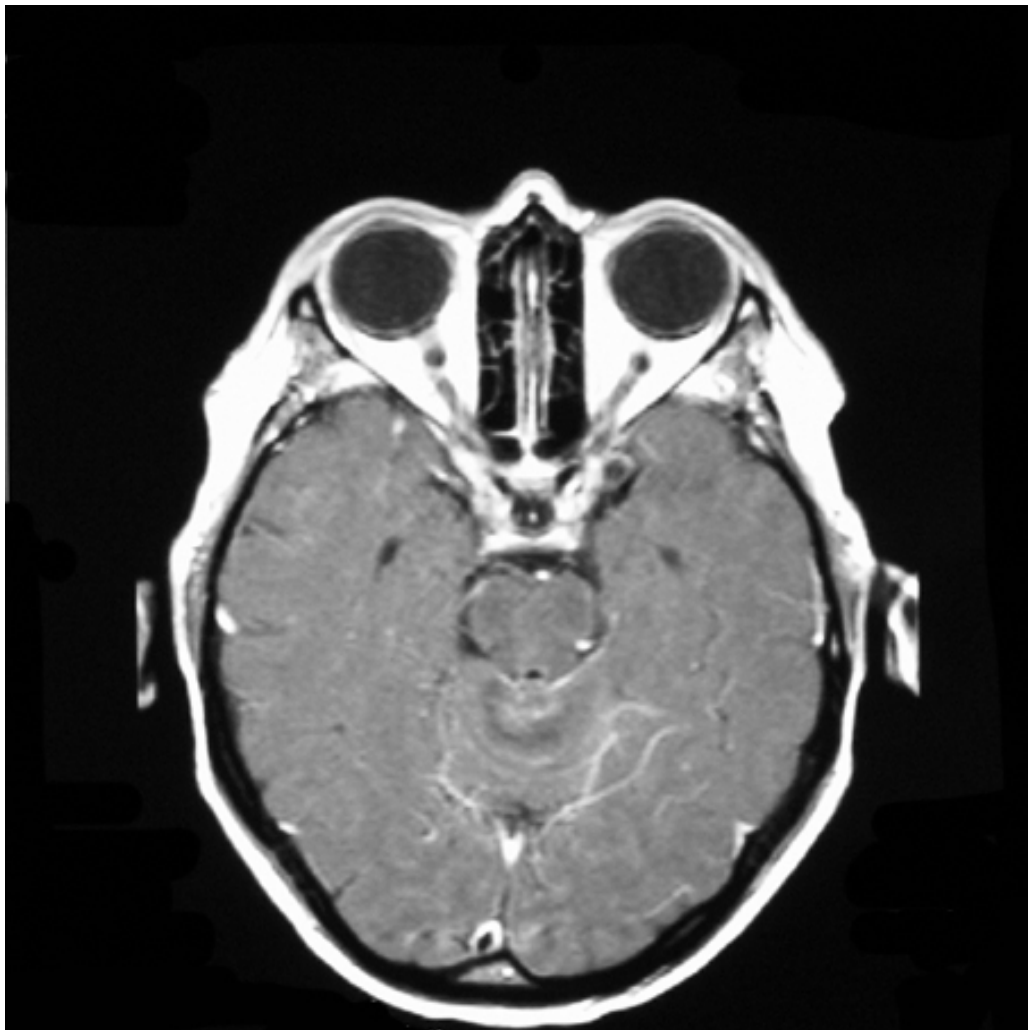
Alter: 63 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: 2 Metastasen eines Magenkarzinoms
Größe: 3 x 3 x 3 cm, 1 x 1 x 1 cm, perifokales Ödem
Lokalisation: medial und rechts cerebellär
Vermis betroffen: ja
Hirnstamm betroffen: ja
Hydrocephalus: ja



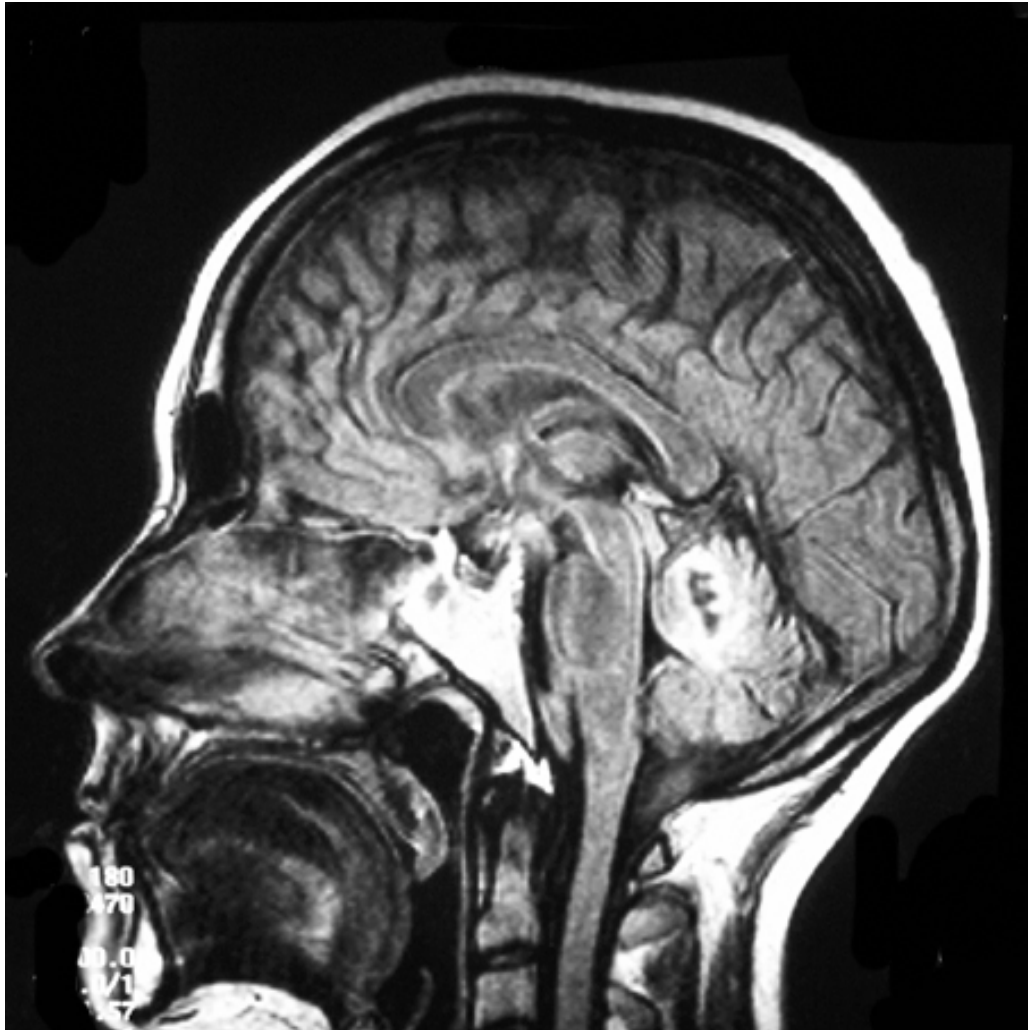
Vp 121: CCT horizontal postoperativ

Vp 122

Alter: 45 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: während des stationären Aufenthaltes (keine Operation)
Diagnose: Vermisblutung
Größe: 2 x 1 x 2 cm
Lokalisation: cerebellär medial
Vermis betroffen: ja
Hirnstamm betroffen: nein
Hydrocephalus: nein



Vp 122: MRT horizontal präoperativ



Vp 122: MRT sagittal präoperativ

ANHANG C

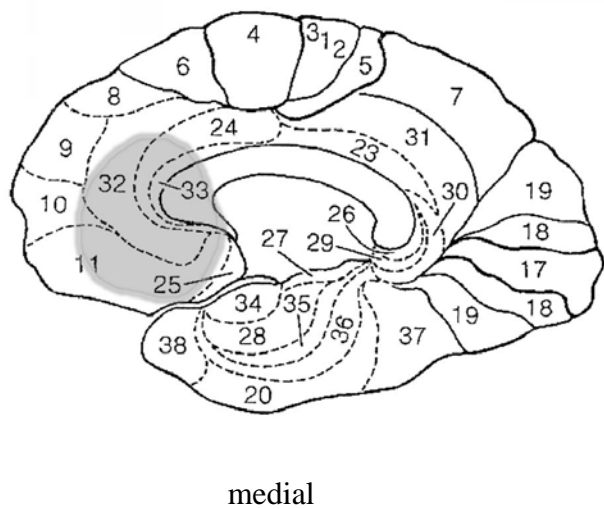
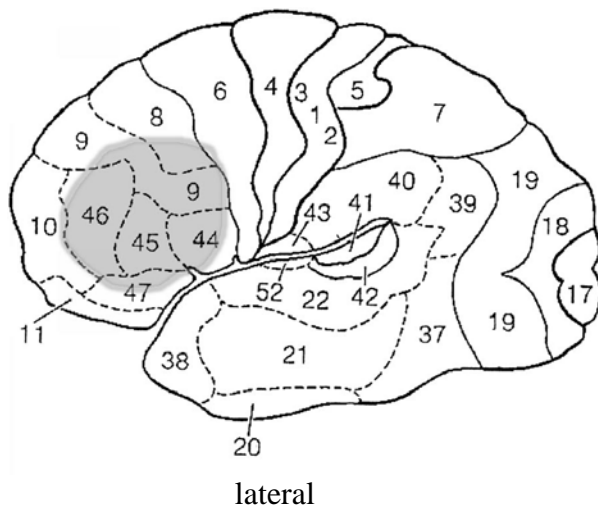
- Klinische Daten der Patienten mit Läsionen des Frontalhirns

Klinische Daten der Patienten mit Läsionen des Frontalhirns

Die Angaben bzgl. eines Hydrocephalus, einer „Infiltration“ des Balkens (auch durch Ödem) und einer Verdrängung der Mittellinie beziehen sich ausschließlich auf den präoperativen Zustand der Patienten.

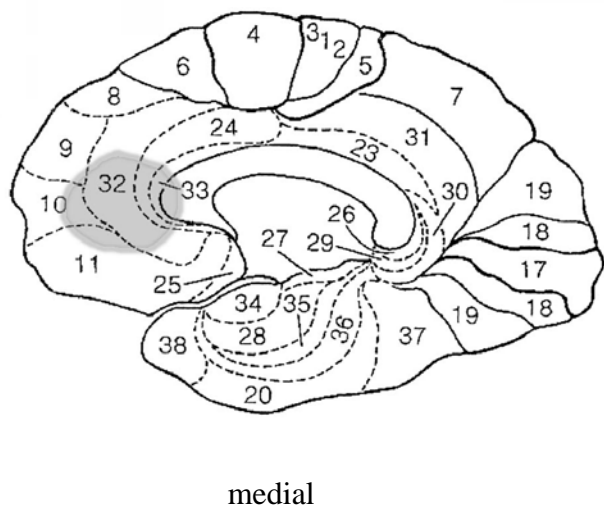
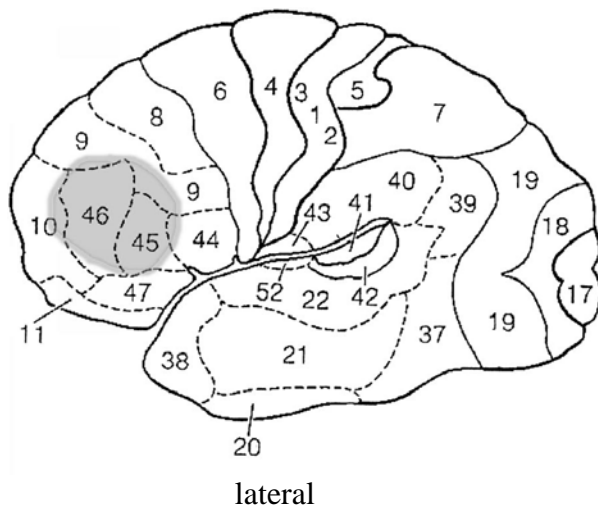
Vp 201

Alter: 43 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Metastase eines Mammakarzinoms
Lokalisation: links frontal
Größe: 3 x 4 x 3 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: nein



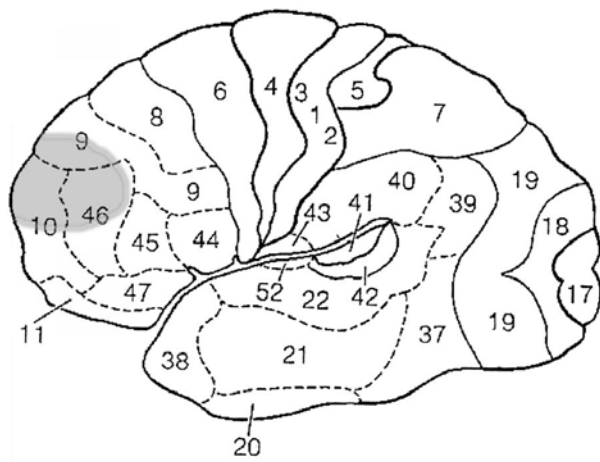
Vp 202

Alter: 47 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 16 Monaten
Diagnose: Glioblastom
Lokalisation: rechts frontal
Größe: 3 x 4 x 3 cm, ausgeprägtes Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: 2 cm

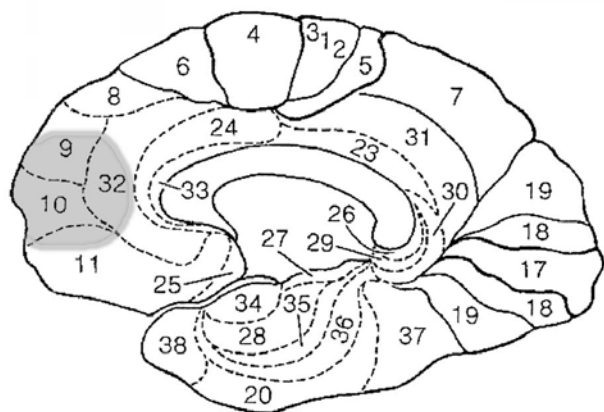


Vp 203

Alter: 67 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Oligoastrozytom (WHO III)
Lokalisation: rechts frontal
Größe: 4,5 x 3 x 3 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein



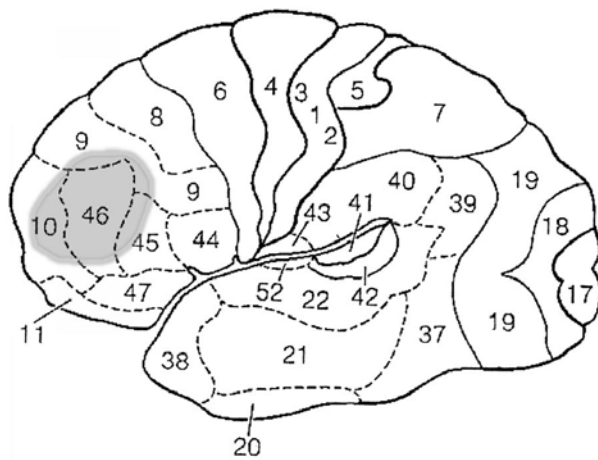
lateral



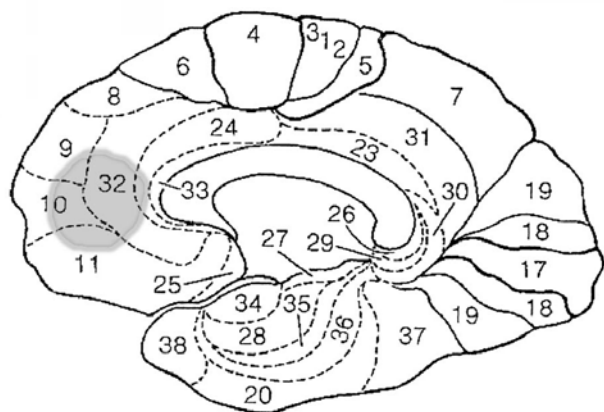
medial

Vp 204

Alter: 31 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: Ambidexter
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Glioblastom
Lokalisation: rechts frontal
Größe: 3 x 4 x 3 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: 1 cm



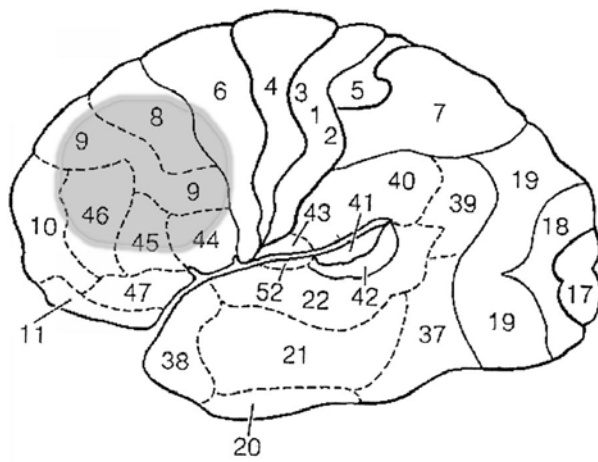
lateral



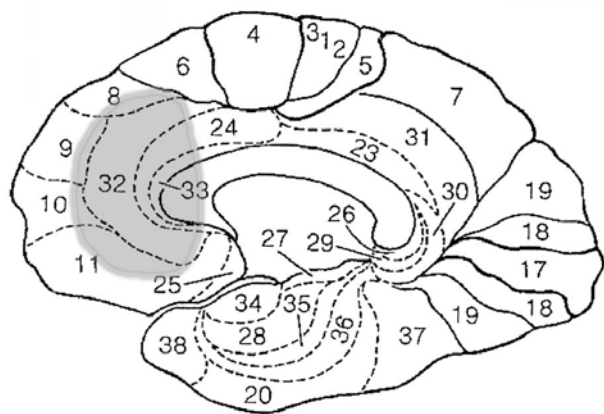
medial

Vp 205

Alter: 48 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Konvexitätsmeningeom
Lokalisation: rechts frontal
Größe: 6 x 6 x 6 cm, ausgeprägtes Ödem
Hydrocephalus: ja
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: 2,5 cm



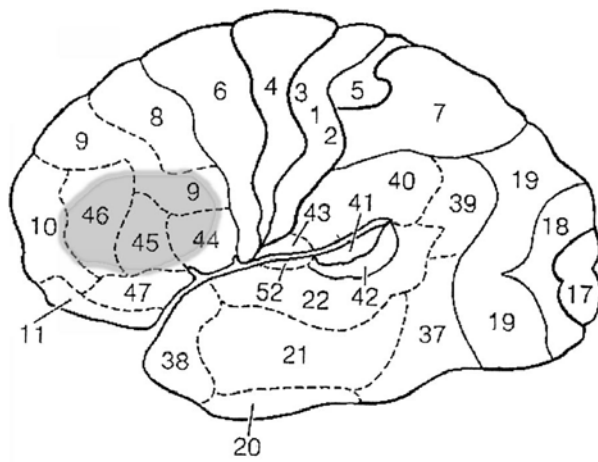
lateral



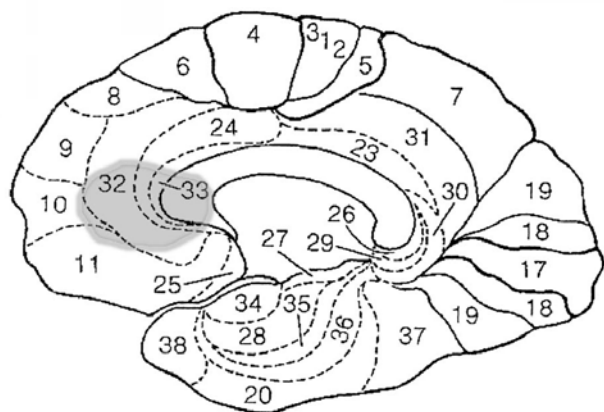
medial

Vp 206

Alter: 19 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Rezidiv eines Glioblastoms
Lokalisation: links frontal
Größe: 4 x 4 x 5 cm, kein Ödem
Hydrocephalus: ja
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: ja



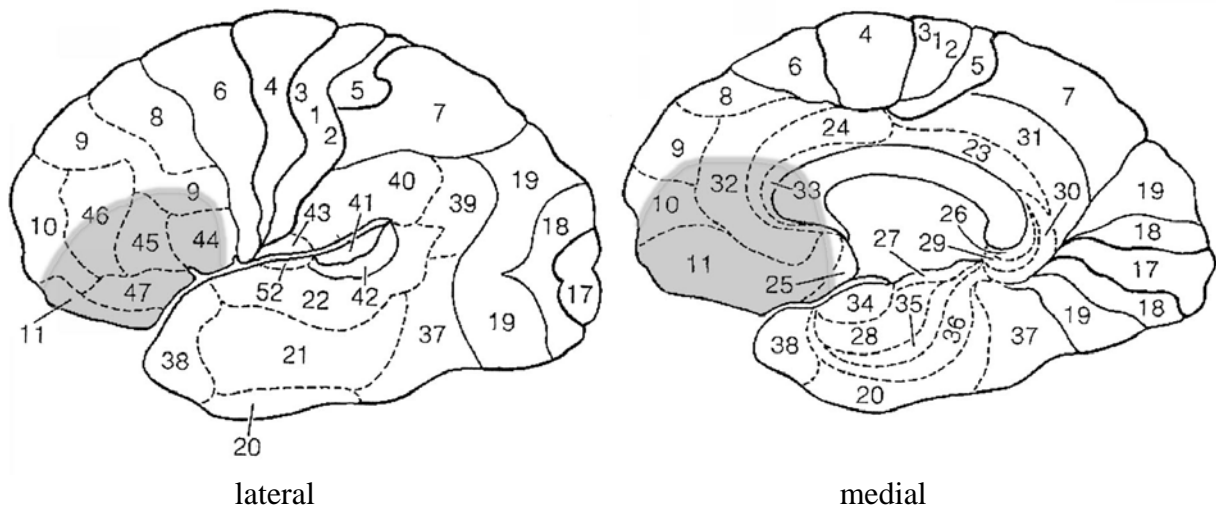
lateral



medial

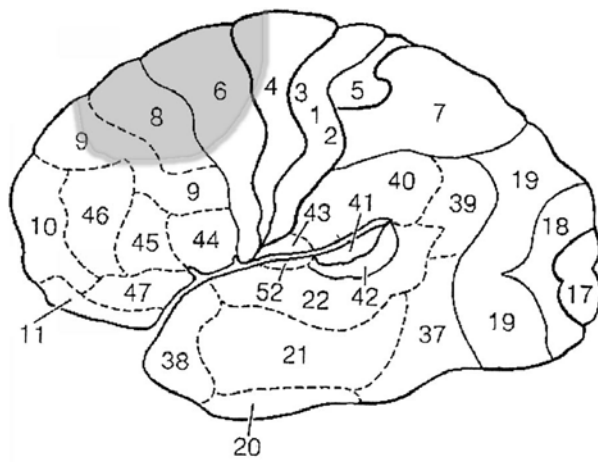
Vp 207

Alter: 50 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: Ambidexter
Untersuchungszeitpunkt: vier Monate nach Tumorresektion, dekomprimierender Craniektomie und Frontallappenteilresektion (rechts)
postoperativ nach Knochendeckelreimplantation
Diagnose: Olfaktoriusrinnenmeningeom
Lokalisation: bifrontal
Größe: 5 x 5 x 5 cm, ausgeprägtes Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein

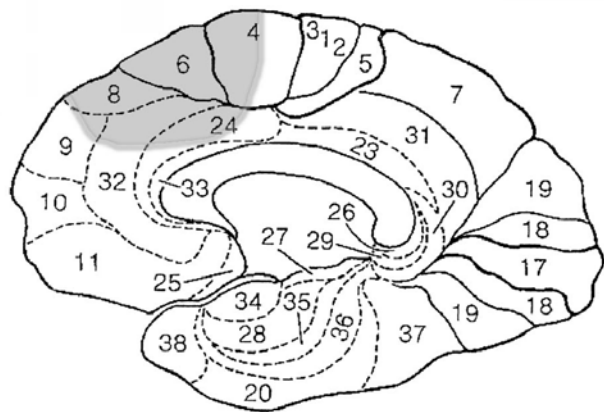


Vp 208

Alter: 63 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: links
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Meningeom
Lokalisation: links frontal
Größe: 3 x 5 x 3 cm, kein Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: nein



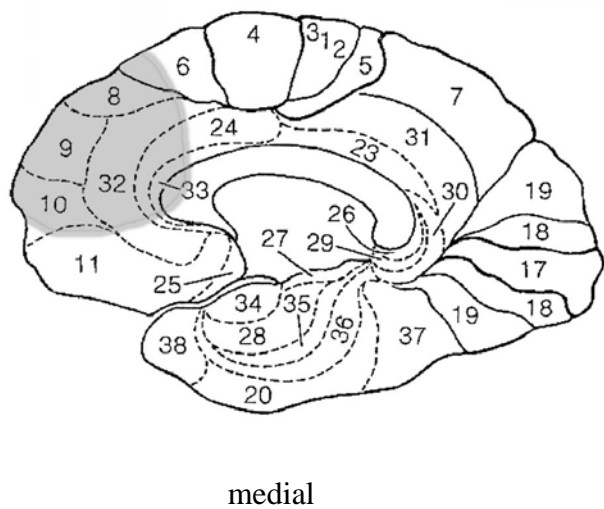
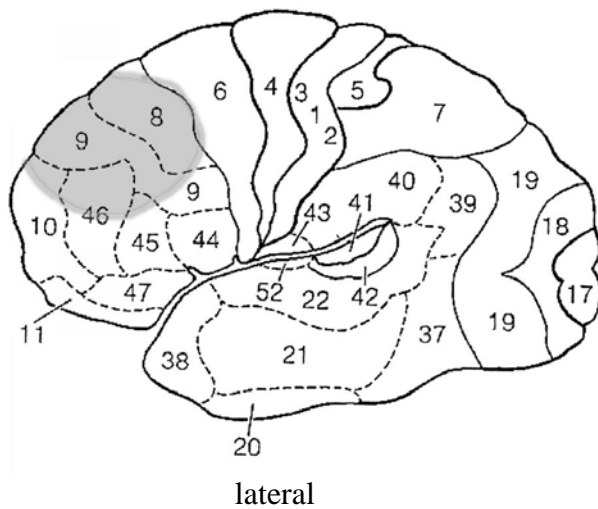
lateral



medial

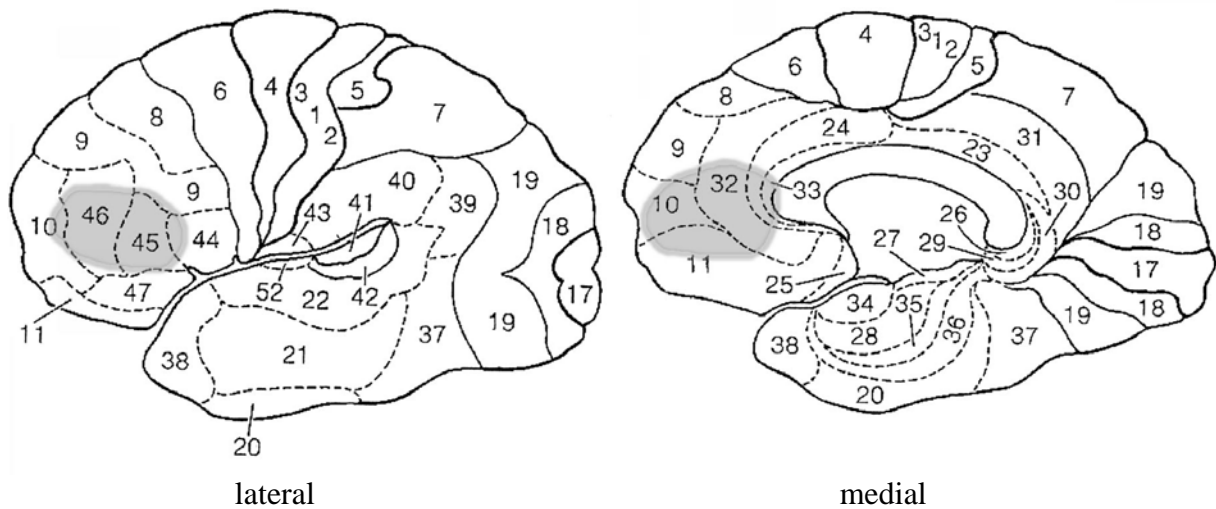
Vp 209

Alter: 42 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Glioblastom
Lokalisation: rechts frontal
Größe: 5 x 5 x 5 cm, ausgeprägtes Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: ja



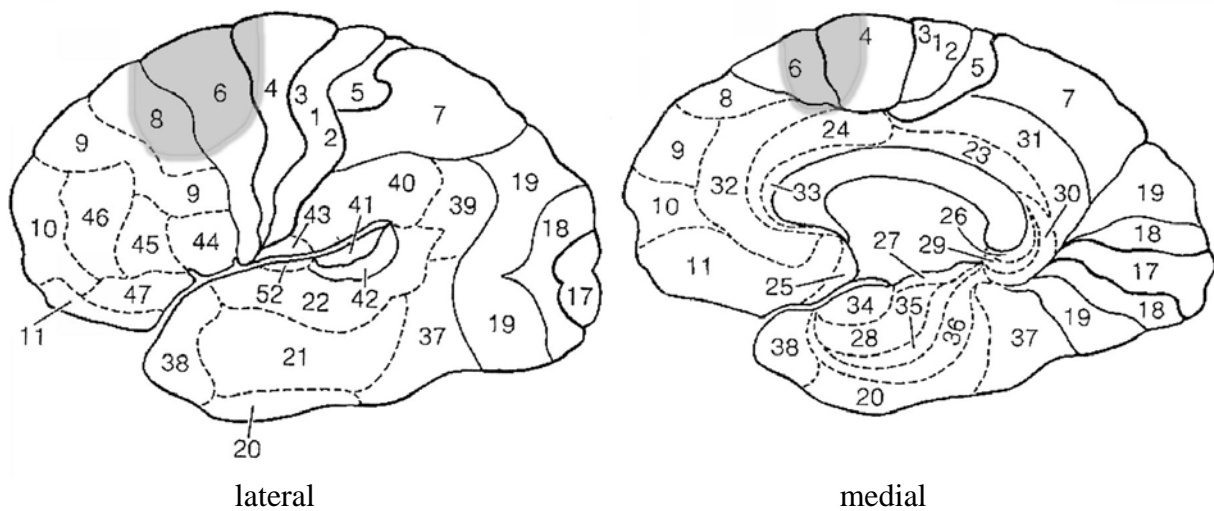
Vp 210

Alter: 28 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: während des stationären Aufenthaltes (keine Operation)
Diagnose: Verdacht auf Venöse Malformation
Lokalisation: links frontal
Größe: 3 x 3 x 3 cm, kein Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein



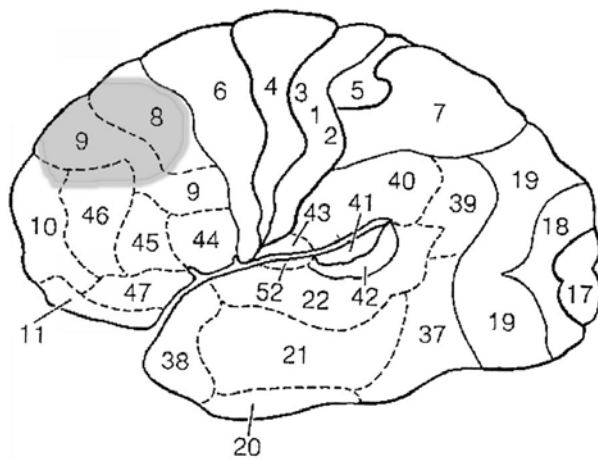
Vp 211

Alter: 40 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Oligodendrogliom (WHO II)
Lokalisation: links frontal
Größe: 6 x 4 x 4 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein

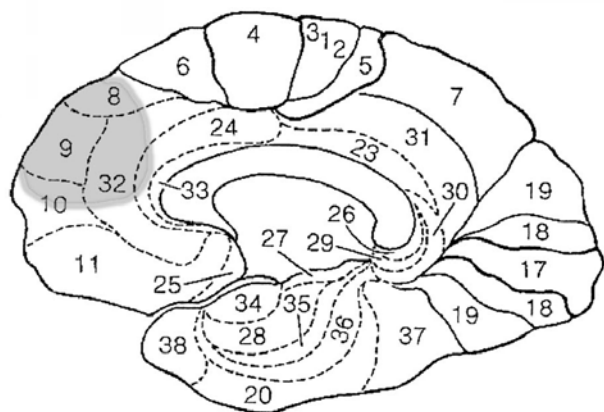


Vp 212

Alter: 60 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: links
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 12 Monaten
Diagnose: Intracerebrales Hämatom
Lokalisation: links frontal
Größe: 3 x 4 x 3 cm, starkes Ödem
Hydrocephalus: ja
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein



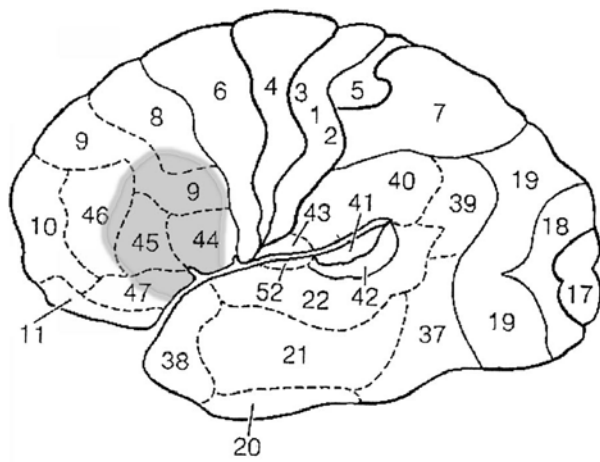
lateral



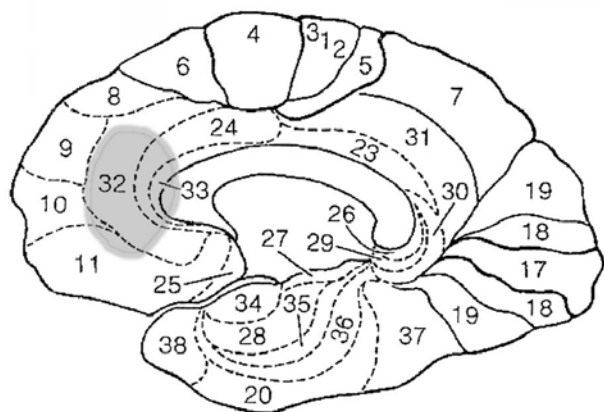
medial

Vp 213

Alter: 35 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 17 Monaten
Diagnose: Pilozytisches Astrozytom (WHO I)
Lokalisation: links frontal
Größe: 3 x 3 x 3 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein



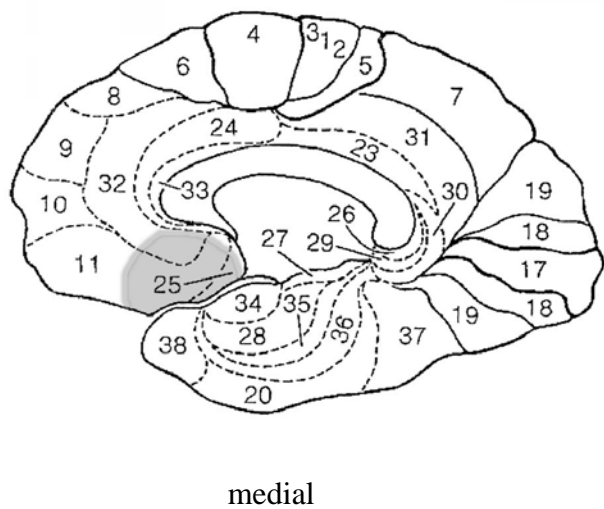
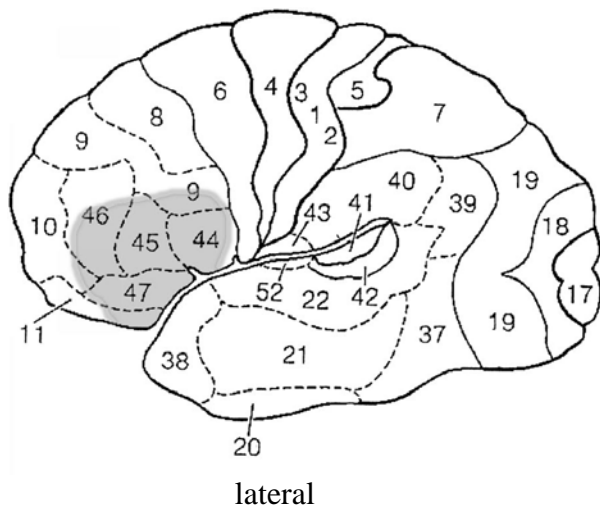
lateral



medial

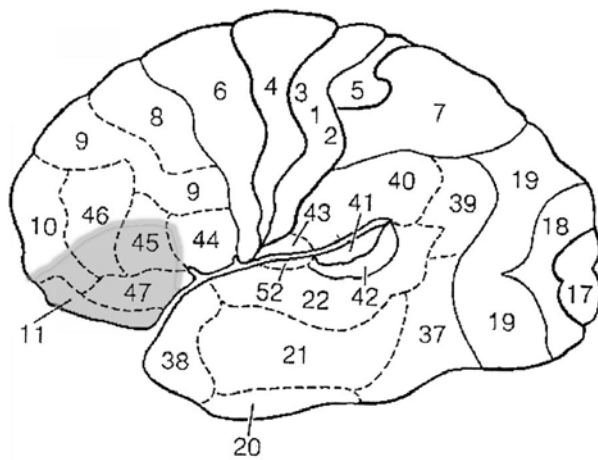
Vp 214

Alter: 41 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 35 Monaten
Diagnose: Oligoastrozytom (WHO III)
Lokalisation: rechts fronto-basal
Größe: 4,5 x 3 x 4 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein

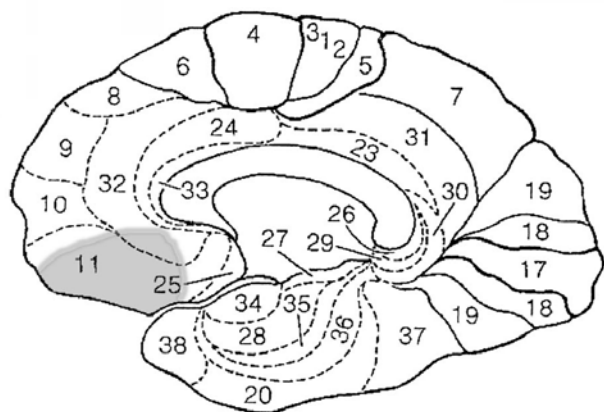


Vp 215

Alter: 46 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 32 Monaten
Diagnose: Metastase eines Bronchialkarzinoms
Lokalisation: links fronto-medial
Größe: 5 x 4 x 4 cm, ausgeprägtes Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: ja



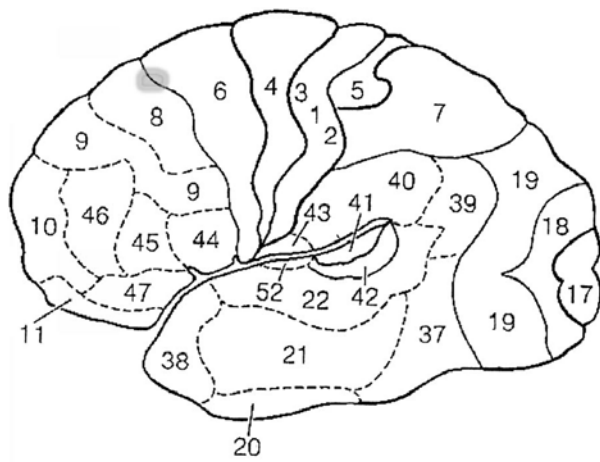
lateral



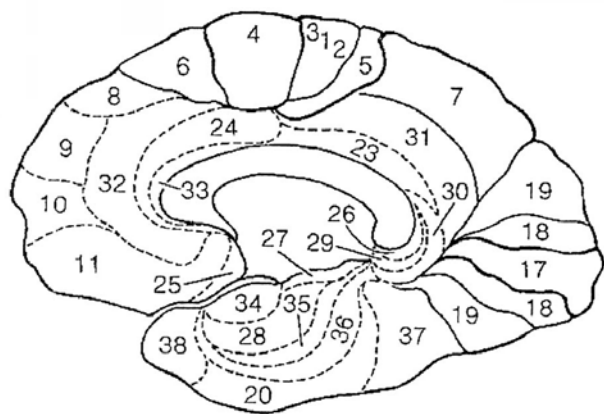
medial

Vp 216

Alter: 19 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 27 Monaten
Diagnose: Kavernöses Hämangiom
Lokalisation: links präzentral
Größe: 0,5 x 0,5 x 0,5 cm, kein Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein



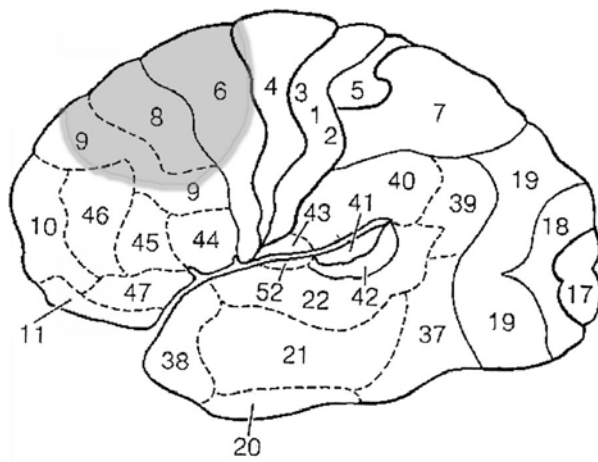
lateral



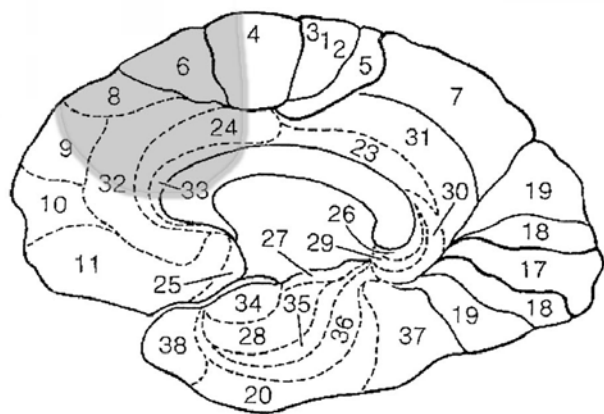
medial

Vp 217

Alter: 63 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Meningeom
Lokalisation: rechts frontal
Größe: 5 x 4 x 4 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: nein



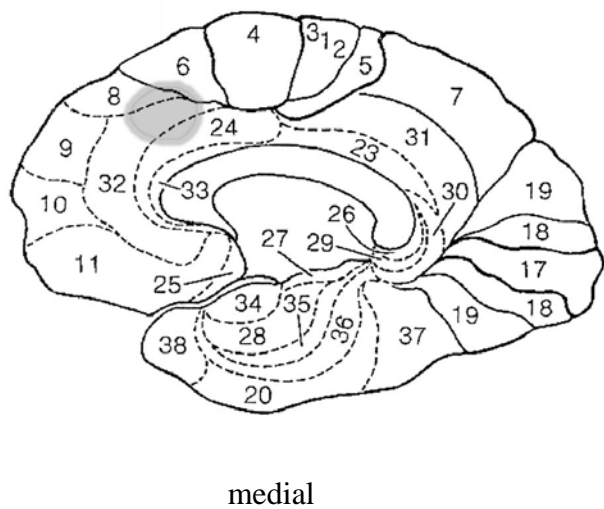
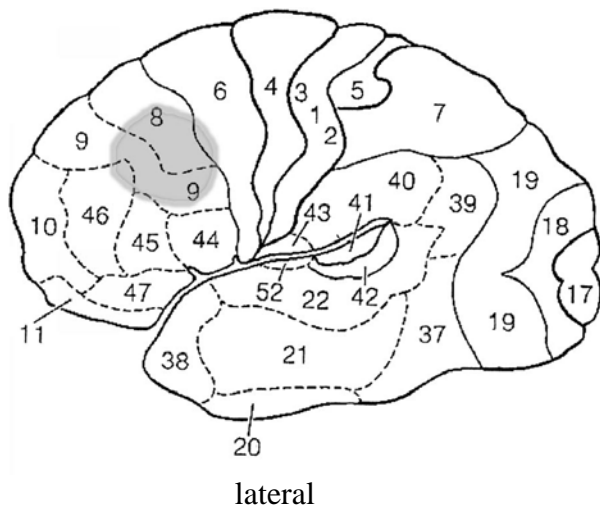
lateral



medial

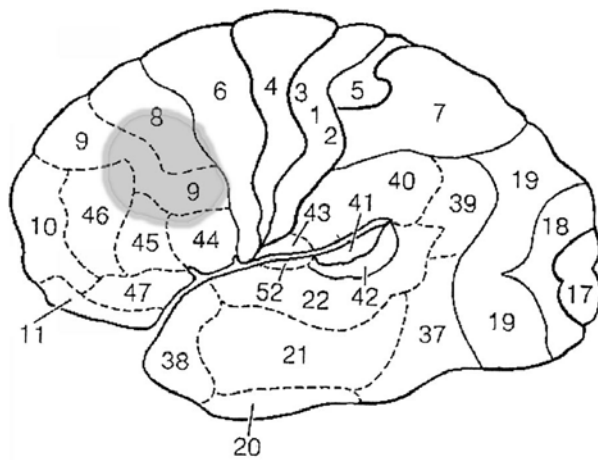
Vp 218

Alter: 25 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 12 Monaten
Diagnose: Kavernöses Hämangiom
Lokalisation: rechts frontal
Größe: 1,5 x 2 x 1,5 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein

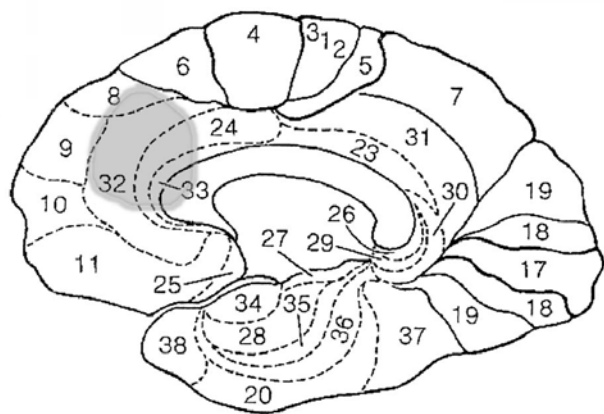


Vp 219

Alter: 42 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Oligodendrogliom (WHO II)
Lokalisation: rechts frontal
Größe: 2,5 x 4 x 2,5 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein



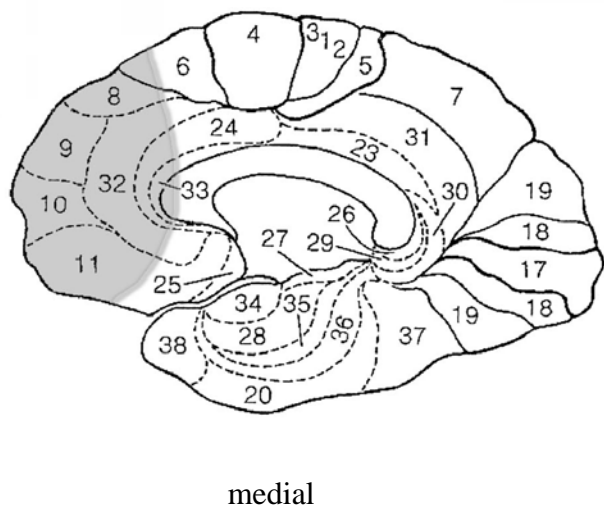
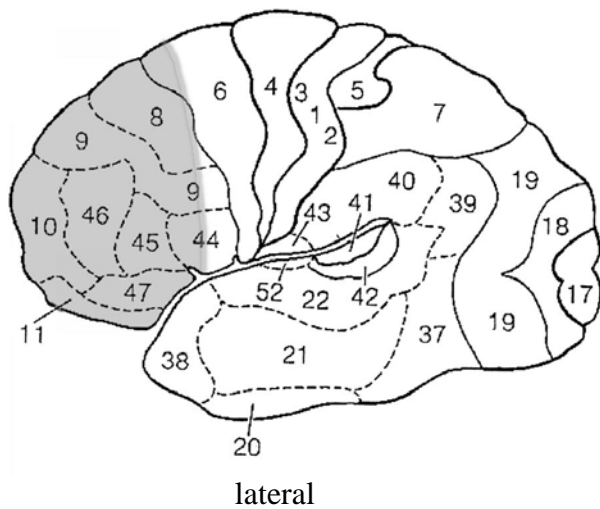
lateral



medial

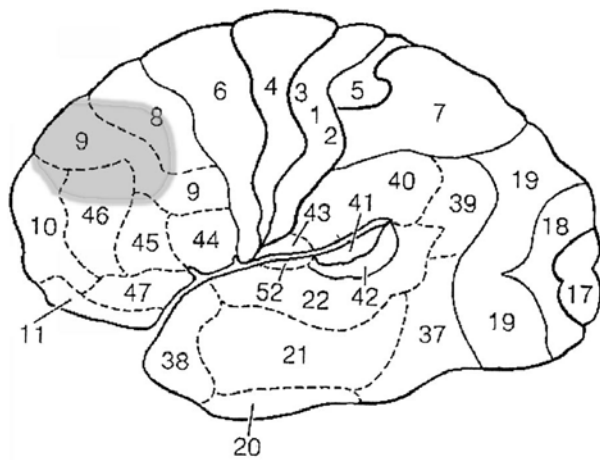
Vp 220

Alter: 45 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 33 Monaten
Diagnose: Atypisches Meningeom (WHO II)
Lokalisation: links frontal
Größe: 4,5 x 4 x 4 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: 0,5 cm

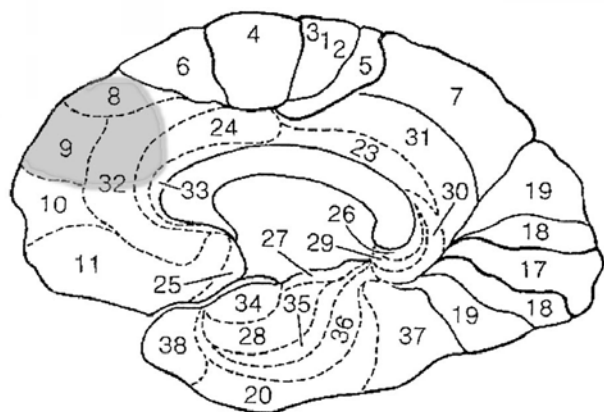


Vp 221

Alter: 65 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: retrospektiv nach 11 Monaten
Diagnose: Oligoastrozytom (WHO III)
Lokalisation: links frontal
Größe: 2 x 2 x 2 cm, ausgeprägtes Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein



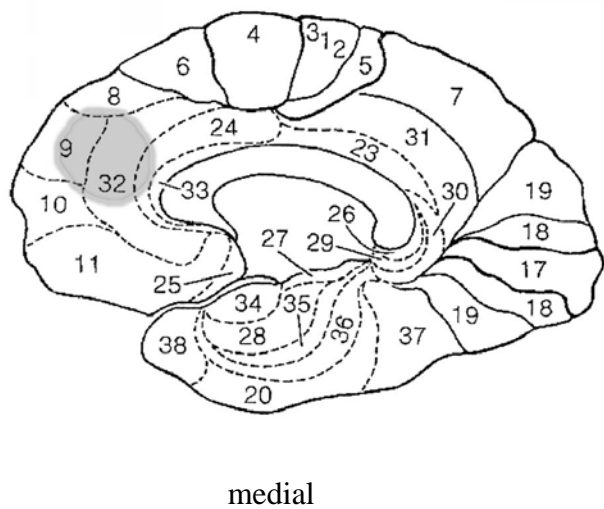
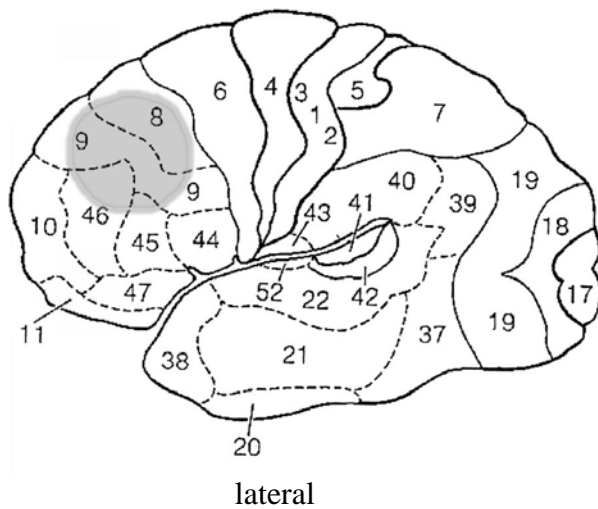
lateral



medial

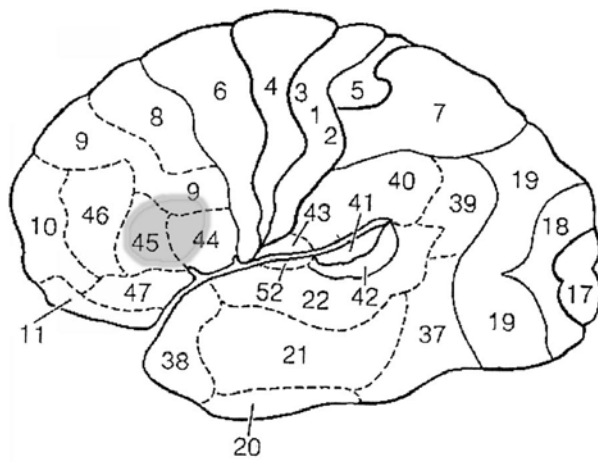
Vp 222

Alter: 57 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: während des stationären Aufenthaltes (keine Operation)
Diagnose: Intracerebrale Blutung
Lokalisation: rechts frontal
Größe: 4 x 4 x 4 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein

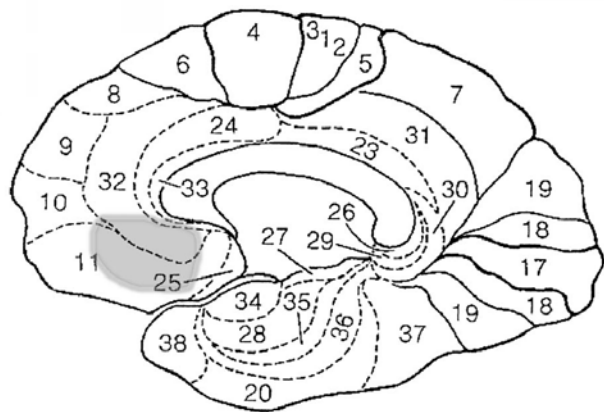


Vp 223

Alter: 51 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Chronisches Subduralhämatom
Lokalisation: rechts frontal
Größe: 3 x 2 x 2 cm, kein Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein



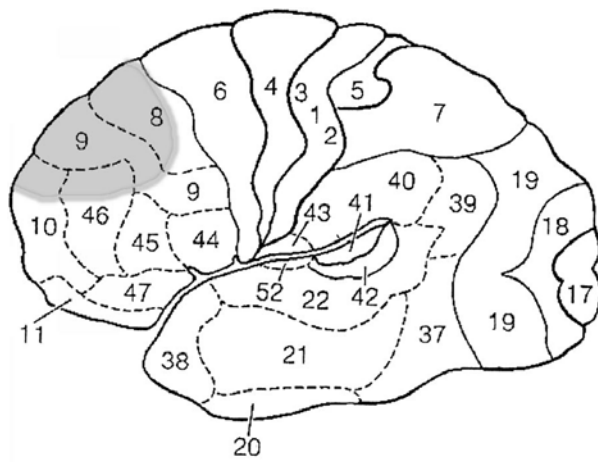
lateral



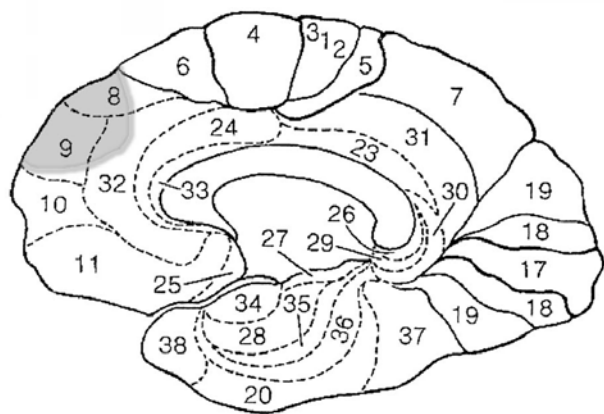
medial

Vp 224

Alter: 65 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Glioblastom
Lokalisation: rechts frontal
Größe: 2,5 x 3 x 2,5, ausgeprägtes Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: nein



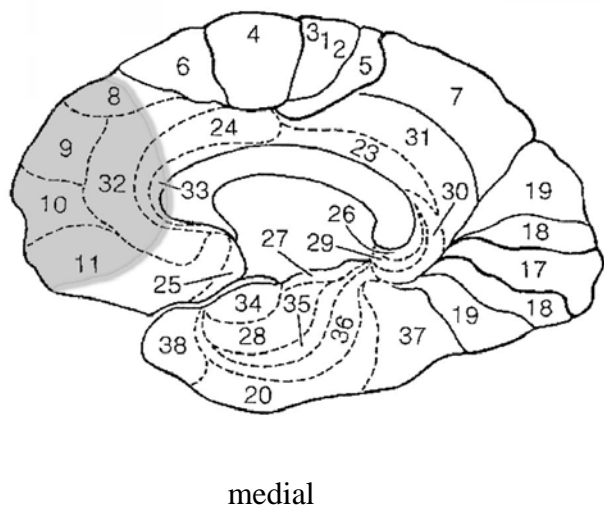
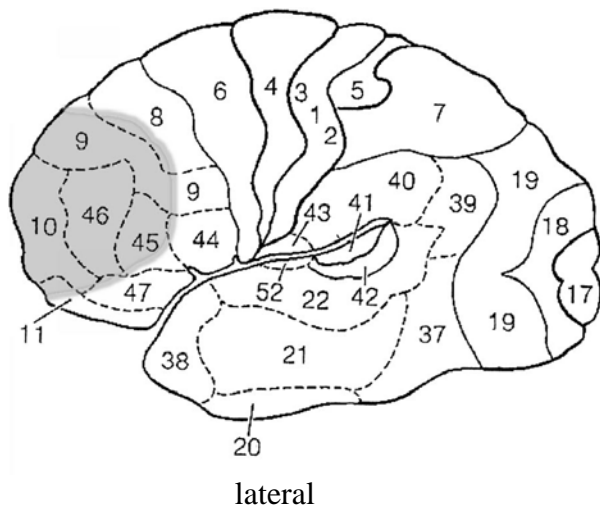
lateral



medial

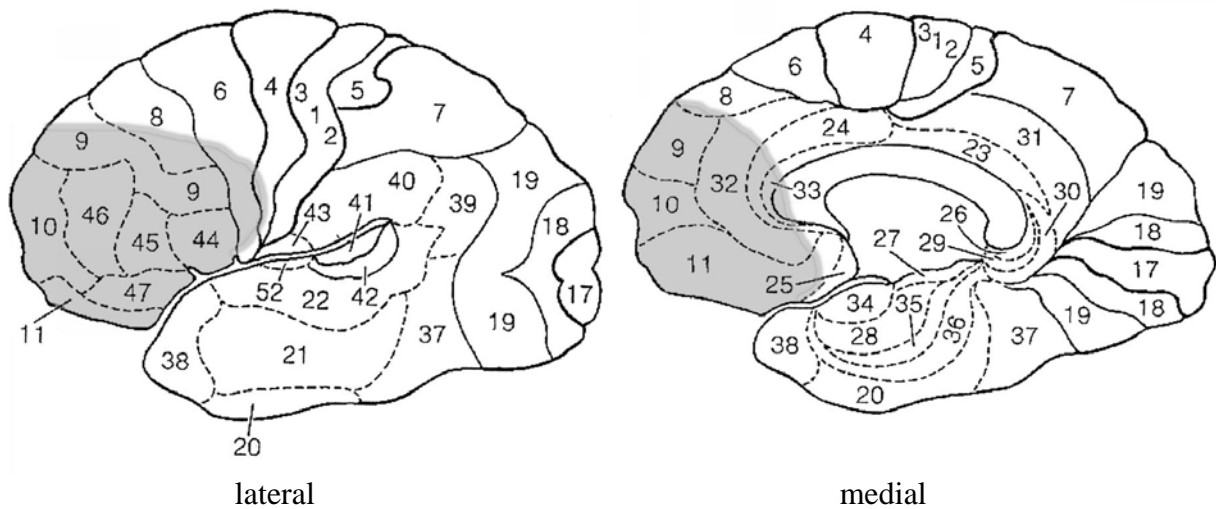
Vp 225

Alter: 61 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Oligodendrogliom (WHO II)
Lokalisation: links frontal
Größe: 4 x 4 x 4 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: 0,5 cm



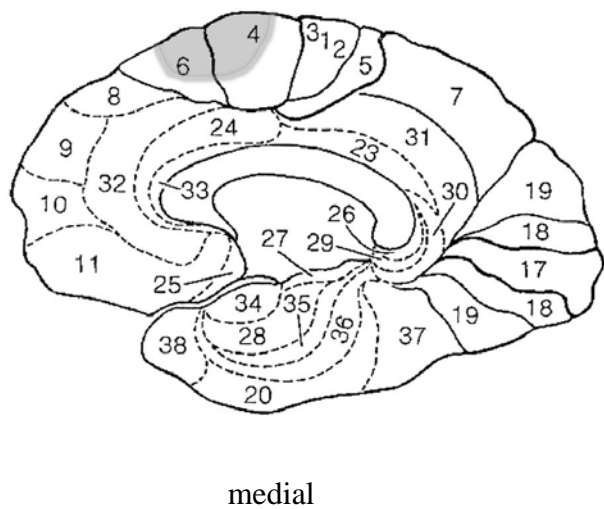
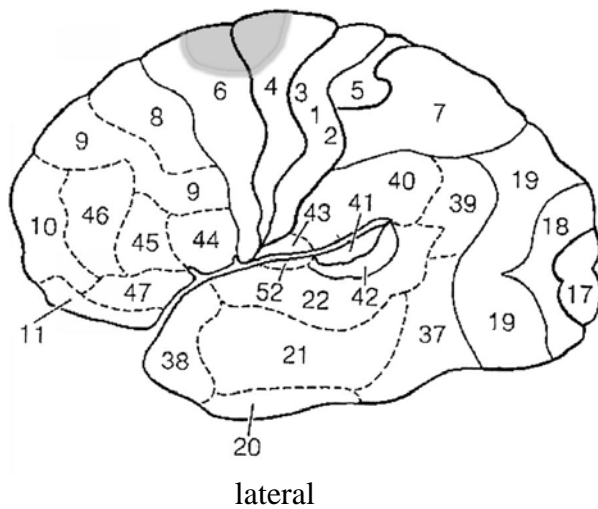
Vp 226

Alter: 65 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Astrozytom (WHO III)
Lokalisation: links frontal
Größe: 8 x 6 x 6 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: 2 cm



Vp 227

Alter: 61 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Oligodendrogliom (WHO III)
Lokalisation: links präzentral
Größe: 2 x 2 x 2 cm
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein



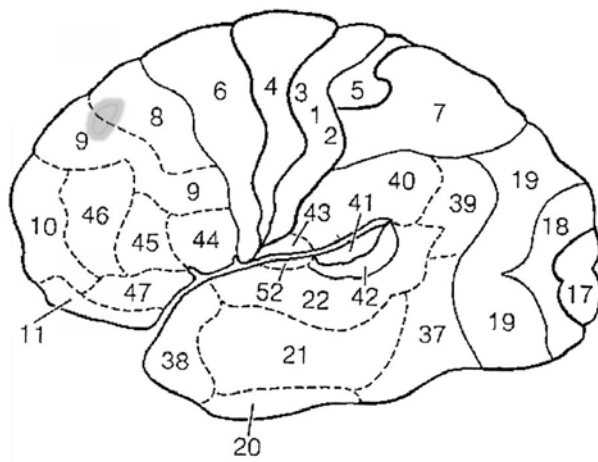
Vp 228

Alter: 36 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: links
Untersuchungszeitpunkt: während des stationären Aufenthaltes (keine Operation)
Diagnose: Verdacht auf niedriggradiges Gliom
Lokalisation: rechts fronto-medial
Größe: 3,5 x 3,5 x 3,5 cm, kein Ödem
Hydrocephalus:
Balkeninfiltration:
Mittellinienverdrängung:

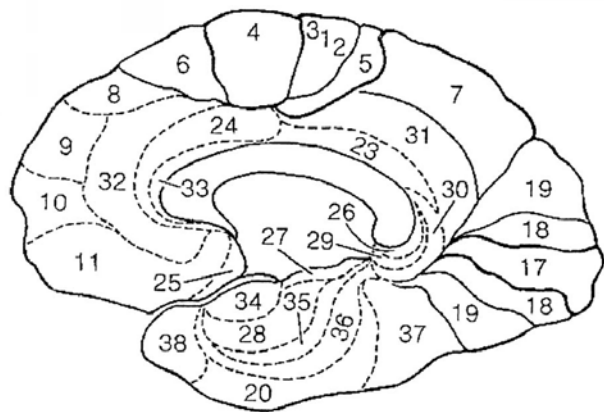
Von diesem Patienten lag lediglich der Befund einer ambulant durchgeführten MRT vor, aber nicht die Aufnahmen. Der Patient wurde nicht operiert, daher existiert lediglich eine Verdachtsdiagnose.

Vp 229

Alter: 29 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: links
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Kavernöses Hämangiom
Lokalisation: links frontal
Größe: 1 x 1 x 1 cm, kein Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein



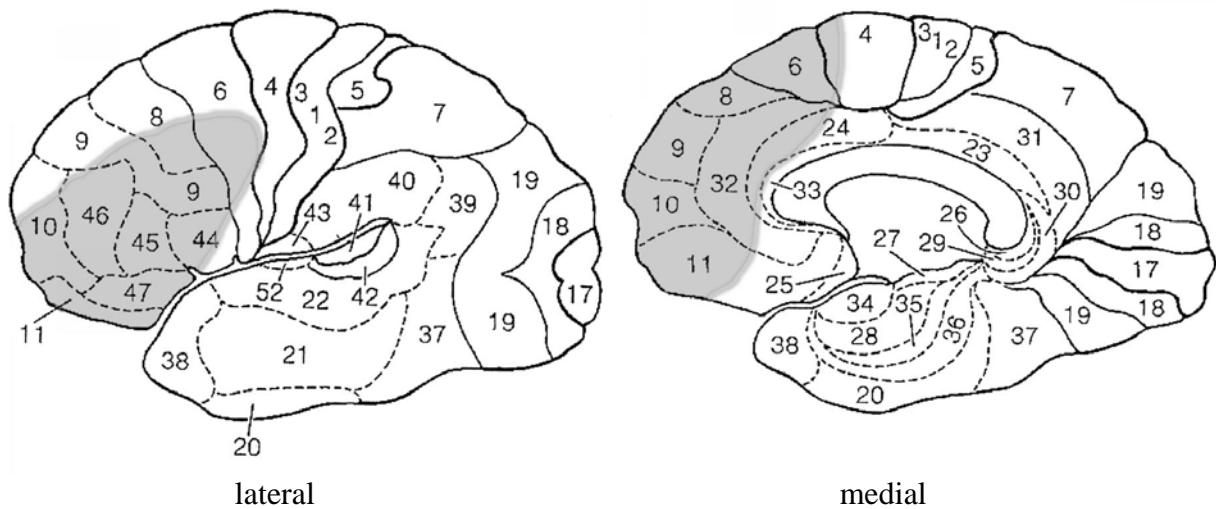
lateral



medial

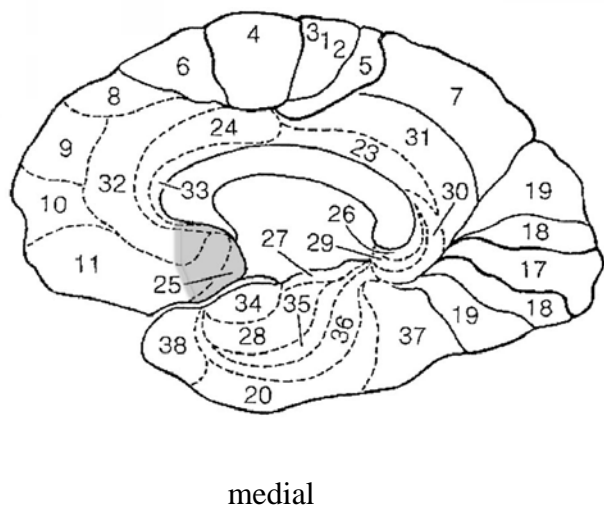
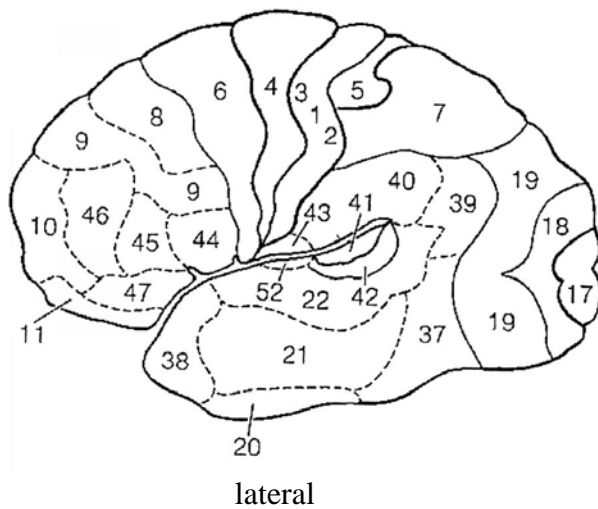
Vp 230

Alter: 31 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Rezidiv eines Oligoastrozytoms (WHO III)
Lokalisation: links frontal
Größe: 5 x 8 x 5 cm, kein Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: ja



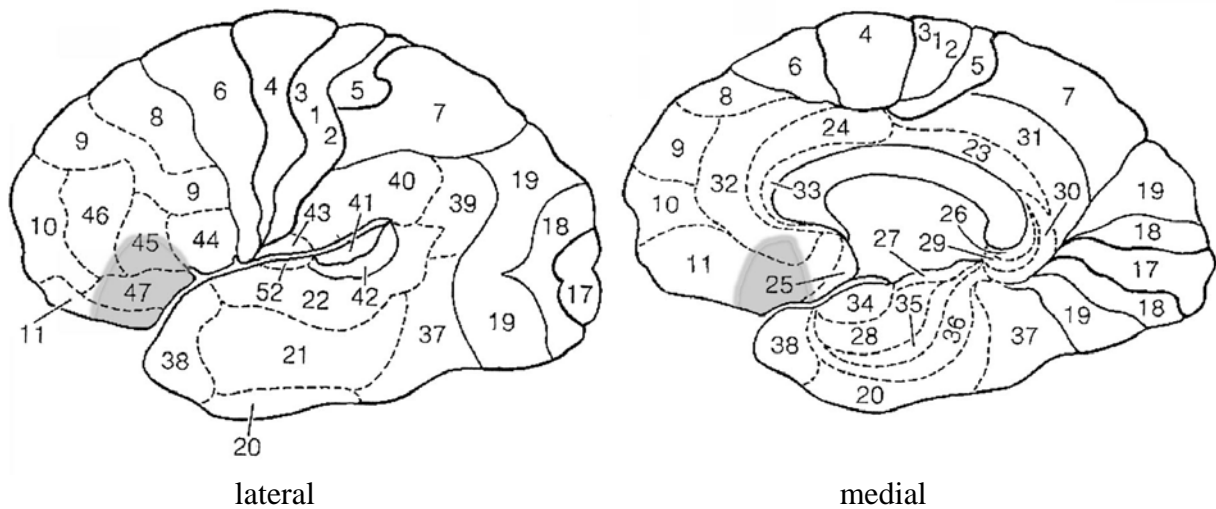
Vp 231

Alter: 37 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: während des stationären Aufenthaltes (keine Operation)
Diagnose: Verdacht auf Raumforderung unklarer Dignität
Lokalisation: rechts fronto-basal
Größe: 2 x 2 x 2 cm, kein Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein



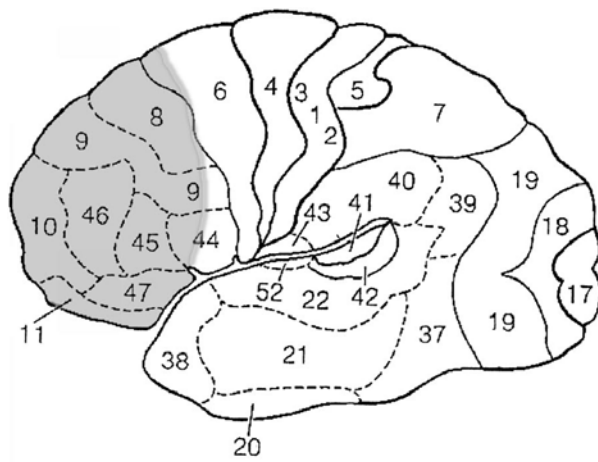
Vp 232

Alter: 52 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Metastase eines Bronchialkarzinoms
Lokalisation: rechts fronto-basal
Größe: 2 x 2 x 2 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: ja

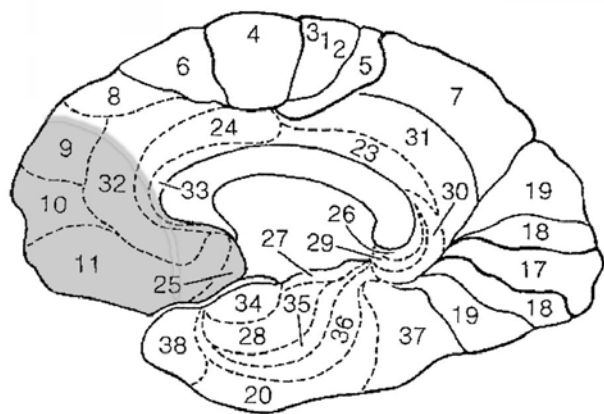


Vp 233

Alter: 64 Jahre
Geschlecht: weiblich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Glioblastom
Lokalisation: rechts frontal
Größe: 6 x 4,5 x 4,5 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: ja
Balkeninfiltration: ja
Mittellinienverdrängung: ja



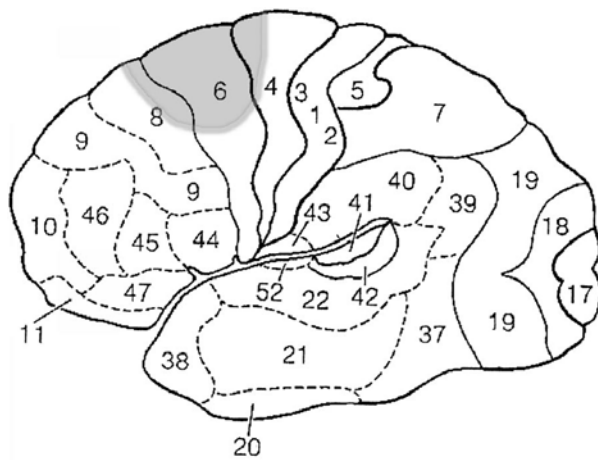
lateral



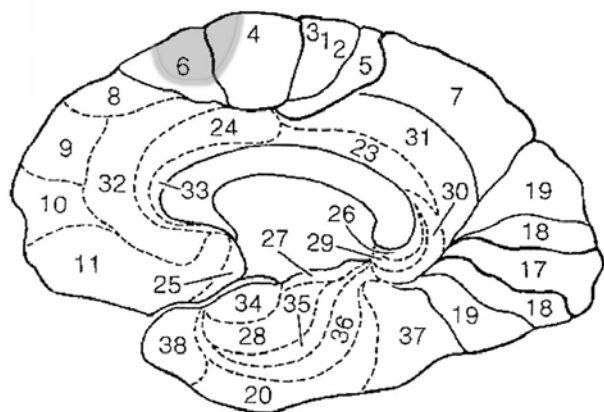
medial

Vp 235

Alter: 30 Jahre
Geschlecht: männlich
Händigkeit: rechts
Untersuchungszeitpunkt: präoperativ
Diagnose: Oligoastrozytom (WHO III)
Lokalisation: links frontal
Größe: 3,5 x 4 x 3,5 cm, perifokales Ödem
Hydrocephalus: nein
Balkeninfiltration: nein
Mittellinienverdrängung: nein



lateral



medial

ANHANG D

- Ergebnistabellen

Ergebnistabellen

Für alle drei Gruppen werden Median, Mittelwert und Standardabweichung sämtlicher durchgeführter Tests dargestellt. Innerhalb jeder Gruppe erfolgt die Darstellung für die gesamte Gruppe sowie getrennt für die unilateral rechts- bzw. linksseitig geschädigten Patienten; bei den Kontrollprobanden richtet sich diese Unterteilung danach, ob die Person mit einem rechts oder einem links cerebellär geschädigten Patienten verglichen wurde. Da für die Fragestellungen zur Lateralität nicht alle Testverfahren relevant waren, bzw. nur solche Tests durchgeführt wurden für die altersdifferenzierte Normen vorlagen (mit wenigen Ausnahmen), finden sich bei den geteilten Gruppen insgesamt weniger Werte.

Die Auflistung erfolgt in der Reihenfolge der Darstellung der Ergebnisse in Teil 4 (Ergebnisse der ersten Untersuchung).

Ergebnisse der Patienten mit cerebellärer Läsion

Tab.: Median (Md), Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) der durchgeführten Testverfahren der Patienten mit cerebellärer Läsion (^{PR} : Prozentrang, ^{RW} : Rohwert, ^I : Index)

	Gesamtstichprobe			rechts cerebelläre Läsion			links cerebelläre Läsion		
	Md	M	SD	Md	M	SD	Md	M	SD
Go / NoGo Md der RZ ^{PR}	21,00	37,56	35,03	8,50	30,10	39,59	50,00	51,00	27,54
Go / NoGo Fehler ^{PR}	47,00	35,56	20,27	23,00	25,10	22,36	50,00	48,43	1,99
Get. Aufm. Md der RZ ^{PR}	17,00	26,94	26,75	15,00	32,60	34,02	18,00	18,86	12,73
Get. Aufm. Ausl. ^{PR}	23,00	23,72	21,40	14,00	18,20	19,45	23,00	26,00	20,40
SD der RZ Go / NoGo ^{PR}	21,50	30,89	32,47	7,50	29,90	36,98	34,00	36,29	27,75
SD der RZ Get. Aufm. ^{PR}	24,00	36,33	27,30	21,50	30,90	24,30	31,00	46,71	31,55
SD der RZ Arbeitsged. ^{PR}	27,00	34,06	28,47	12,00	18,89	22,49	42,00	46,43	23,39
Zahlenspanne vorwärts ^{PR}	53,00	57,18	24,90	50,50	44,40	20,47	78,00	73,83	20,41
Blockspanne vorwärts ^{PR}	50,00	45,33	33,38	27,50	27,75	25,34	71,00	64,50	33,96
TMT Teil A ^{PR}	56,25	43,77	25,33						
TMT Teil B ^{PR}	50,00	49,32	25,60						
Gemeinsamk. Finden ^{WP}	11,00	9,83	3,52	11,00	9,82	3,54	12,00	9,86	3,76
Planungsind. Rey-Ost. ^{RW}	28,00	28,16	3,10	31,00	29,40	2,88	26,50	26,25	2,55
Phon. Wortflüssigkeit ^{PR}	37,50	44,42	36,16	37,50	40,70	34,73	57,25	53,75	38,63
Sem. Wortflüssigkeit ^{RW}	48,00	49,00	11,13	45,00	47,00	13,42	53,00	52,88	6,83
Fünf-P.-Test Richtige ^{RW}	23,50	24,30	12,05	21,00	19,73	9,33	29,00	31,75	12,69
F.-P.-T. Perseveration ^{RW}	7,18	9,31	9,36	7,69	7,50	7,03	8,68	12,19	12,31
Handbewegungen ^{RW}	14,00	13,17	4,11	13,50	11,60	4,12	16,00	15,71	3,15
TMT Teil B : Teil A ^{RW}	2,48	2,46	0,74						
Arbeitsged. Md der RZ ^{PR}	21,00	28,65	27,45	12,00	18,56	18,87	34,00	33,71	29,02
Arbeitsged. Ausl. ^{PR}	15,00	24,29	23,23	7,00	13,67	18,74	30,00	33,57	23,31
Arbeitsged. Fehler ^{PR}	21,00	34,88	30,26	10,00	17,22	18,93	74,00	52,00	29,98
Zahlenspanne rückw. ^{PR}	38,00	40,29	24,86	30,50	37,20	27,82	45,00	50,00	17,39
Blockspanne rückwärts ^{PR}	27,00	40,33	29,83	20,00	25,87	20,95	66,50	64,50	25,87
Verbales Gedächtnis ^I	107,0	98,78	25,26	80,50	90,50	28,69	108,0	108,7	17,73
Visuelles Gedächtnis ^I	100,0	92,80	20,67	87,50	83,25	20,45	112,0	103,5	17,25
Verzögerte Wiedergabe ^I	97,00	94,93	22,55	89,00	85,88	24,79	105,0	104,2	16,47
Rey-Ost. Figur Recall ^{RW}	12,50	14,39	5,97						
Logisches Gedächtnis I ^{PR}	42,00	46,21	34,97						
Visuelle Wiedergabe I ^{PR}	23,00	30,60	28,41						
Verb. Paarerkenntung I ^{RW}	21,50	19,61	4,96						
Vis. Paarerkenntung I ^{RW}	14,00	12,88	4,57						
Mosaiktest ^{WP}	9,00	9,53	3,04	9,00	9,00	3,02	9,00	10,29	3,15
Rey-Ost. Figur Copy ^{RW}	32,50	31,79	3,29	31,00	30,95	3,64	32,50	32,44	2,80

	Gesamtstichprobe			rechts cerebelläre Läsion			links cerebelläre Läsion		
	Md	M	SD	Md	M	SD	Md	M	SD
MWT-B ^{PR}	85,10	71,10	27,79						
P. Pegboard re. Hand ^{RW}	11,00	11,37	3,2	10,50	10,70	3,43	13,50	12,50	2,88
P. Pegboard li. Hand ^{RW}	11,50	11,28	3,80	11,00	11,10	3,78	12,00	11,50	4,07
P. Pegboard beide H. ^{RW}	8,00	8,33	3,14	8,00	7,70	2,98	8,50	9,13	3,36
Niedergeschlagenheit ^{RW}	20,00	24,05	18,21						
Müdigkeit ^{RW}	18,00	16,74	7,84						
Tatendrang ^{RW}	13,00	15,37	7,11						
Mißmut ^{RW}	3,00	5,42	8,89						

Ergebnisse der Patienten mit frontaler Läsion

Tab.: Median (Md), Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) der durchgeführten Testverfahren der Patienten mit frontaler Läsion (^{PR} : Prozentrang, ^{RW} : Rohwert, ^I : Index)

	Gesamtstichprobe			rechts frontale Läsion			links frontale Läsion		
	Md	M	SD	Md	M	SD	Md	M	SD
Go / NoGo Md der RZ ^{PR}	56,00	48,42	31,60	58,00	56,09	29,34	54,00	41,92	33,12
Go / NoGo Fehler ^{PR}	50,00	39,00	19,48	50,00	44,45	14,53	46,00	34,38	22,38
Get. Aufm. Md der RZ ^{PR}	27,00	29,35	22,90	31,00	31,36	23,20	24,00	27,87	23,37
Get. Aufm. Ausl. ^{PR}	33,00	40,31	24,41	63,00	47,45	23,32	33,00	35,07	24,62
SD der RZ Go / NoGo ^{PR}	42,00	47,79	32,48	73,00	61,82	31,40	38,00	35,92	29,44
SD der RZ Get. Aufm. ^{PR}	54,00	49,85	28,20	58,00	53,09	29,63	54,00	47,47	27,90
SD der RZ Arbeitsged. ^{PR}	42,00	43,73	25,19	46,00	50,09	25,17	38,00	37,36	24,70
Zahlenspanne vorwärts ^{PR}	34,00	36,71	27,06	50,50	41,64	26,22	20,00	32,45	28,08
Blockspanne vorwärts ^{PR}	32,00	41,13	32,69	28,50	40,00	33,88	32,00	42,00	33,10
Gemeinsamk. Finden ^{WP}	11,00	10,44	2,89	12,00	11,20	2,94	10,00	9,93	2,84
Planungsind. Rey-Ost. ^{RW}	28,00	27,70	2,92	28,00	26,69	2,59	29,50	28,64	2,98
Phon. Wortflüssigkeit ^{PR}	37,50	41,57	30,21	62,50	54,08	29,38	37,50	35,20	28,73
Fünf-P.-Test Richtige ^{RW}	25,00	24,35	9,56	25,00	24,93	10,03	25,00	24,53	9,35
F.-P.-T. Perseveration ^{RW}	3,08	7,14	9,58	5,84	8,35	10,93	2,94	6,62	8,83
Handbewegungen ^{RW}	15,50	15,46	3,71	16,00	16,30	3,30	14,50	14,86	3,98
Arbeitsged. Md der RZ ^{PR}	42,00	50,05	28,37	42,00	55,36	32,21	42,00	44,73	24,30
Arbeitsged. Ausl. ^{PR}	11,00	21,64	23,03	15,00	20,64	23,11	7,00	22,64	24,04
Arbeitsged. Fehler ^{PR}	41,00	38,77	28,81	53,00	43,36	30,03	41,00	34,18	28,19
Zahlenspanne rückw. ^{PR}	30,00	34,31	27,26	34,00	38,00	29,54	30,00	31,75	26,75
Blockspanne rückwärts ^{PR}	45,00	42,17	32,58	55,00	46,10	33,75	40,00	39,15	32,70
Verbales Gedächtnis ^I	101,0	98,89	21,09	105,5	98,70	19,26	100,0	99,00	22,68
Visuelles Gedächtnis ^I	103,0	100,4	18,01	111,0	100,4	21,36	100,0	100,4	15,00
Verzögerte Wiedergabe ^I	103,0	100,2	19,62	100,5	94,80	22,08	106,0	105,1	16,59
Mosaiktest ^{WP}	11,00	11,40	3,11	13,00	12,91	3,39	9,50	10,21	2,36
MWT-B ^{PR}	76,20	65,94	24,62	75,60	69,17	26,12	76,20	63,89	24,12
P. Pegboard re. Hand ^{RW}	14,00	13,96	2,29	16,00	15,00	2,69	13,00	13,29	1,77
P. Pegboard li. Hand ^{RW}	14,00	13,13	1,82	13,00	13,56	1,74	14,00	12,86	1,88
P. Pegboard beide H. ^{RW}	11,00	10,87	2,16	11,00	11,44	2,51	11,00	10,50	1,91
Niedergeschlagenheit ^{RW}	17,00	22,76	18,52	19,50	22,86	16,16	16,50	23,50	20,79
Müdigkeit ^{RW}	20,00	17,36	8,99	15,00	15,71	9,04	21,50	18,28	9,16
Tatendrang ^{RW}	16,00	16,15	9,67	16,00	16,21	9,84	17,00	16,06	10,09
Mißmut ^{RW}	8,00	9,64	9,87	7,50	9,00	7,77	9,00	10,67	11,42

Ergebnisse der Kontrollprobanden

Tab.: Median (Md), Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) der durchgeführten Testverfahren der Kontrollprobanden (^{PR} : Prozentrang, ^{RW} : Rohwert, ^I : Index)

	Gesamtstichprobe			Kontrollen der Patienten mit rechts cerebellärer Läsion			Kontrollen der Patienten mit links cerebellärer Läsion		
	Md	M	SD	Md	M	SD	Md	M	SD
Go / NoGo Md der RZ ^{PR}	44,00	48,60	35,40						
Go / NoGo Fehler ^{PR}	50,00	38,10	18,08						
Get. Aufm. Md der RZ ^{PR}	27,50	35,70	26,23						
Get. Aufm. Ausl. ^{PR}	63,00	52,35	21,60						
SD der RZ Go / NoGo ^{PR}	58,00	50,85	33,80						
SD der RZ Get. Aufm. ^{PR}	66,00	61,65	25,42						
SD der RZ Arbeitsged. ^{PR}	42,00	50,55	32,79						
Zahlenspanne vorwärts ^{PR}	69,00	60,33	33,34	57,00	59,91	34,22	73,00	58,25	38,21
Blockspanne vorwärts ^{PR}	57,00	47,50	29,44	57,00	45,00	26,63	27,00	45,57	37,05
TMT Teil A ^{PR}	62,50	67,98	21,45						
TMT Teil B ^{PR}	82,50	72,55	20,59						
Gemeinsamk. Finden ^{WP}	12,00	12,86	2,13	13,00	13,36	2,16	12,00	12,50	1,85
Planungsind. Rey-Ost. ^{RW}	29,00	29,38	2,04	29,00	29,45	1,92	29,00	28,88	2,36
Phon. Wortflüssigkeit ^{PR}	97,00	79,65	25,92	97,00	84,65	24,69	76,75	70,81	29,51
Sem. Wortflüssigkeit ^{RW}	68,00	66,35	16,72	73,50	71,50	12,12	54,50	59,25	21,57
Fünf-P.-Test Richtige ^{RW}	31,00	31,43	8,39	27,00	29,45	8,42	31,50	33,75	9,25
F.-P.-T. Perseveration ^{RW}	6,25	7,49	5,54						
Handbewegungen ^{RW}	17,00	16,81	2,89						
TMT Teil B : Teil A ^{RW}	2,33	2,36	0,77						
Arbeitsged. Md der RZ ^{PR}	56,00	49,75	33,14						
Arbeitsged. Ausl. ^{PR}	30,00	34,10	21,86						
Arbeitsged. Fehler ^{PR}	74,50	53,95	28,93						
Zahlenspanne rückw. ^{PR}	58,00	55,00	33,61	58,00	53,18	32,90	55,00	54,87	37,79
Blockspanne rückwärts ^{PR}	31,50	42,75	28,73	31,00	39,27	26,81	40,00	47,57	34,47
Verbales Gedächtnis ^I	111,0	111,4	14,85	111,0	111,1	17,37	116,0	115,1	10,66
Visuelles Gedächtnis ^I	116,0	109,9	12,25	108,0	104,8	13,56	117,5	115,7	8,89
Verzögerte Wiedergabe ^I	113,0	109,7	13,48						
Rey-Ost. Figur Recall ^{RW}	16,00	17,31	7,39						
Logisches Gedächtnis I ^{PR}	80,00	66,81	30,06						
Visuelle Wiedergabe I ^{PR}	73,00	61,43	26,77						
Verb. Paarerkenntung I ^{RW}	22,00	21,57	1,72						
Vis. Paarerkenntung I ^{RW}	16,00	15,52	2,96						
Mosaiktest ^{WP}	11,00	11,43	2,98						

	Gesamtstichprobe			Kontrollen der Patienten mit rechts cerebellärer Läsion			Kontrollen der Patienten mit links cerebellärer Läsion		
	Md	M	SD	Md	M	SD	Md	M	SD
Rey-Ost. Figur Copy ^{RW}	34,00	33,40	2,23	34,50	33,14	2,69	34,00	33,81	1,87
MWT-B ^{PR}	92,20	82,93	17,32						
P. Pegboard re. Hand ^{RW}	13,00	13,57	1,72	13,00	13,18	1,60	13,50	14,13	2,03
P. Pegboard li. Hand ^{RW}	13,00	13,10	2,23	13,00	13,09	2,07	13,00	13,38	2,56
P. Pegboard beide H. ^{RW}	11,00	10,86	1,74	11,00	10,64	2,06	11,00	11,13	1,46
Niedergeschlagenheit ^{RW}	3,00	6,24	7,73						
Müdigkeit ^{RW}	9,00	10,33	6,30						
Tatendrang ^{RW}	28,00	25,24	7,25						
Mißmut ^{RW}	2,00	3,38	5,90						

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name, Vorname Wilde, Barbara
Geburtsdatum / -ort 24.09.1973, Hannover

Schule

Mai 1993 Abitur, Freie Waldorfschule Hannover Maschsee

Soziales Jahr

Aug. 1993 bis Juli 1994 Arbeit mit geistig Behinderten („Fondation Perceval“, Schweiz)

Studium

Okt. 1994 bis März 2000 Psychologie-Studium, Christian-Albrechts-Universität, Kiel
Diplomarbeit: „Verändert das Ausmaß der Depression die emotionale und Geruchsverarbeitung? Eine Studie mit Ereigniskorrelierten Potentialen“

Berufstätigkeit

Sept. 2000 bis Dez. 2003 Wissenschaftliche Angestellte der Universitätsklinik Schleswig-Holstein, Neurochirurgie Kiel, Bereich Neuropsychologie
seit April 2004 Angestellte des Sächsischen Epilepsiezentrum Radeberg