



universität  
wien

# Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

Differenzierte Analyse der Gedächtnisleistungen bei  
Kindern und Jugendlichen mit einem Hirntumor

Verfasserin

Neeltje Therese Antonia Obergfell

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2014

Studienkennzahl: A 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuerin: Ass. -Prof. Dr. Pia Deimann



# Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin Dr. Ulrike Leiss, die durch ihre fachliche Kompetenz auf dem Gebiet der pädiatrischen Neuropsychologie und ihrer Leidenschaft, mit der sie sich diesem Forschungsbereich widmet, meinen Wunsch geweckt hat, diese Arbeit zu realisieren. Auch für die intensive Unterstützung während der Diplomarbeit und ihre fachlichen Ratschläge, durch die ich meinen Wissenshorizont erweitern konnte, möchte ich mich bedanken. Des Weiteren möchte ich mich auch insbesondere bei Mag. Thomas Pletschko für die Unterstützung und die vielen hilfreichen Anregungen bedanken.

Ebenso gilt mein Dank Ass.-Prof. Dr. Pia Deimann und Ass.-Prof. Dr. Ursula Kastner-Koller, welche die Arbeit wissenschaftlich betreut haben und stets nützliche Ratschläge gegeben und so zum Gelingen meiner Diplomarbeit beigetragen haben.

Bei Andreas Huber, Frank Obergfell, Nadja Hachani und Hannelore Koch möchte ich mich insbesondere für die formale Korrektur und Überarbeitung der Arbeit sowie für die hilfreichen inhaltlichen Anmerkungen bedanken.

Meinem Freund Andreas Huber möchte ich darüber hinaus dafür danken, dass er mich seit Beginn des Studiums unterstützt hat und meinen Horizont durch viele konstruktive Diskussionen bereichert hat.

Ebenso möchte ich mich ganz besonders bei meinen Eltern, Andrea und Frank, bedanken, welche mich inspiriert, immer unterstützt und in meinen Vorhaben bestärkt haben sowie bei meinen Geschwistern, die mir stets zur Seite standen, wenn ich deren Hilfe benötigte.



# Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>5</b>
<b>I. THEORETISCHER TEIL .....</b>	<b>9</b>
<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>9</b>
<b>2. HIRNTUMORE UND DEREN BEHANDLUNG BEI KINDERN UND JUGENDLICHEN .....</b>	<b>11</b>
2.1. NIEDRIGMALIGNE GLIOME .....	15
2.2. HOCHMALIGNE GLIOME .....	16
2.3. MEDULLOBLASTOME UND ZNS-PNET .....	17
2.4. EPENDYMOM .....	18
2.5. KRANIOPHARYNGEOM.....	19
<b>3. THEORETISCHE MODELLE DES GEDÄCHTNISSES .....</b>	<b>21</b>
3.1. ZEITMODELLE .....	21
3.1.1. <i>Gedächtnisfunktionen (Gedächtnisprozess)</i> .....	22
3.1.2. <i>Gedächtnissysteme</i> .....	23
3.1.2.1. <i>Sensorisches Register (Ultrakurzzeitregister) und Kurzzeitgedächtnis</i> .....	23
3.1.2.2. <i>Arbeitsgedächtnis</i> .....	24
3.1.2.3. <i>Langzeitgedächtnis</i> .....	29
3.2. INHALTLICHE MODELLE .....	30
3.2.1. <i>Explizites Gedächtnis</i> .....	31
3.2.2. <i>Implizites Gedächtnis</i> .....	31
<b>4. ENTWICKLUNG DES GEDÄCHTNISSES .....</b>	<b>33</b>
4.1. ENTWICKLUNG DES GEDÄCHTNISSES IN DER FRÜHEN KINDHEIT.....	33
4.2. DIE ENTWICKLUNG DES ARBEITSGEDÄCHTNISSES .....	36
4.3. DIE DETERMINANTEN DER GEDÄCHTNISENTWICKLUNG AB DEM VORSCHULALTER .....	37
4.4. ALTERNATIVER ERKLÄRUNGSANSATZ – DIE FUZZY-TRACE THEORY .....	41
<b>5. GEDÄCHTNIS UND LERNEN IN BEZUG AUF SCHULISCHE ASPEKTE .....</b>	<b>43</b>
<b>6. NEUROPSYCHOLOGISCHE FUNKTIONSBEREICHE DES GEDÄCHTNISSES .....</b>	<b>47</b>
6.1. NEUROANATOMIE DER GEDÄCHTNISYSTEME .....	48
6.2. NEUROANATOMIE DER GEDÄCHTNISPROZESSE MIT BEZUG AUF DIE INHALTLICHEN MODELLE .....	50
<b>7. NEUROKOGNITIVE SPÄTFOLGEN EINER HIRNTUMORERKRANKUNG IM KINDESALTER .....</b>	<b>53</b>
7.1. GEDÄCHTNISBEEINTRÄCHTIGUNGEN INFOLGE EINES HIRNTUMORS.....	55
<b>8. GEDÄCHTNISSTÖRUNGEN.....</b>	<b>63</b>
<b>9. DIFFERENZIERTE DIAGNOSTIK DES GEDÄCHTNISSES .....</b>	<b>66</b>

9.1.	DIAGNOSTIK DES ARBEITSGEDÄCHTNISSES.....	67
9.2.	DIAGNOSTIK DES LANGZEITGEDÄCHTNISSES IN BEZUG AUF DIE GEDÄCHTNISPROZESSE .....	69
9.3.	PSYCHOLOGISCH-DIAGNOSTISCHE VERFAHREN.....	71
<b>II.</b>	<b>EMPIRISCHER TEIL.....</b>	<b>76</b>
<b>1.</b>	<b>FRAGESTELLUNG.....</b>	<b>76</b>
1.1.	ABWEICHUNG ZUR NORMPOPULATION .....	76
1.2.	ALTER UND KRANKHEITSDAUER.....	76
1.3.	KRANKHEITSRELEVANTE PARAMETER .....	76
1.4.	EXPLORATIVE VERHALTENSPROBE.....	76
<b>2.</b>	<b>METHODEN .....</b>	<b>77</b>
2.1.	STICHPROBE.....	77
2.2.	ERFASSUNG DER GEDÄCHTNISLEISTUNGEN .....	80
2.2.1.	<i>Adaptives Intelligenz Diagnostikum 2 (2009) – AID 2: Unmittelbares Reproduzieren- numerisch</i>	82
2.2.2.	<i>Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder-IV (2010) – HAWIK-IV: Zahlen nachsprechen</i>	83
2.2.3.	<i>Arbeitsgedächtnisbatterie für Kinder von 5 bis 12 Jahren (2012) – AGTB 5-12 .....</i>	84
2.2.4.	<i>Battery for Assessment in Children – Merk und Lernfähigkeitstest für 6- bis 16-Jährige (2008) - BASIC MLT.....</i>	87
2.2.5.	<i>Verhaltensprobe .....</i>	90
2.3.	DESIGN .....	91
2.4.	STATISTISCHE AUSWERTUNG .....	92
2.5.	PROBLEME BEI DER VORLIEGENDEN STICHPROBE UND DEM STUDIENDESIGN .....	92
<b>3.</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>95</b>
3.1.	ABWEICHUNGEN DER GEDÄCHTNISKOMPONENTEN ZUR NORMPOPULATION .....	95
3.1.1.	<i>Auditives Arbeitsgedächtnis – Phonologische Schleife.....</i>	95
3.1.2.	<i>Visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis – visuell-räumlicher Notizblock .....</i>	100
3.1.3.	<i>Zentrale Exekutive des Arbeitsgedächtnisses.....</i>	101
3.1.4.	<i>Episodischer Puffer des Arbeitsgedächtnisses.....</i>	104
3.1.5.	<i>Visuelles Lernen .....</i>	104
3.1.6.	<i>Auditives Lernen .....</i>	105
3.1.7.	<i>Langzeitgedächtnis Visuell .....</i>	106
3.1.8.	<i>Langzeitgedächtnis Auditiv .....</i>	107
3.2.	EINFLUSS DES ALTERS BEI DIAGNOSE SOWIE DER DAUER SEIT DIAGNOSE .....	111
3.3.	KRANKHEITSBEZOGENE EINFLUSSFAKTOREN .....	114
3.4.	EXPLORATIVE BETRACHTUNG DER VERHALTENSPROBE .....	118
<b>4.</b>	<b>DISKUSSION UND AUSBLICK .....</b>	<b>124</b>

III.	LITERATURVERZEICHNIS .....	133
IV.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	145
V.	TABELLENVERZEICHNIS .....	146
VI.	ANHANG .....	148



# **I. Theoretischer Teil**

## **1. Einleitung**

Durch die kontinuierliche Verbesserung der Behandlungsmethoden bei Hirntumorerkrankungen im Kindes- und Jugendalter in den letzten Jahrzehnten steigen auch die Überlebensraten stetig an (mittlerweile überleben etwa drei von vier Kindern) (Tallen, Henze, Creutzig, Dworzak, & Klingebiel, 2009, S.42). Gleichzeitig leiden aber auch immer mehr „Survivors“ unter den Langzeitfolgen der Erkrankung und Behandlung. Die Beeinträchtigungen sind vielfältig und reichen von hormonellen Ausfällen bis hin zu neuropsychologischen Beeinträchtigungen, wie z.B. Gedächtnisstörungen.

Diese Beeinträchtigungen treten nicht nur unmittelbar nach der Behandlung des Tumors auf, sondern sind meist beständig und nehmen häufig sogar zu. So ist es nicht verwunderlich, dass Probleme in der Schule auftauchen und sich eine normale Beschulung oft schwierig gestaltet. Laut einer Studie von Nathan, Patel und Dilley (2007, S.801) benötigten 70-80% der Überlebenden eines Hirntumors zu einem Zeitpunkt ihrer Schullaufbahn eine spezielle Beschulung.

Um die Langzeitfolgen eines Hirntumors möglichst gezielt zu behandeln und ein Wachsen der Problematik zu verhindern, bedarf es einer differenzierten Diagnostik und einer darauf abgestimmten Intervention. Um dies zu gewährleisten, ist es wichtig wahrscheinliche Beeinträchtigungen und ihren Verlauf zu kennen.

Aus diesem Grund gibt es bereits zahlreiche Studien, welche die neuropsychologischen Beeinträchtigungen infolge eines Hirntumors bei Kindern und Jugendlichen beschreiben. Sie haben gezeigt, dass viele Funktionen durch einen Hirntumor und seine Behandlung beeinträchtigt sein können. Von besonderer Bedeutung hierbei sind Beeinträchtigungen der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit, der Aufmerksamkeit und des Gedächtnisses, da sie essentielle Funktionen für den Erwerb von neuen Fähigkeiten und Wissen darstellen.

Vorangegangene Studien an der Universitätsklinik Wien für Kinder- und Jugendheilkunde haben sich bereits mit der Aufmerksamkeit (Weiler, 2010) und der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (Rupp, 2010) beschäftigt.

Eine differenzierte Studie zu den Folgen eines Hirntumors und seiner Behandlung auf die einzelnen Teilfunktionen des Gedächtnisses ist aber noch ausständig. Aus der bisherigen Forschung ist es nicht möglich, darauf zu schließen, welche Komponenten des Gedächtnisses durch einen Hirntumor und seine Behandlung womöglich beeinträchtigt werden und welche nicht, da das Gedächtnis meist nur mittels eines Tests zu einem isolierten Teilaspekt des Gedächtnisses beschrieben wurde und sich darüber hinaus oder auch aus diesem Grund die Ergebnisse aus den Studien unterscheiden. Generell deuten die Ergebnisse der Studien aber darauf hin, dass einzelne Teilleistungsbereiche durch den Hirntumor und seine Behandlung beeinträchtigt werden, während andere Komponenten des Gedächtnisses sich altersentsprechend ausbilden können.

Im Folgenden werden zunächst die häufigsten Hirntumore sowie ihre Behandlung dargestellt. Dann werden die theoretischen Modelle des Gedächtnisses sowie deren Entwicklung besprochen und die Bedeutung des Gedächtnisses für schulische Leistung aufgezeigt. Um die Langzeitfolgen einer Hirntumorerkrankung in Bezug auf das Gedächtnis zu verstehen, werden zunächst die neuroanatomischen Strukturen des Gehirns mit den einzelnen Gedächtnissystemen in Beziehung gesetzt, um dann im folgenden Kapitel genauer auf die Langzeitfolgen einer Hirntumorerkrankung einzugehen. Zuletzt wird die Klassifikation von Gedächtnisstörungen besprochen sowie die differenzierte Diagnostik des Gedächtnisses beschrieben.

## 2. Hirntumore und deren Behandlung bei Kindern und Jugendlichen

In diesem Kapitel werden die häufigsten Hirntumorarten sowie deren Behandlung dargestellt. Zunächst wird jedoch ein allgemeiner Überblick über Hirntumore und ihre Behandlung gegeben, sowie die Klassifikationen hinsichtlich des Schweregrad des Tumors sowie hinsichtlich der Lokalisation beschrieben.

Die Informationen in diesem Kapitel beziehen sich größtenteils auf die Leitlinien der Gesellschaft für Neuropädiatrie und der Gesellschaft für Pädiatrische Onkologie und Hämatologie (GPOH,) welche in Abstimmung mit der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin entwickelt wurden (Medizinische Fachgesellschaften Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen (AWMF), 2010) sowie auf Informationen der Gesellschaft für Pädiatrische Onkologie und Hämatologie und des Kompetenznetzes Pädiatrische Onkologie und Hämatologie (2013).

Tumore des zentralen Nervensystems sind die zweithäufigste Tumorart bei Kindern nach der Leukämie (Ullrich & Embry, 2012, S.35). In Österreich machen sie mehr als 20 Prozent aller im Kindesalter auftretenden Krebserkrankungen aus, wobei jedes Jahr bei circa 50 Kindern ein Hirntumor diagnostiziert wird (Statistik Austria, 2013). Jungen sind, in einem Verhältnis von 1,3 zu 1, insgesamt häufiger von einem Hirntumor betroffen als Mädchen (Slavc, Peyrl, & Azizi, 2012, S.8)

Während die durchschnittliche Heilungsrate bei einer Krebserkrankung im Kindesalter bis Ende der 60er Jahre noch unter 20 Prozent lag, überleben heute in den Industrienationen bereits 75-80 Prozent der Kinder (Tallen, Henze, Creutzig, Dworzak, & Klingebiel, 2009, S.42). In Deutschland liegt die 5-Jahres-Überlebensrate für Tumore des zentralen Nervensystems bei Kindern bis 15 Jahre bereits bei 76% (Kaatsch & Spix, 2012, S.24).

Die signifikant gestiegene Überlebensrate von Kindern die an Krebs erkrankt sind, lässt sich durch frühzeitigere Diagnosen und verbesserte **Behandlungen** erklären (Moore, 2005).

Kinder und Jugendliche mit Krebserkrankungen werden im deutschsprachigen Raum, im Gegensatz zu anderen EU-Ländern oder der USA, flächendeckend nach einheitlichen Therapieplänen behandelt. Diese werden von der Gesellschaft für Pädiatrische Onkologie und Hämatologie (GPOH) entwickelt, ausgewertet und

regelmäßig dem aktuellen Stand der Wissenschaft angepasst (Gadner, Gaedicke, Niemeyer, & Ritter, 2006).

Unter dem Dach von I-BFM SG (International Berlin- Frankfurt- Münster Study Group) und SIOP-Europe (International Society of Pediatric Oncology-Europe) gemeinsam mit der GPOH werden in 250 spezialisierten Behandlungszentren fast alle Kinder und Jugendliche mit bösartigen Erkrankungen im Rahmen von Studien behandelt, die der Therapieoptimierung dienen. Dank der konsequenten Durchführung solcher Therapiestudien und der konsequenten Implementierung ihrer Ergebnisse in einheitlichen Therapieleitfäden überleben heute fast vier von fünf Kindern eine Krebserkrankung (Tallen, Henze, Creutzig, Dworzak, & Klingebiel, 2009, S.42).

Die Behandlungsmöglichkeiten in der Pädiatrischen Onkologie setzen sich aus einer stetig verbesserten lokalen operativen Behandlung, einer intensivierten, systemisch wirkenden Polychemotherapie und/oder einer strahlentherapeutischen Behandlung zusammen.

Nachdem sich die Prognosen der ZNS-Tumore in den letzten Jahrzehnten massiv verbessert haben, richtet sich das Augenmerk nun vermehrt auch auf die Spätfolgen, welche sich in medizinischen, physischen, sozialen, emotionalen und neurokognitiven Funktionen manifestieren (Ullrich & Embry, 2012). Um die Therapie zu optimieren wird zum einen versucht die Prognose weiterhin zu verbessern und zum anderen die Toxizität bei gleichbleibender Heilungschance zu verringern (Thallen & Yiallourous, 2011).

Somit gewinnt, neben einer Steigerung der Heilungsquantität, d.h. einer Erhöhung der Langzeitüberlebensrate, auch die Steigerung der Heilungsqualität an Bedeutung. Mit Heilungsqualität ist die Lebensqualität auf medizinischer, emotionaler, psychosozialer sowie beruflicher Ebene gemeint (Tallen, Henze, Creutzig, Dworzak, & Klingebiel, 2009).

Trotz der gestiegenen Überlebensrate ist Krebs die zweithäufigste Todesursache und die häufigste tödliche Erkrankung bei europäischen Kindern nach dem ersten Lebensjahr (Tallen, Henze, Creutzig, Dworzak, & Klingebiel, 2009, S.42).

Um die Klassifikationen und Arten der Tumore besser zu verstehen, werden im Folgenden zunächst die Terminologien erklärt.

Das Wort Tumor kommt aus dem Lateinischen und bedeutet Schwellung oder Geschwulst. Gemeint ist damit eine Zellsammlung, die unabhängig vom Rest des Körpers wächst (Pinel & Pauli, 2007). Das Wort alleine gibt aber noch keine Auskunft über die Eigenschaften des Tumors. Mit der Bezeichnung solide Tumore sind Tumore gemeint die in inneren Organen oder Organsystemen entstehen und dadurch gekennzeichnet sind, dass sie fest sowie zumindest anfangs örtlich begrenzt sind. Solide Tumore können sowohl gutartig (benigne) als auch bösartig sein (maligne). Gutartige solide Tumore wachsen langsam sowie örtlich begrenzt und bilden keine Absiedlungen, sogenannte Tochtergeschwülste bzw. Metastasen an anderen Stellen im Körper. Gutartige Tumore können sich zum Teil wieder zurückbilden oder bleiben in ihrem Wachstum stehen. Sie können sich aber auch zu bösartigen Tumoren weiterentwickeln. Bösartige Tumore wachsen schnell und unkontrolliert und zerstören damit gesundes Gewebe. Außerdem können sie weiter wandern und über die Bildung von Metastasen neue Tumore bilden. Im Kindes- und Jugendalter werden auch histologisch gutartige Tumore den bösartigen Tumoren zugeordnet, da im Zentralnervensystem nicht nur die Histologie sondern auch die Lokalisation entscheidend ist (Slavc, Peyrl, & Azizi, 2012).

Der Ort an dem der Tumor entsteht kennzeichnet den Primärtumor (Thallen, 2011; Thallen, 2012). Primäre ZNS-Tumore, welche zu den soliden Tumoren gehören, entstehen im Knochenmark oder im Gehirn. Neben der Differenzierung der Tumorart, welche aufgrund des feingeweblichen Subtyps und der Lokalisation erfolgt, werden Tumore nach den Richtlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO – World Health Organization) anhand deren **Schweregrades** in folgende vier Tumorgrade unterteilt (Feiden & Feiden, 2008; Lous, et al., 2007):

- Der WHO Grad I kennzeichnet niedrigmaligne Tumore, die kein großes Wachstumspotential haben und deren vollständige Resektion sehr wahrscheinlich ist.
- Der WHO Grad II kennzeichnet niedrigmaligne Tumore, die meist infiltrativ sowie langsam wachsen aber oft wiederkehren (rezidivieren).
- Der WHO Grad III kennzeichnet hochmaligne Tumore, die eine erhöhte Mitoseaktivität sowie atypische Zellkerne aufweisen. Sie werden häufig mit Radio- und oder Chemotherapie behandelt. Bei Nichtbehandlung wird meist die Überlebenszeit reduziert.

- Der WHO Grad IV kennzeichnet hochmaligne Tumore, die aufgrund ihrer erhöhten Mitoseaktivität sehr schnell und diffus wachsen. Die Krankheitsentwicklung geht vor sowie nach der Operation schnell voran und kann auch mittels Chemo- und Radiotherapie meist nicht gestoppt werden.

Die Einteilung der **Lokalisation** erfolgt in folgende drei Gruppen (Medizinische Fachgesellschaften Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen (AWMF), 2010):

- Supratentoriellen Tumore liegen in der mittleren oder vorderen Schädelgrube und kommen mit 45 Prozent relativ häufig vor. Sie haben ihren Sitz meist in der Großhirnhemisphäre, im oberen Hirnstamm oder in sellären und suprasellären Regionen.
- Infratentoriellen Tumore, welche in der hinteren Schädelgrube liegen, stellen mit 52 Prozent die häufigste Lokalisation dar. Sie haben ihren Sitz meist im Kleinhirn, im vierten Ventrikel oder im unteren Hirnstamm.
- Intraspinale Tumore haben ihren Ursprung im Rückenmarkskanal und kommen mit einer Häufigkeit von drei Prozent relativ selten vor.

Der Schweregrad und die Lokalisation des Tumors sind keine unabhängigen Faktoren. So weisen insbesondere Tumore in der infratentoriellen Region häufig einen hohen Schweregrad auf. Tabelle 1 bietet einen Überblick der Lokalisationen der wichtigsten ZNS-Tumore im Kindes-Jugendalter.

Die Zuteilung der Tumorart erfolgt anhand der bereits beschriebenen Lokalisation und dem feingeweblichen Subtyps. Der feingewebliche Subtyp erschließt sich aus den vermeintlichen Ursprungszellen sowie deren Wachstumsverhalten (Slavc, Peyrl, & Azizi, 2012). Im Folgenden werden jene Tumorarten beschrieben, welche bei Kindern und Jugendlichen am häufigsten vorkommen.

**Tabelle 1: Klassifikation der wichtigsten ZNS-Tumore bei Kindern nach Lokalisation (aus Slavc, Peyrl & Azizi, 2012, S.8)**

<b>A. Supratentorielle Tumore</b>	
1. Chiasma/Sella Region	Opticusgliom, Kraniopharyngeom, Keimzelltumor, Langerhans-Zelohistiozytose
2. Mittelhirn, Zwischenhirn, III. Ventrikel, Corpus pineale	Astrozytom, Pineoblastom, Pineozytom, Ependyrom, Keimzelltumor, atypisches teratoid thabdoider Tumor
3. Großhirnhemisphären, Seitenventrikel	Astrozytom, Glioblastom, ZNS-primitiver neuroektodermaler Tumor, Ependymom, Plexustumor, atypisch teratod rhabdoider Tumor
<b>B. Infratentorielle Tumore</b>	
1. Kleinhirn, IV. Ventrikel	Medulloblastom, Astrozytom, Ependymom, atypischer teratoid rhabdoider Tumor
2. Hirnstamm, Pons	Diffuses intrinsisches Ponsgliom, pilozytisches Astrozytom
<b>C. Spinale Tumore</b>	
1. Primäre intramedulläre Tumore	Astrozytom, Ependymom, atypisches teratoid rhabdoider Tumor, ZNS-primitiver neuroektodermaler Tumor (ZNS-PNET)
2. Primär extramedulläre Tumore	Sarkom, Neuroblastom

### 2.1. Niedrigmaligne Gliome

Niedrigmaligne Gliome (Low-grade gliomas - LGG) sind geringgradig bösartige Tumore, die in allen Teilen des Gehirns entstehen können. Am häufigsten entstehen sie jedoch im Kleinhirn und Großhirn. Der Begriff Gliom bezieht sich auf die Gliazellen, welche das Ursprungsgewebe dieser Tumore darstellen. Gliazellen stellen das Nähr- und Stützgewebe des ZNS dar und sind an der Reizübertragung zwischen Nervenzellen beteiligt. Da Gliazellen im ganzen ZNS vorkommen, können Gliome auch im ganzen ZNS vorkommen. Die Unterteilung in die Tumortypen Astrozytom, Oligodendrogliom, Oligoastrozytom und Gangliogliom erfolgt anhand der Herkunft der Tumorzellen. Sind die Ursprungszellen zum Beispiel Astrozyten so wird der Tumor Astrozytom genannt. Das vorangehende Adjektiv beschreibt das Wachstumsmuster, so ist das pilozytische Astrozytom durch feine bipolare fibrilläre Fortsätze charakterisiert, welche Pilozyten (Haarzellen) genannt werden. Pilozytische Astrozytome mit dem WHO-Grad I sind mit einem Anteil von zwei Dritteln die häufigsten niedrigmalignen Tumore. Obwohl niedrigmaligne Tumore meist sehr langsam wachsen, können sie dennoch lebensbedrohlich sein, da der Schädel nur begrenzt Raum für wachsendes Gewebe bietet und zum Teil

lebenswichtige Hirnregionen betroffen sind. Die meisten Patienten/innen die an einem niedriggradigen Gliom erkranken überleben diesen jedoch. Niedrigmaligne Tumore entsprechen den WHO-Graden I und II. Mittlerweile liegt die 10-Jahres-Überlebenschance bei durchschnittlich 80 Prozent (Gnekow, 2013, S.10). Kinder und Jugendliche mit einer angeborenen Fehlbildungserkrankung haben ein deutlich erhöhtes Risiko an einem niedrigmalignen Tumor zu erkranken. So entwickeln zum Beispiel 20 Prozent der Patienten/innen mit Neurofibromatose Typ I (NF1) in den ersten zwei Lebensjahrzenten ein niedrigmalignes Gliom. Dieses tritt meistens in der Sehbahn auf, aber auch anderen Regionen können betroffen sein. Häufig ist bei einem niedrigmalignen Tumor die chirurgische Resektion bzw. Biopsie des Tumors ausreichend. Neben der Histologie ist aber auch die Lokalisation entscheidend. So ist zum Beispiel bei einem pilozytischen Astrozytom im Kleinhirn eine chirurgische Resektion des Tumors oft ausreichend, wohin gegen bei einem pilozytischen Astrozytom im Hypothalamus/Opticus/Chiasmabereich aufgrund der Lage meist keine vollständige Resektion möglich ist und somit der Tumor noch zusätzlich chemotherapeutisch behandelt werden muss (Slavc, Peyrl, & Azizi, 2012).

Auch wenn der Tumor vollständig entfernt wurde, treten infolge häufig neurologische, kognitive, psychosoziale und hormonelle Defizite auf, welche die Lebensqualität massiv beeinträchtigen können. Oft ist infolge auch die Sehfähigkeit eingeschränkt, da besonders bei jüngeren Kindern das Risiko für eine Metastasierung im Bereich der Sehbahn erhöht ist. Mit einem Anteil von 30 – 40 Prozent bilden niedrigmaligne Tumore die größte Gruppe der ZNS-Tumore (Yiallourous & Thalles, 2013b).

## **2.2. Hochmaligne Gliome**

Hochmaligne Gliome (High-grade gliomas - HGG) gehören zu den hochgradig bösartigen Tumoren und treten meist im Hirnstamm oder in der Großhirnrinde auf. Aber auch sie können in allen Teilen des Zentralnervensystems auftreten. Hochmaligne Gliome, die sich aus den bereits beschriebenen Gliazellen entwickeln, sind durch einen malignen histologischen Phänotyp des WHO-Grades III oder IV oder durch einen ungünstigen klinischen Verlauf gekennzeichnet (Kramm, et al., 2008). Tabelle 2 gibt Auskunft über die verschiedenen Subtypen und ihre

Häufigkeiten anhand der Klassifikation des Schweregrads. Besonders häufig sind das Hirnstammgliom, das anaplastische Astrozytom sowie das Glioblastom.

**Tabelle 2: Definition und Häufigkeiten pädiatrischer HGG (aus Kramm, et al., 2008, S.1202)**

<b>Qualifikation als hochmalignes Gliom</b>	<b>Subtyp des hochmalignen Glioms</b>	<b>Häufigkeit [%]</b>
<i>Ungünstiger klinischer Verlauf unabhängig von der Histologie und/oder dem WHO-Grad</i>	Hirnstammgliom (inkl. Ponsgliom)	36,9
	Gliomatosis cerebri	0,9
<i>WHO-Grad-III-Histologie</i>	Anaplastisches Astrozytom	22,5
	Anaplastisches Oligodendrogliom/ Oligoastrozytom	1,8
	Pleomorphes Xanthoastrozytom mit Anaplasie	0,9
	Anaplastisches Gangliogliom	1,4
	Anaplastisches pilozytisches Astrozytom	2,5
<i>WHO-Grad-IV-Histologie</i>	Glioblastoma multiforme	29,2
	Riesenzellglioblastom	3,0
	Gliosarkom	0,9

Da hochmaligne Gliome sehr schnell wachsen und durch ihr ungehemmtes Wachstum das gesunde Gehirngewebe zerstören, führen sie ohne Behandlung meist in wenigen Monaten zum Tod. Die fünf-Jahres-Überlebensrate liegt in Deutschland bei 10 bis 19 Prozent und ist damit sehr ungünstig. Wenn die komplette Tumorentfernung gelingt steigt die Überlebensrate auf 50 Prozent. 15 – 20 Prozent der ZNS-Tumore bei Kindern und Jugendlichen sind hochmaligne Tumore (Yiallouris & Thallen, 2013a). Bei hochmalignen Tumoren bedarf es neben einer Operation meist auch einer Chemotherapie und Bestrahlung. Aufgrund des sich noch in der Entwicklung befindenden Gehirns, wird jedoch bei Kindern unter drei Jahren, wenn möglich, keine Bestrahlung durchgeführt (Slavc, Peyrl, & Azizi, 2012).

### 2.3. Medulloblastome und ZNS-PNET

Medulloblastome und primitiv neuroektodermale Tumore des Zentralnervensystems (ZNS-PNET) gehören zu den embryonalen Tumoren und entstehen somit aus sehr undifferenzierten und unreifen Zellen, wodurch sie

besonders schnell wachsen. Aufgrund ihres schnellen, undifferenzierten Wachstums und ihrer hohen Malignität werden sie dem WHO-Grad IV zugeordnet. Die beiden Hirntumore, welche sich im Erscheinungsbild sehr ähneln, unterscheiden sich vor allem durch die Lokalisation. Während Medulloblastome immer im Kleinhirn lokalisiert sind, entstehen ZNS-PNET meist supratentoriell, also oberhalb des Kleinhirnzeltens. Mit einem Anteil von 25 Prozent gehören sie, nach den niedrigmalignen Tumoren, zu den zweithäufigsten ZNS-Tumoren im Kindes- und Jugendalter. In Deutschland erkranken im Jahr durchschnittlich sieben Kinder- und Jugendliche (unter 15 Jahren) pro 1.000.000. Der Anteil der Medulloblastome liegt bei 75 – 85 Prozent. Die Medulloblastome lassen sich je nach Erscheinungsbild in unterschiedliche Formen mit unterschiedlichen Prognosen unterteilen. Meist wachsen sie unkontrolliert in das umgebende Gewebe, wie den Hirnstamm oder den vierten Ventrikel der hinteren Schädelgrube. Die ZNS-PNET entstehen größtenteils in den Großhirnhälften oder im Bereich der Zirbeldrüse (Pinealisregion – zwischen den beiden Großhirnhälften am Zwischenhirn), von wo aus sie ein sehr aggressives Wachstumsverhalten zeigen. Bei beiden Tumorarten kann eine Metastasierung zum Krankheitsbild gehören.

Medulloblastome und ZNS-PNET werden zusätzlich zu einer operativen Entfernung des Tumors, mit Chemo- und Strahlentherapie behandelt. Während die vollständige operative Entfernung des Tumors bei Medulloblastomen bei 50 Prozent der Patienten/innen gelingt, sind die Aussichten bei ZNS-PNET aufgrund der Lage des Tumors nicht so günstig. Aus diesem Grund unterscheiden sich auch die Überlebenswahrscheinlichkeiten. Während sich die Prognose für Patienten/innen mit Medulloblastomen deutlich verbessert hat (von drei Prozent nach fünf Jahren in den sechziger Jahren auf heute deutlich über 50 Prozent, bzw. sogar 80 – 90 Prozent, wenn keine Metastasierung stattfindet), sind die Überlebenschancen bei ZNS-PNET Patienten/innen deutlich geringer. So wird bei circa 20 -30 Prozent der Kinder und Jugendlichen mit ZNS-PNET mit einem langfristigen Überleben gerechnet (Thallen & Yiallouros, 2013).

#### **2.4. Ependymom**

Ependymome unterteilen sich in unterschiedlich bösartige Ependymome, von denen manche eher langsam wachsen und andere schnell, wobei auch langsam

wachsende Ependymome lebensbedrohlich sein können, wenn lebenswichtige Gehirnregionen betroffen sind. Dementsprechend erfolgt die Zuordnung zu den WHO-Graden von WHO-Grad I bis WHO-Grad III.

Ependymome entstehen aufgrund entarteter Ependymzellen, welche in den Hirnventrikeln und dem Rückenmarkskanal vorkommen. Dementsprechend treten Ependymome in den Ventrikeln und im Rückenmarkskanal auf. 60 Prozent der Ependymome entstehen infratentoriell, im vierten Ventrikel der hinteren Schädelgrube. Am zweithäufigsten kommen sie mit 30 Prozent supratentoriell, im Seitenventrikel des Großhirns und im dritten Ventrikel des Zwischenhirns, vor. Am seltensten entstehen sie mit 10 Prozent intraspinal im Rückenmark. Je nach Art des Ependymom kann es auch zu einer Metastasierung kommen.

Bei der Behandlung des Ependymom ist die operative Entfernung des Tumors immer der erste Schritt. Je nach Schweregrad erfolgt dann meist eine Bestrahlung und bei sehr hohem Schweregrad zusätzlich eine Chemotherapie. Der Grad der Tumorentfernung ist sehr entscheidend für die Prognose. So führt die vollständige Tumoresektion mit anschließender Bestrahlung zu einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 50 bis 60 Prozent nach zehn Jahren. Wohingegen bei einer nur teilweisen Tumoresektion mit Nachbestrahlung die 10-Jahres-Überlebensrate bei 30 bis 40 Prozent liegt (Thallen & Yiallourous, 2012).

## **2.5. Kraniopharyngeom**

Das Kraniopharyngeom ist ein seltener gutartiger Fehlbildungstumor, welcher im Kinders- und Jugendalter ein bis vier Prozent der Gehirntumore ausmacht. Der Tumor entsteht aufgrund von ektodermalen Überresten der Rathke'schen Tasche, aus welcher sich noch während der Schwangerschaft der Vorderlappen der Hypophyse bildet. Somit ist das Kraniopharyngeom in der Hypophyse lokalisiert. Obwohl das Kraniopharyngeom keine Malignitätszeichen aufweist und dem WHO Grad I zugeordnet wird, sind die Symptome und Folgen der Erkrankung sehr schwerwiegend (z.B. Visusbeeinträchtigung, endokrine Ausfälle, hypothalamische Störungen, neuropsychologische Störungen, Entwicklungsverzögerungen). Das Ziel der Behandlung ist eine vollständige operative Entfernung des Tumors. Wenn dies nicht gelingt, folgt meist eine Bestrahlung. Wird die Hypophyse operativ entfernt bedarf es einer lebenslangen Einnahme von Hormonen. Die Prognose ist bei einem

Kraniopharyngeom meist positiv, so liegt die 5-Jahres-Überlebensrate bei 80 Prozent (GPOH, 2013).

Zusammenfassung:

Dieses Kapitel gibt Auskunft über Hirntumor im Kindes- und Jugendalter hinsichtlich Häufigkeiten, Klassifikationen, den häufigsten Tumorarten und der Behandlung. Für das Verständnis des Gedächtnisses bei Kindern mit einem Hirntumor ist es wichtig, die unterschiedlichen Aspekte (Lokalisation, Art, Behandlung) eines Hirntumors zu kennen um daraus mögliche Rückschlüsse auf eventuelle Beeinträchtigungen des Gedächtnisses ziehen zu können.

### 3. Theoretische Modelle des Gedächtnisses

Um eine differenzierte Diagnostik des Gedächtnisses bei Kindern mit einem Hirntumor zu ermöglichen, bedarf es zunächst dem Verständnis, was Gedächtnis überhaupt bedeutet und welche Aspekte es zu beachten gilt.

Während früher das Gedächtnis als einheitliche Funktion angesehen wurde, welche lediglich durch das Kurzzeitgedächtnis und das zeitlich folgende Langzeitgedächtnis differenziert war, wird das Gedächtnis heute, aufgrund von zahlreichen experimentellen und klinischen Studien als Oberbegriff gesehen, der sich aus einer Vielzahl von zeitlichen sowie inhaltlich voneinander differenzierbaren, miteinander in Interaktion stehenden Komponenten zusammensetzt (Tulving, 1995 zitiert nach Calabrese & Förstl, 2009).

Es gibt eine Vielzahl theoretischer Modelle zum Gedächtnis, welche sich aber im Wesentlichen in **Zeitmodelle** (Mehrspeichermodelle) und **Inhaltsmodelle** unterteilen lassen. Sie bauen auf diversen Differenzierungen des Gedächtnisses auf, welche sich zum Teil überschneiden (Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009).

Die Zeitmodelle sind zum einen anhand der Funktionen des Gedächtnisses dargestellt und zum anderen geben sie die Abfolge der einzelnen Gedächtnissysteme wieder.

Die Inhaltsmodelle, welche erstmals 1972 von Endel Tulving publiziert wurden, beziehen sich auf das Langzeitgedächtnis, welches sich ebenfalls in den Zeitmodellen wiederfindet. Das Langzeitgedächtnis wird dabei anhand der Art der Einspeicherung (bewusst vs. unbewusst) sowie der Gedächtnisinhalte (z. B. autobiografische Inhalte, Fakten, motorische Abläufe, ec.) unterteilt.

#### 3.1. Zeitmodelle

Unter Zeitmodellen werden zum einen die Prozesse des Gedächtnisses zusammengefasst und zum anderen Gedächtnissysteme, welche anhand der zeitlichen Abfolge sowie der Kapazität unterschieden werden. Zu den Gedächtnisfunktionen zählen das Aufnehmen der Information, das Speichern und das Abrufen der Information. Die Gedächtnissysteme umfassen den sensorischen

Register, das Arbeitsgedächtnis mit seinen Subkomponenten und das Langzeitgedächtnis.

### **3.1.1. Gedächtnisfunktionen (Gedächtnisprozess)**

Der Gedächtnisprozess lässt sich in drei bzw. vier Phasen einteilen. Das Aufnehmen der Information (Enkodieren), der Speicherprozess (Speichern) und das Abrufen der Informationen (Abruf). Markowitsch (2009) differenziert den Prozess der Speicherung anhand der Prozesse der Konsolidierung (vertiefte Einspeicherung von Informationen) und der Ablagerung. Alle Phasen beschreiben Prozesse bzw. Funktionen des Gedächtnisses, aber bilden kein eigenes Gedächtnissystem, sondern werden von den Gedächtnissystemen umgesetzt (Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009).

In der **Enkodierungsphase** werden neue Informationen ins Gedächtnis aufgenommen und verarbeitet, indem sie in zeitliche, semantische und/oder räumliche Relationen eingebettet werden. Dies geschieht intentional (beabsichtigt) oder inzidentell (unbeabsichtigt). Die Verarbeitungsstrategie (oberflächlich vs. tiefe Verarbeitung), welche gewählt wird um die Informationen aufzunehmen, beeinflusst wiederum den späteren Abruf der Informationen. Bei der Enkodierung ist auch zu beachten, womit sich zuvor beschäftigt wurde, da es zu Interferenzen – störenden Ereignisse oder Prozesse, die zum Abfall der Leistung führen – mit dem aktuellen Lernmaterial kommen kann (proaktive Interferenz) (Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009). Die Enkodierungsphase umfasst die Zeit in der, der zu memorierende Reiz präsent wird (Gruber, 2011).

Auf die Enkodierung folgt ein erstes Intervall unterschiedlicher Länge, in dem die Gedächtnisinhalte gespeichert werden, bevor wieder auf sie zugegriffen wird (Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009). In der frühen Phase der **Einspeicherung** (Konsolidierung) sind die aufgenommen Informationen noch nicht gefestigt, sodass es zu einer retroaktiven Interferenz kommen kann, d. h. die Beschäftigung mit ähnlichen Informationen beeinträchtigt die spätere Gedächtnisleistung (Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009)

Der **Abruf** der gespeicherten Informationen kann explizit (bewusst), durch Erfragen der Information oder implizit (unbewusst), anhand des Beobachten von Verhaltensänderungen, die Ausdruck eines Lernprozesses sind, erfolgen (Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009).

Störungen der Gedächtnisfunktionen lassen sich in Speicherstörungen (Störungen, die die Aufnahme, Einspeicherung und Verfestigung der Informationen betreffen) und Abrufstörungen unterteilen (Lepach & Peterman, 2007).

### **3.1.2. Gedächtnissysteme**

Die Gedächtnissysteme werden meist in drei Systeme differenziert: das Sensorische Register (auch Ultrakurzzeitregister genannt), das Kurzzeitgedächtnis bzw. Arbeitsgedächtnis und das Langzeitgedächtnis. Die erste Unterteilung in die drei Systeme geht auf das 3-Speicher-Modell von Atkinson und Shiffrin (1968 zitiert nach Berti, 2010) zurück, welches mittlerweile insbesondere durch das Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley erweitert wurde. Die Begriffe Kurzzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis werden vielfach synonym verwendet. Sie unterscheiden sich aber insofern, als das Kurzzeitgedächtnis die zeitlich begrenzte Speicherung von Informationen beschreibt und einen passiven Speicher darstellt, während das Arbeitsgedächtnis eine Kombination zwischen Speicherung und gleichzeitiger Manipulation der Informationen zum Zwecke der Weiterverarbeitung darstellt (siehe Baddeley, 2012; Berti, 2010). In diesem Sinne stellt das Kurzzeitgedächtnis eine Teilkomponente der Speichersysteme (phonologische Schleife, räumlich visuelle Skizzenblock) des Arbeitsgedächtnisses nach Baddeley dar.

#### **3.1.2.1. Sensorisches Register (Ultrakurzzeitregister) und Kurzzeitgedächtnis**

Das Sensorische Register beschreibt die früheste Stufe der Reizwahrnehmung, welche im Bereich von Millisekunden liegt und unbewusst vonstattengeht. Das sensorische Register hat eine größere Kapazität als das Kurzzeitgedächtnis. Somit werden Informationen im sensorischen Register selektiert und gelangen dann ins Bewusstsein. Unterschieden wird auf dieser Ebene, vor allem das ikonische (visuelle) und das echoische (auditive) Gedächtnis. Es existiert aber für jede Sinnesmodalität ein eigenes sensorisches Register (Calabrese, Lang, & Förstl, 2011).

Die Behaltenskapazität des Kurzzeitgedächtnisses (bzw. der Speichersysteme des Arbeitsgedächtnisses) ist beschränkt und wird häufig mit einer Kapazität von  $7 \pm 2$  Bedeutungseinheiten angegeben. Die im Sekundenbereich liegende Behaltensleistung kann durch den Vorgang innerer Wiederholung (Rehearsal)

zeitlich ausgedehnt und durch sinnvolle Gruppierungen von einzelnen Elementen inhaltlich erweitert werden (Calabrese, Lang, & Förstl, 2011). Diese aktiven Prozesse sind jedoch nicht mehr dem Kurzzeitgedächtnis zuzuordnen und beziehen sich ausschließlich auf das Arbeitsgedächtnis.

### **3.1.2.2. Arbeitsgedächtnis**

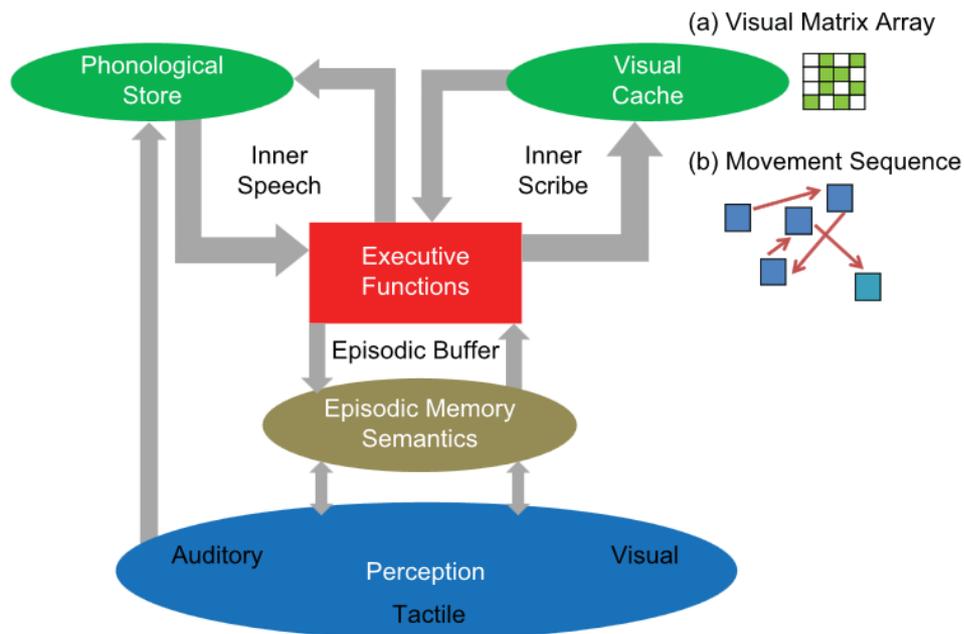
Das Arbeitsgedächtnismodell ist, seit es 1974 von Baddeley und Hitch postuliert wurde, vielfach untersucht und theoretisch weiterentwickelt worden. Die bekanntesten Ansätze sind das multimodulare Modell des Arbeitsgedächtnisses nach Baddeley und Hitch (1974) und das Prozessmodell des Arbeitsgedächtnisses nach Cowan (1999).

Beide Modelle haben grundsätzlich dieselbe Kernaussage, welche an Cowans (1998) Definition des Arbeitsgedächtnisses deutlich wird. Er definiert das Arbeitsgedächtnis als „the collection of mental processes that permit information to be held temporarily in an accessible state, in the service of some mental tasks“ (S.77). Aus dieser Definition wird deutlich, dass das Arbeitsgedächtnis aus mehreren Prozessen besteht, welche die Aufgabe haben, Informationen über einen kurzen Zeitraum verfügbar zu halten. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung für höhere kognitive Prozesse. Ebenso ist das Arbeitsgedächtnis dafür verantwortlich neue Informationen oder Inhalte aus dem Langzeitgedächtnis in den Fokus der Aufmerksamkeit zu rücken (Berti, 2010).

Das multimodulare Modell des Arbeitsgedächtnisses nach Baddeley und Hitch (1974) beinhaltet zwei modalitätsspezifische, aktive Speichersysteme, die phonologische Schleife und den räumlich-visuellen Notizblock, sowie eine zentrale Kontrollinstanz, die zentrale Exekutive. Das Modell wurde von Baddeley (2000) um ein drittes Speichermodul, den episodischen Puffer, erweitert.

Anhand von Abbildung 1 werden die einzelnen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses nach Baddeley (2000) ersichtlich. Zusätzlich werden die Beziehungen der Subsysteme untereinander dargestellt.

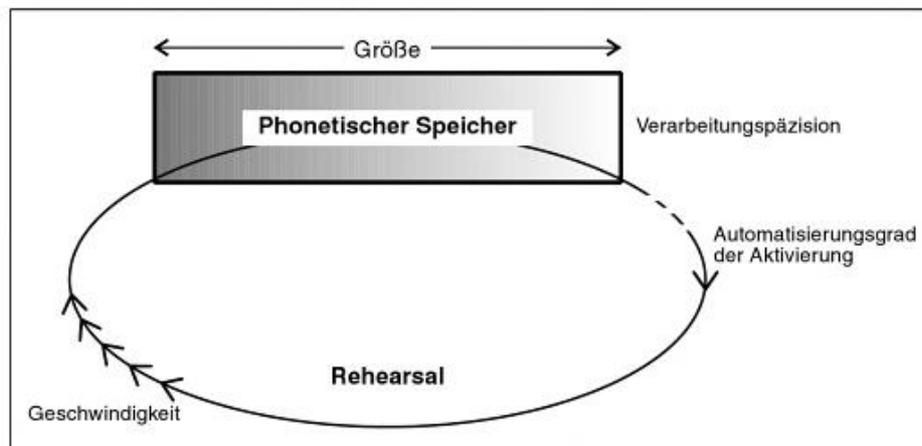
Die phonologische Schleife und der räumlich-visuelle Notizblock unterscheiden sich in der Art der Informationen die verarbeitet und gespeichert werden, was bereits aus den Namen ersichtlich wird.



**Abbildung 1: Das multimodale Modell des Arbeitsgedächtnisses mit seinen verschiedenen Komponenten (aus Logie, 2011, S.241)**

Die **phonologische Schleife** verarbeitet neben sprachlichen Informationen auch klangliche, akustische und auditive Informationen, wie Musik, Rhythmus oder akustisch dargebotene Zeitintervalle (Schmid I., 2011). Sie beinhaltet zwei Subkomponenten; zum einen den **passiven phonologischen Speicher**, welcher eng mit der Sprachwahrnehmung verbunden ist und Sprachlaute im Speicher hält, bis sie verblasen und zum anderen den **subvokalen artikulatorischen Kontrollprozess**, welcher sprachliche Informationen auffrischt und somit verhindert, dass sie verblasen. Der subvokale Kontrollprozess wird auch als „Rehearsal“ bezeichnet und drückt das aktive innere Sprechen und Wiederholen der Information aus (Grube, Lingen, & Hasselhorn, 2008). Die Teilung in die zwei Subsysteme der phonologischen Schleife wurde empirisch bestätigt und gilt als gut gesichert (Hasselhorn & Zoelch, 2012; Schmid I. , 2011). Da der passive phonologische Speicher lediglich eine Kapazität von ca. 1,8 Sekunden aufweist, ist die auditive Merkleistung auch von der Geschwindigkeit, in der die Informationen über das Rehearsal artikuliert werden können, abhängig (Grube, Lingen, & Hasselhorn, 2008). Aufgrund diverser Phänomene differenzieren Mähler und Hasselhorn (2003) die Funktionsbereiche der phonologischen Schleife noch weiter in jeweils zwei Funktionsmerkmale. So ist die Leistungsfähigkeit des phonologischen Speichers zum einen von der Speicherdauer, also der **Größe des**

**Speichers** und zum anderen von der Input-Qualität, also der **Verarbeitungspräzision** abhängig. Die Leistung des subvokalen Kontrollprozesses hängt von der **Geschwindigkeit des Rehearsals** sowie dem **Automatisierungsgrad der Aktivierung** ab (Mähler & Hasselhorn, 2003; Schmid I. , 2011; Hasselhorn & Zoelch, 2012). In Abbildung 2 werden diese vier Funktionsmerkmale dargestellt.



**Abbildung 2: Das um vier Funktionsmerkmale erweiterte Zwei-Komponenten-Modell des phonologischen Arbeitsgedächtnisses sensu Baddely (aus Hasselhorn, Grube, & Mähler, 2000, S.174)**

Ein Phänomen, das die Verarbeitungspräzision beschreibt, ist der **akustische Ähnlichkeitseffekt**. So wurde gezeigt, dass ähnlich klingende Wörter (z.B. Haus, Maus, Laus) schlechter erinnert werden als Wörter die unähnlich klingen (z.B. Haus, Tor, Hund). Dies wird zurückgeführt auf Verwechslungen bei der Rekonstruktion zerfallender Spuren im Arbeitsgedächtnis (Grube, Lingen, & Hasselhorn, 2008). Ein weiteres Phänomen, der **Wortlängeneffekt**, kann auf den Automatisierungsgrad der Aktivierung des Rehearsal zurückgeführt werden. So konnte gezeigt werden, dass sich kurze, also schneller aussprechbare Wörter, besser gemerkt werden konnten als lange Wörter (Grube, Lingen, & Hasselhorn, 2008). Wenn dieser Effekt noch nicht zu beobachten ist (z.B. bei Kindern im Vorschulalter oder bei Kindern im Grund-/Volksschulalter mit Lernbehinderungen im Sinne einer niedrigen Intelligenz), lässt sich daraus schließen, dass sich die Automatisierung der Aktivierung noch nicht entwickelt hat (Hasselhorn & Mähler, 2007; Hasselhorn, Mähler, Grube, Büttner, & Gold, 2010). Der **Effekt der artikulatorischen Unterdrückung** wird ebenfalls auf den Automatisierungsgrad der Aktivierung

zurückgeführt. Dieser beschreibt das Phänomen, dass verbale Inhalte schlechter erinnert werden, wenn das innere Rehearsal durch das laute Sprechen irrelevanter Laute (z.B. La, la, la, ...) verhindert wird. Dadurch kann der Rehearsalprozess nicht aufrechterhalten werden und somit die Informationen nicht an den phonologischen Speicher zurückgeführt werden (Grube, Lingen, & Hasselhorn, 2008; Schmid I. , 2011).

Beachtet werden sollte auch, dass geschriebene Informationen einen anderen Zugang zur phonologischen Schleife haben als gesprochene Informationen. Während gesprochene Informationen aufgrund ihrer Darbietung in Lauten sofort einen Zugang zum passiven phonologischen Speicher haben, müssen geschriebene Informationen zuerst kodiert werden, indem sie innerlich gesprochen werden. Erst dann können sie im phonologischen Speicher abgelegt werden und durch das Rehearsal aufrechterhalten werden (Schuchardt, 2008).

Die Konzeptualisierung des **räumlich-visuelle Notizblock** ist bisher nicht so weit fortgeschritten wie die der phonologischen Schleife, aber auch er lässt sich unterteilen in einen passiven Speicher und einen aktiven Kontrollprozess. Zudem wird davon ausgegangen, dass räumliche und visuelle Informationen getrennt verarbeitet werden (Schmid, Zoelch, & Roebers, 2008). Dementsprechend werden dem passiven visuellen Speicher, auch „visual cache“ genannt, die Aufnahme von visuell-statischen Informationen, wie zum Beispiel Farbe, Textur oder Form eines Objekts zugeordnet, während der aktive innere Schreibprozess („inner scribe“) für die Verarbeitung von räumlich-dynamischen Reize, wie Lage und Anordnung im Raum, Bewegungsrichtung, räumliche Veränderungen und Abläufe, verantwortlich ist. Der „inner scribe“ lässt sich mit dem Rehearsalprozess der phonologischen Schleife vergleichen, da auch er durch ein inneres Wiederholen Informationen auffrischt und für eine längere Behaltensdauer sorgt (Schuchardt, 2008; Schmid I. , 2011). Die Unterteilung in die beiden Subsysteme wird anhand empirischer Untersuchungen gestützt. So weisen Untersuchungen mittels Dual-Task-Aufgaben (auch Interferenz-Paradigma) darauf hin, dass die beiden Subsysteme getrennt voneinander funktionieren (z.B. Darling, Sala, & Logie, 2009). Dual-Task-Aufgaben haben die Besonderheit, dass neben einer Primäraufgabe auch eine Sekundäraufgabe bearbeitet werden muss. Wenn dabei die gleichen Gedächtnissubsysteme in Anspruch genommen werden, so wird die Leistung in der Primäraufgabe beeinträchtigt. Dabei hat sich gezeigt, dass die Beeinträchtigungen

besonders hoch waren, wenn die zwei Aufgaben das gleiche Subsystem (entweder das „visual cache“ oder das „inner scribe“) beanspruchten, während die Einschränkungen nicht so groß waren, wenn sich die Aufgaben der Primär- und Sekundäraufgabe hinsichtlich des Subsystems unterschieden. Zum anderen haben Logie und Pearson (1997) gezeigt, dass sich die beiden Subsysteme in ihrer Entwicklung unterscheiden. Beide Systeme entwickeln sich zwar mit dem Alter weiter. Der „visual cache“, entwickelt sich jedoch schneller als die „inner scribe“.

Die **zentrale Exekutive** selber stellt keinen Speicher dar, sondern dient der Zusammenarbeit und Koordination beider Speichersysteme. Sie ist verantwortlich für die Kontrolle, Überwachung, Anpassung und Steuerung der Gedächtnisprozesse. Zu ihrer wichtigsten Aufgabe gehört das Bewusstmachen von Inhalten zur weiteren Informationsverarbeitung. Die konkreten Funktionsbereiche welche Baddeley ihr zuschreibt (Koordinationskapazität, selektive Aufmerksamkeit, Abruf und Aufarbeitung von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis, Abrufstrategiewechsel und –auswahl) konnten aber bisher empirisch nicht bestätigt werden (Schmid I. , 2011; Zoelch, 2005). Hinsichtlich der zentralen Exekutive ergibt sich die Problematik, dass sich ihre zahlreichen Funktionsbereiche sowohl mit der Definition der exekutiven Funktionen, als auch der Aufmerksamkeitskontrolle überschneiden (Schmid, Zoelch, & Roebbers, 2008). Es bleibt fraglich, ob die zentrale Exekutive als kohärente Einheit beschrieben werden kann. Da die Funktionen, welche ihr zugesprochen werden, jedoch entscheidend für eine effektive Informationsverarbeitung und somit für die Leistungsfähigkeit sind, besitzt sie trotz allem eine große Relevanz für die theoretische Beschreibung des Gedächtnisses (Hasselhorn & Zoelch, 2012).

Der **episodische Puffer** wurde laut Zoelch (2005) in das Modell aufgenommen, da nicht alle Ergebnisse mit dem bisherigen Modell vereinbar waren. So stellten Baddeley, Vallar und Wilson (1987, zitiert nach Zoelch, 2005) fest, dass eine Gedächtnisspanne von bis zu 16 Items möglich ist, wenn die einzelnen Items in Zusammenhang stehen. Hierfür wurde zunächst das Langzeitgedächtnis verantwortlich gemacht. Untersuchungen an Patienten/innen mit geschädigtem Langzeitgedächtnis zeigten aber, dass vielmehr das Arbeitsgedächtnis für die höher erinnerte Itemanzahl verantwortlich ist (Baddeley & Wilson, 2002, zitiert nach Zoelch, 2005). Der episodische Puffer bildet somit das dritte Hilfssystem im Baddeleys Arbeitsgedächtnismodell. Es integriert visuelle und phonologische

Stimuli zu einem multimodalen Code, welcher mit Informationen aus der zentralen Exekutive und aus dem Langzeitgedächtnis eine einheitliche episodische Repräsentation bildet. Diese kann mithilfe von Aufmerksamkeitsprozessen der aktuellen Verarbeitung zur Verfügung gestellt werden (Baddeley, 2000). Der episodische Puffer ermöglicht somit, dass Wissen verknüpft und kurzfristig gespeichert werden kann.

Die unabhängige Funktionsweise der beiden Speichersysteme sowie der zentralen Exekutive konnten ab dem Alter von sechs Jahren nachgewiesen werden. Die Funktionsweise des episodischen Puffers hingegen wurde noch nicht ausreichend empirisch bestätigt (Pickering & Gathercole, 2001, zitiert nach Schmid, Zoelch, & Roebers, 2008).

### **3.1.2.3. Langzeitgedächtnis**

Das Langzeitgedächtnis ist ein permanenter Wissensspeicher mit wahrscheinlich unbegrenzter Kapazität. Er wird sowohl den zeitlichen Modellen zugeordnet, als auch hinsichtlich inhaltlicher Aspekte weiter ausdifferenziert, welche durch die inhaltlichen Modelle beschrieben werden.

In zeitlicher Hinsicht wird das Langzeitgedächtnis in Neugedächtnis und Altgedächtnis unterteilt. Bei gesunden Personen kann die Einteilung beliebig erfolgen. Alles was bis zum beliebigen Zeitpunkt gelernt wurde, wird als Altgedächtnis bezeichnet und jene Inhalte die ab diesem Zeitpunkt gelernt wurden, bilden das Neugedächtnis. Bei Patienten/innen mit Gedächtnisstörungen wird dieser Zeitpunkt meist an einem kritischen Ereignis fest gemacht (z. B. Unfall mit der Folge des Schädel-Hirn-Traumas) (Markowitsch, 2009).

Während früher davon ausgegangen wurde, dass Inhalte wiederholt werden müssen, um in das Langzeitgedächtnis zu gelangen, wird heutzutage ein flexibleres Modell angenommen, bei dem davon ausgegangen wird, dass Inhalte über verschiedene Kanäle ins Langzeitgedächtnis gelangen und es verschiedene Einflussgrößen für die Speicherung im Langzeitgedächtnis gibt (Lepach & Petermann, 2008). Aus diesem Grund kann auch keine Dauer angegeben werden, ab der von einem Langzeitgedächtnis gesprochen werden kann.

### 3.2. Inhaltliche Modelle

Das Langzeitgedächtnis wird neben einer zeitlichen Gliederung auch hinsichtlich inhaltlicher Aspekte in das explizite (bzw. deklarative) Gedächtnis und in das implizite (bzw. nondeklarative) Gedächtnis unterteilt. Während das explizite Gedächtnis für das bewusste Erinnern von repräsentativen Informationen verantwortlich ist, dient das implizite Gedächtnis der erfahrungsbedingten Verhaltensänderungen und dem Erinnern von Fertigkeiten (Markowitsch, 2009). Anhand von Abbildung 3 wird die Zuteilung inhaltlicher Aspekte zu den beiden Subsystemen verdeutlicht.

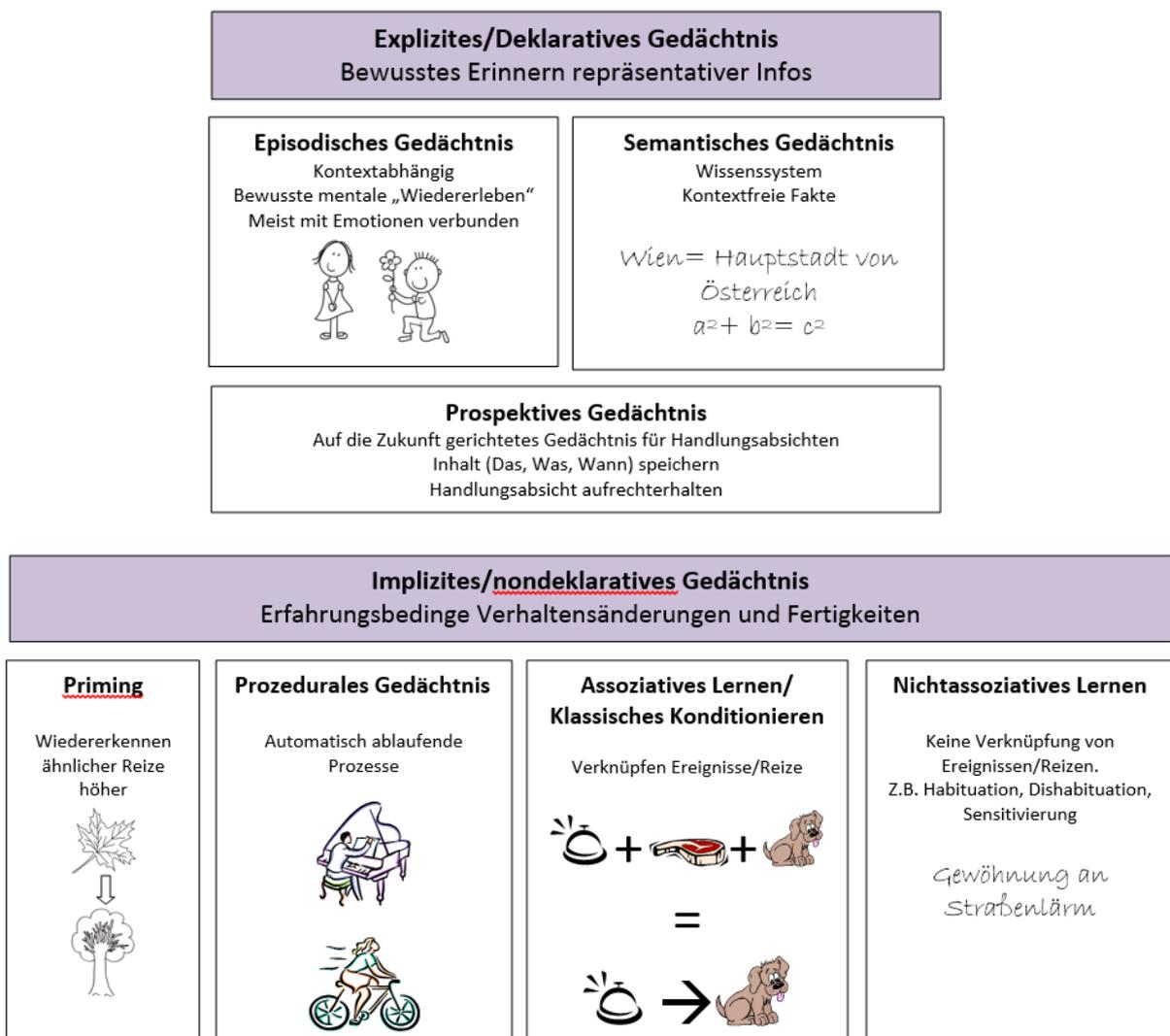


Abbildung 3: Inhaltliche Gedächtnismodelle nach Markowitsch (2009)

### **3.2.1. Explizites Gedächtnis**

Das explizite Gedächtnis wird untergliedert in das episodische Gedächtnis, das semantische Gedächtnis und das prospektive Gedächtnis. Das **episodische Gedächtnis** ist verantwortlich für das bewusste mentale „Wiedererleben“ von kontextabhängige Informationen und wird meist mit Emotionen verbunden ist. So gehören zu den episodischen Gedächtnisinhalten beispielsweise Erinnerung an Freude oder besondere Momente. Das **semantische Gedächtnis** erinnert kontextfreie Fakten und bildet das Wissenssystem. So wird das semantische Gedächtnis zum Beispiel für das Speichern von Formeln gebraucht. Das **Prospektive Gedächtnis** richtet sich auf die Zukunft und erinnert Handlungsabsichten. Es ist sowohl für das Speichern des Inhalts verantwortlich (Was, Wann), als auch für die Aufrechterhaltung der Handlungsabsichten (Markowitsch, 2009; Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009).

### **3.2.2. Implizites Gedächtnis**

Dem **impliziten Gedächtnis** zugehörig sind das *prozedurale Gedächtnis*, das *Priming*, das *assoziative Lernen*, sowie das *nichtassoziative Lernen*. Das **prozedurale Gedächtnis** bezieht sich auf automatisch ablaufende Prozesse, wie Fahrrad-, oder Autofahren oder das Spielen von Musikinstrumenten. **Priming** hingegen bedeutet eine erhöhte Wiedererkennungswahrscheinlichkeit für zuvor in gleicher oder ähnlicher Weise wahrgenommene Reize (siehe Markowitsch, 2009). Beim **assoziativen Lernen** werden bestimmte Ereignisse oder Reize miteinander verknüpft. So werden zum Beispiel die klassische und operante Konditionierung zum assoziativen Lernen zugeordnet. Beim **nicht-assoziativen Lernen** findet keine Verbindung von bestimmten Ereignissen bzw. Reizen statt. Beispiele für nicht-assoziatives Lernen sind Habituation (Gewöhnung an einen Reiz), Dishabituation (Stärker werden eines zuvor abgeschwächten Reizes auf das Ausgangsniveau, durch das Dazwischenschalten eines neuen Reizes) und Sensitivierung (Steigerung eines zuvor abgeschwächten Reizes über den Ausgangswert hinaus, durch das Dazwischenschalten eines neuen Reizes) (Markowitsch, 2009).

#### Zusammenfassung:

In diesem Kapitel wurden die wichtigsten Komponenten des Gedächtnisses beschrieben. So wird das Gedächtnis zum einen hinsichtlich der zeitlichen Abfolge und Speicherkapazität in folgende drei Subsysteme unterteilt: den sensorischen

Register, das Arbeitsgedächtnis und das Langzeitgedächtnis. Das Langzeitgedächtnis wird außerdem anhand der zu speichernden Inhalte in ein explizites und ein implizites Gedächtnis unterteilt. Zudem werden die Gedächtnisprozesse beschrieben, welche die Aufnahme, Speicherung und den Abruf von Informationen umfassen.

## 4. Entwicklung des Gedächtnisses

Die Entwicklung des Gedächtnisses gibt Aufschluss darüber, zu welcher Zeit die Komponenten des Gedächtnisses normalerweise ausgebildet werden. In Bezug auf das Verständnis möglicher Gedächtnisbeeinträchtigungen bei Kindern mit einem Hirntumor ist dieses Wissen besonders wichtig, da Defizite zwar durch eine Verletzung bestimmter Gehirnareale entstehen, diese aber in der Regel erst durch die nicht altersgerechte Weiterentwicklung der Gedächtniskomponenten zu beobachten sind. Um die Entwicklung des Gedächtnisses zu veranschaulichen, werden zunächst die Entwicklung in der frühen Kindheit, die Entwicklung des Arbeitsgedächtnisses sowie die Determinanten der Gedächtnisentwicklung ab dem Vorschulalter dargestellt. Vollständigkeitshalber wird zusätzlich eine kontrovers diskutierte, alternative Entwicklungstheorie des Gedächtnisses, die Fuzzy-Trace Theory, beschrieben.

### 4.1. Entwicklung des Gedächtnisses in der frühen Kindheit

Ab der frühen Kindheit zeigt sich in allen Gedächtniskomponenten ein Zuwachs in der Kapazität, was durch eine Vielzahl an Studien belegt wird. Exemplarisch werden im folgenden Abschnitt einige wenige Studien angeführt, die den Gedächtniszuwachs in einzelnen Bereichen aufzeigen.

Schon wenige Tage alte Säuglinge verfügen über Gedächtnisfähigkeiten, wie der **Wiedererkennungsleistung**. Sie sind in der Lage sich Gesichter, Bilder oder Spielzeug über längere Zeitperioden einzuprägen (Schneider & Büttner, 2008). Diese Leistung verbessert sich in den ersten Lebensmonaten beträchtlich. Während sechs Monate alte Säuglinge sich einmal vorgeführte Handlungen für 24 Stunden merken können, sind 14 Monate alte Kinder schon in der Lage sich die Handlung für vier Monate einzuprägen (vgl. Meltzoff, 1995, zitiert nach Schneider & Büttner, 2008). Im Säuglings- und Kleinkindalter können Gedächtnisleistungen vor allem anhand der operanten Konditionierung und der Habituation beobachtet werden (Berk, 2011).

So haben Forscher die operante Konditionierung von Säuglingen anhand eines Mobileexperiments untersucht (Rovee-Collier, 1999). Dabei wurde den Säuglingen gezeigt, dass sie das Mobile mittels der Bewegung des Fußes, welcher mit einer

Schnur am Mobile befestigt war, bewegen können. Drei Monate alte Kinder konnten sich daran noch eine Woche später erinnern, während sich sechs Monate alte Kinder noch zwei Wochen später daran erinnerten. Mittels des Experiments eine Spielzeugeisenbahn durch einen Hebel in Bewegung zu versetzen, konnte gezeigt werden, dass die Gedächtnisspanne weiterhin zunimmt, während sechs Monate alte Kinder wiederum eine Gedächtnisspanne von zwei Wochen aufwiesen, konnten sich 18 Monate alte Kinder noch 13 Wochen später daran erinnern, dass sie den Hebel betätigen müssen (Hartshorn, et al., 1998, S.83). Selbst wenn die Kinder die operante Reaktion vergessen, reicht ein Hinweisreiz (z.B. ein Erwachsener der das Mobile anstößt) aus, um die Reaktion zu reaktivieren. Sechs Monate alte Kinder erinnerten sich, wenn sie die Möglichkeit hatten die Reaktion nochmal auszuführen, infolge sogar noch fünf Wochen später, wie sie das Mobile bewegen können (Hildreth & Rovee-Collier, 2002, S.286). Womöglich stärkt das einmalige Vergessen die Erinnerungsleistungen, da die Erinnerungen bei der Wiedereinspeicherung durch einen zusätzlichen Kontext verknüpft werden (Berk, 2011).

Mittels Dis-/ bzw. Habituerungsstudien konnte gezeigt werden, dass sich Kinder nicht nur an Dinge erinnern, die sie selbst ausgeführt haben, sondern auch an Dinge die sie passiv beobachten. So erinnerten sich 22 Wochen alte Kinder noch sieben Wochen später an das Verhalten (Haare bürsten oder Seifenblasen pusten) einer Frau, welches sich dadurch zeigte, dass sie sich auch sieben Wochen später in einer neuen Umgebung dem vertrauten Reiz zuerst zuwandten (Bahrick, Gogate, & Ruiz, 2002). Während das Unterscheiden von Gesichtern schon gut gelingt und das Gedächtnis für ungewöhnliche Bewegungen im Alter von drei bis fünf Monaten gut ausgebildet ist, erinnern sich Kinder in diesem Alter nur kurz an unbekannte Gesichter oder statische Muster (Bahrick, Hernandez-Reif, & Pickens, 1997; Pascalis, de Haan, Nelson, & de Schonen, 1998). Mit einer besser werdenden Fähigkeit im Hantieren von Gegenständen nimmt auch die Sensibilität für das Aussehen von Objekten zu. So erinnern sich zehn Monate alte Kinder bereits gleich gut an unbekannte Aktivitäten, wie an Eigenschaften von Objekten, die mit den Aktivitäten zusammenhängen (Horst, Oakes, & Madole, 2005; Berk, 2011).

Neben den bereits beschriebenen Rekognitionsleistungen werden bei Kindern im Alter von ein bis zwei Jahren bereits **Reproduktionsleistungen** beobachtet (Schneider & Büttner, 2008). So finden Kinder mit Ende des ersten Lebensjahrs bereits Gegenstände wieder, bei denen sie davor beobachtet haben, dass sie

versteckt wurden (Berk, 2011). Dies lässt darauf schließen, dass sie bereits interne Repräsentationen von Objekten und Lebenswesen besitzen. Im Laufe der Kindheit und Jugend entwickeln sich die reproduktiven Fähigkeiten noch beträchtlich weiter. So können Kinder mit vier Jahren bereits drei bis vier vorher gezeigte Gegenstände benennen, während Kinder im Alter von Zwei nur ein bis zwei Gegenstände reproduzieren können (Perlmutter, 1984, zitiert nach Berk, 2011). Diese Verbesserung steht auch im Zusammenhang mit der sprachlichen Entwicklung. Im Vergleich zu älteren Kindern sind die Gedächtnisleistungen aber immer noch gering, was darauf zurückzuführen ist, dass Kinder im Alter von drei bis vier Jahren selbst bei expliziten Behaltensinstruktionen kein intentionales (absichtliches) Memorierverhalten zeigen (Berk, 2011; Schneider & Büttner, 2008). Es hat sogar den Anschein, dass Behaltensinstruktionen für das Memorieren eher hinderlich sind. Diese Befunde deuten darauf hin, dass das implizite Gedächtnis in dieser Altersstufe eine wesentlich größere Rolle spielt als das explizite Gedächtnis (Schneider & Büttner, 2008).

Auch im Alter von vier Jahren gibt es noch eine große Diskrepanz zwischen der Rekognitionsleistung und der Reproduktionsleistung. Dies lässt sich dadurch erklären, dass Kinder in diesem Alter noch nicht die Fähigkeit besitzen Merkmale der Ausgangssituation innerlich zu repräsentieren und wieder abzurufen.

Bei Kindern im Alter von zwei bis vier Jahren lässt sich auch bereits ein kurzfristiges **Ortsgedächtnis** beobachten, welches davon profitiert, dass Gedächtnisstützen (retrieval cues) effizienter genutzt werden können. Diese Verbesserung lässt sich nach Sophian (1984, zitiert nach Schneider & Büttner, 2008) auf eine ansteigende Flexibilität der Suchfertigkeiten, einer zunehmenden Konsistenz beim Einsatz und dem Wegfall von unangemessenen Suchmustern zurückführen.

Die basale Gedächtniskompetenz von Kindern im Vorschulalter verbessert sich durch sogenannte **Skripts** (Allgemeine Beschreibungen von Handlungsabläufen), welche durch Alltagserfahrungen gewonnen werden. Während die Skripts zu Beginn noch sehr einfach sind, werden sie mit zunehmendem Alter genauer (Berk, 2011). Auch die Beschreibung **autobiografischer Gedächtnisinhalte** wird mit der Weiterentwicklung der kognitiven und kommunikativen Fertigkeiten detaillierter und zeitlich organisierter (Fivush, 2001 zitiert nach Berk, 2011).

#### 4.2. Die Entwicklung des Arbeitsgedächtnisses

Hinsichtlich der Entwicklung des **phonologischen Arbeitsgedächtnisses**, wird davon ausgegangen, dass der phonologische Speicher schon sehr früh entwickelt ist (circa im Alter von zwei bis drei Jahren), während Rehearsalprozesse erst im Alter von sieben Jahren automatisch ausgelöst werden (Gathercole, Pickering, Ambridge & Wearing, 2004; Grube, Lingen, & Hasselhorn, 2008). Ab diesem Alter werden auch visuelle Informationen meist verbal benannt (siehe Seitz-Stein, Schumann-Hengsteler, Zoelch, Grube, Mähler, & Hasselhorn, 2012). Der Zuwachs der Behaltenskapazität für Ziffern – welche durch das Zusammenspiel von Kapazität und Rehearsal zusammenkommt – und die Entwicklung der Verarbeitungsgeschwindigkeit, verdeutlichen die Entwicklung des auditiven Arbeitsgedächtnisses. Während Kinder im Alter von zwei Jahren nur zwei Informationseinheiten (Ziffern) erinnern können, erinnern Kinder mit vier bis fünf Jahren bereits fünf Ziffern, Kinder mit neun Jahren bereits durchschnittlich sechs Ziffern und im Erwachsenenalter liegt die Leistungsgrenze bei  $7 \pm 2$  (Berk, 2011; Lepach, 2003; Schneider & Berger, 2014). Auch die Geschwindigkeit mit der die Informationen verarbeitet werden nimmt zu. So benötigen Kinder mit vier Jahren noch ca. drei Sekunden, Kinder mit acht Jahren zweieinhalb Sekunden und Kinder mit zwölf Jahren nur mehr eineinhalb Sekunden um eine Informationseinheit zu verarbeiten (Kail, 1991, S.259). Der Wortlängeneffekt, und damit die automatische Aktivierung des Rehearsalprozesses, tritt erst im Alter von sieben Jahren auf (Mähler & Hasselhorn, 2003).

Auch das **visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis** zeigt entwicklungsbedingte Veränderungen. Diese sind jedoch im Vergleich zu der Entwicklung der phonologischen Schleife relativ moderat. So zeigt sich hinsichtlich der „inner scribe“ nur ein Zuwachs von zwei bis drei Blöcken im Alter von vier Jahren auf ca. sechs Blöcke im Alter von 15 Jahren. Auch der „visual cache“ entwickelt sich weiter. So können Kindergartenkinder bereits drei Elemente erinnern, während Kinder im Alter von zehn Jahren bereits siebeneinhalb Elemente erinnern können (siehe Zoelch & Mähler, 2012). Die beiden modalitätsspezifischen Speichersysteme lassen sich bereits ab dem Alter von drei Jahren deutlich voneinander abgrenzen (Gathercole, et al., 2004; Schmid, Zoelch, & Roebbers, 2008).

Die **zentrale Exekutive** sowie der **episodische Puffer** lassen sich in der frühen Kindheit schwer erheben und wurden daher wenig untersucht. Hinsichtlich der zentralen Exekutive weisen Studien darauf hin, dass sich die einzelnen Komponenten unterschiedlich schnell entwickeln und sich erst im Alter von fünf bis zehn Jahren ausdifferenzieren (siehe Zoelch & Mähler, 2012). Jedoch zeigen alle vier Speichersysteme ab dem Kleinkindalter bis zur Adoleszenz deutliche Zuwächse in der funktionalen Kapazität. Mit 15 Jahren entspricht die Gedächtniskapazität bezüglich der Komponenten des Arbeitsgedächtnisses bereits dem des Erwachsenenalters (Gathercole, et al., 2004).

Studien weisen auf eine unabhängige Funktionsweise der beiden modalitätsspezifischen Speicher sowie der zentralen Exekutive ab dem Alter von sechs Jahren hin, während die Funktionsweise des episodischen Puffers noch nicht hinreichend untersucht wurde (Gathercole, et al., 2004).

#### 4.3. Die Determinanten der Gedächtnisentwicklung ab dem Vorschulalter

Im Alter von ca. fünf bis zehn Jahren lassen sich die vergleichsweise größten Leistungszuwächse im Bereich des sprachlichen Gedächtnisses registrieren. Die alterskorrelierte Verbesserung des Gedächtnisses wird auf neurologische Reifungsprozesse im Verlaufe der Entwicklung zurückgeführt, welche dazu führen, dass mehr strukturelle **Gedächtniskapazität** zu Verfügung steht (Schneider & Büttner, 2008). Einen großen Einfluss scheint hierbei die Item-Identifikationsgeschwindigkeit zu haben. Diese führt zu einer geringeren Kapazitätsbelastung, welche eine effizientere Verarbeitung ermöglicht. So ergab sich in einer Studie von Case et al. (1982, zitiert nach Schneider & Büttner, 2008) eine annähernd lineare Beziehung zwischen der Reaktionsgeschwindigkeit und der Gedächtnisspanne.

Ein weiterer Grund für die alterskorrelierte Verbesserung des Gedächtnisses wird im **Strategieinsatz** gesehen. Während bei jüngeren Kindergartenkindern kaum der Einsatz von Strategien zu beobachten ist und auch eine gezielte Unterweisung keine positiven Effekte auf die Gedächtnisleistung zu haben scheint (*Mediationsdefizit*), wirken bei Vorschulkindern und Schulanfängern gezielte Hinweise oder Unterweisungen zum Gebrauch von Strategien. Sie weisen jedoch

ein sogenanntes *Produktionsdefizit* auf, das heißt sie verwenden Strategien noch nicht von alleine. Die verspätete Wirkung des Strategiegebrauchs könnte am sogenannten *Nutzendefizit* liegen. Dieser besagt, dass zunächst keine Wirkung erzielt wird, weil der erste Einsatz strategischer Operationen selbst sehr viel mentale Energie bindet und sich somit die gedächtnisfördernde Wirkung des Strategiegebrauchs noch nicht unmittelbar einstellt. Erst mit dem vermehrten Einsatz von Strategien und einer damit verbundenen Automatisierung, führt der Einsatz von Strategien zu einem Vorteil bei der Einspeicherung und dem Abruf von Gedächtnisinhalten. Dieser Erklärungsansatz wird zwar zum Teil durch wissenschaftliche Studien belegt, ist aber noch nicht eindeutig nachgewiesen (Schneider & Büttner, 2008; Schneider & Berger, 2014). Zu den vielfach untersuchten Strategien gehören *Wiederholungsstrategien*, *Organisationsstrategien* und das *Sortieren* und *Elaborieren*. Ab einem Alter von sieben Jahren nutzen Kinder das Wiederholen als Gedächtnisstrategie. Dem folgt das Organisieren und Sortieren und erst um das zehnte und elfte Lebensjahr herum, wird das Elaborieren (z.B. der Gebrauch von Eselsbrücken) als Gedächtnisstrategie genutzt (Lepach & Petermann, 2008; Schneider & Büttner, 2008). Der Übergang von nicht-strategischem zu strategischem Verhalten scheint nicht graduell, sondern abrupt zu erfolgen (Schneider & Sodian, 1997).

Alterskorrelierte Leistungsunterschiede dürfen allerdings nicht nur auf die Kapazitätzunahme und den Einsatz von Gedächtnisstrategien zurückgeführt werden. Sie sind vor allem durch Effekte der Wissensbasis, also dem **Vorwissen**, zu erklären. Eine weitverbreitete und akzeptierte Modellvorstellung geht davon aus, dass Wissen in Netzwerken organisiert ist, in denen ähnliche Inhalte miteinander verknüpft sind. Nicht nur die Inhalte nehmen mit dem Alter zu, sondern auch die dazugehörigen Verbindungen, sodass das Wissensnetz immer enger wird. Somit steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Inhalte leichter erinnert werden (Schneider & Büttner, 2008). Der Effekt des Vorwissens auf die Gedächtnisleistung konnte in Vergleichen von Experten und Novizen nachgewiesen werden. So zeigte eine Studie von Chi (1978, zitiert nach Schneider & Büttner, 2008), dass sich die üblichen Altersunterschiede sogar umkehren ließen, wenn das Wissen der Kinder, das der Erwachsenen übertraf.

Das **Metagedächtnis** stellt das Wissen über das eigene Gedächtnis und die Weise wie es genutzt werden kann dar. Es wird unterteilt in ein faktisches deklaratives

Gedächtniswissen und eine prozedurale Komponente und wirkt sich ebenfalls auf die Gedächtnisleistungen aus. So soll laut Schneider und Pressley (1997, S.220) ein mittlerer Zusammenhang ( $r=.41$ ) zwischen Merkmalen des Metagedächtnisses und des Gedächtnisses bestehen. Bereits Kindergartenkinder verfügen über ein Wissen über das Gedächtnis. Im Alter von etwa sechs Jahren entwickelt sich bei Kindern das sogenannte Quellengedächtnis, das heißt Kinder wissen nun, woher sie Wissen erlangt haben (Lepach & Petermann, 2008). Dieses Wissen wird mit zunehmendem Alter spezifischer und festigt sich erst gegen Ende der Grundschulzeit. Auch danach sind noch weitere Verbesserungen zu beobachten (Schneider & Büttner, 2008). Das prozedurale Metagedächtnis wird unterteilt in den Überwachungsprozess, welcher schon bei Kindergartenkindern zu funktionieren scheint und den Prozess der Selbstregulation, welcher sich mit zunehmendem Alter deutlich steigert (siehe Lockl & Schneider, 2003).

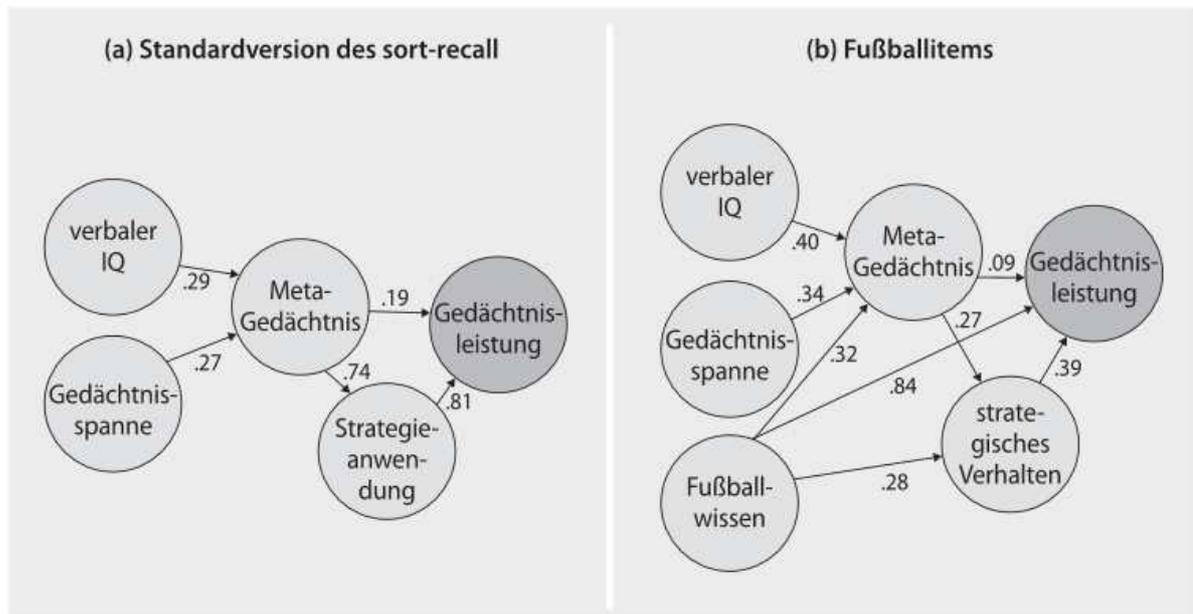
**Tabelle 3: Einfluss der Motoren der Gedächtnisentwicklung in Abhängigkeit vom Alter (nach Lepach & Petermann, 2008)**

<b>MOTOREN DER GEDÄCHTNIS-ENTWICKLUNG</b>	<b>0-5 JAHRE</b>	<b>5-10 JAHRE</b>	<b>AB 10 JAHREN</b>
<b>GEDÄCHTNIS-KAPAZITÄT</b>	Viele Kapazitätsmerkmale vorhanden: - Assoziationen - Generalisationen - Wiedererkennen etc.	Zunahme der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit	Weitere Zunahme der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit
<b>GEDÄCHTNIS-STRATEGIEN</b>	Wenige einfache Strategien, wie Benennungen oder selektive Aufmerksamkeit	Erwerb zahlreicher Strategien, wie Wiederholen, Organisation, etc.	Verstärkter Gebrauch des Elaborierens; beständige qualitative Verbesserung der anderen Strategien
<b>META-GEDÄCHTNIS</b>	Wenig Gedächtniswissen; erste Hinweise auf Gedächtnisüberwachung	Zunahme des Gedächtniswissens; verbesserte Gedächtnisüberwachung	Beständige Verbesserung des expliziten und impliziten Gedächtniswissens
<b>VORWISSEN</b>	Beständig zunehmendes Vorwissen unterstützt Gedächtnis	Beständig zunehmendes Vorwissen unterstützt Gedächtnis und trägt zum Strategieerwerb bei	Weitere Verbesserungen

Die beschriebenen Einflussfaktoren auf die Entwicklung des Gedächtnisses werden auch als „Motoren der Gedächtnisentwicklung“ bezeichnet. In Tabelle 3 werden die

bereits beschriebenen Veränderungen, welche die Motoren der Gedächtnisentwicklung bewirken, anhand des Alters dargestellt.

Die Determinanten oder Motoren der Gedächtnisentwicklung wirken sich jedoch nicht unabhängig voneinander auf die Entwicklung des Gedächtnisses aus, sondern bedingen sich gegenseitig. So haben Schneider, Bjorklund und Maier-Brückner (1996, zitiert nach Schneider & Berger, 2014) anhand einer experimentellen Studie die Beziehung zwischen Gedächtniskapazität, Gedächtnisstrategien, Metagedächtnis und Vorwissen anhand zweier Aufgaben aufgezeigt (siehe Abbildung 4). In der Standardaufgabe (a) ging es darum, sich Items aus unterschiedlichen Themenbereichen (z.B. Tiere, Nahrungsmittel, Möbel) zu merken und in der zweiten Aufgabe (b) ging es lediglich um Items aus dem Bereich Fußball (z.B. Feldspieler, Spielzüge). Ziel war es herauszufinden, ob die unsortiert vorgegebenen Items in der Lernphase sortiert werden und ob der Ordnungsgrad sich auf die Gedächtnisleistung auswirken wird und wie sich die Effekte in den beiden Aufgaben unterscheiden werden. Wie aus Abbildung 4 ersichtlich wird, hatten sowohl der verbale Intelligenzquotient als auch die Gedächtnisspanne einen moderaten Effekt auf das Metagedächtnis, welches wiederum einen mäßigen direkten Effekt und über das Strategieverhalten einen starken Effekt auf die Gedächtnisleistung hatte. Demzufolge ist vor allem das Metagedächtnis durch seinen Effekt auf das Strategieverhalten für die Gedächtnisleistung ausschlaggebend. Wenn hingegen bereichsspezifisches Vorwissen (Aufgabe b) wichtig ist, kommt diesem eine vergleichsweise höhere Bedeutung zu als den anderen Faktoren (siehe Abbildung 4).



**Abbildung 4: Kausalmodell<sup>1</sup> zur Vorhersage von Gedächtnisleistungen in semantischen Kategorisierungsaufgaben (sort-recall) bei zwei unterschiedlichen Items-Sets: (a) Standardbedingung und (b) Bereich Fußball (aus Schneider & Berger, 2014, S.224).**

#### 4.4. Alternativer Erklärungsansatz – Die Fuzzy-Trace Theory

Neben dem vielfach untersuchten Strategiemodell, gibt es auch einen anderen Ansatz, welcher die Entwicklung der Gedächtnisleistungen nicht auf höhere kognitive Prozesse zurückführt, sondern auf basale Prozesse. Reyna und Brainerd (1995) postulieren in ihrem Optimierungsmodell (Fuzzy-Trace Theory) die altersabhängige Sensibilität für Interferenzen als Entwicklungsdeterminante des Gedächtnisses. Demnach haben jüngere Kinder eine erhöhte Sensibilität gegenüber Interferenzen, wodurch ihre Gedächtnisleistung beeinträchtigt wird. Wenn bei einem Erinnerungsprozess Gedächtnisinhalte seriell wiedergegeben werden sollen, welche parallel im Bewusstsein sind, dann kommt es laut diesem Modell zu einer Output-Interferenz. Um die Output-Interferenz gering zu halten und infolge die Gedächtnisleistung zu optimieren, sollten zunächst Inhalte abgerufen werden, welche nicht so leicht abrufbar sind (gedächtnisschwache Inhalte), daraufhin Inhalte die leicht abrufbar sind (gedächtnisstarke Inhalte) und daraufhin

<sup>1</sup> Die eingezeichneten Pfadkoeffizienten beschreiben den Einfluss der untersuchten Merkmale aufeinander und werden durch standardisierte Regressionskoeffizienten beschrieben (siehe Schneider & Berger, 2014, S.224)

wiederum – da das Gedächtnis entlastet ist – gedächtnisschwache Inhalte. Dies nennen sie den Cognitive-Triage-Effekt (Hünnerkopf, Hasselhorn, & Schneider, 2006; Schneider & Berger, 2014). Das Modell ist jedoch umstritten. In einer Studie von Hünnerkopf, Schneider & Hasselhorn (2006) konnte gezeigt werden, dass ein erhöhter Cognitive-Triage-Effekt nicht mit einer verbesserten Abrufleistung einherging, wohingegen sich strategisches Verhalten positiv auf die Erinnerungsleistung auswirkte.

#### Zusammenfassung:

Mittels diesem Kapitel wurden die Entwicklung des Gedächtnisses sowie Determinanten der Gedächtnisentwicklung grob skizziert, um später die Gedächtnisleistungen der Kinder mit einem Hirntumor besser beurteilen und einordnen zu können. Während sich in der frühen Kindheit erste Gedächtnisleistung durch das Wiedererkennen äußern, zeigen sich bereits ab dem Alter von ein bis zwei Jahren Reproduktionsleistungen, wobei aber Wiedererkennungleistungen weiterhin dominieren. Auch das Arbeitsgedächtnis entwickelt sich in der frühen Kindheit hinsichtlich der modalitätsspezifischen Speicher weiter und bis zum Alter von 15 Jahren lassen sich in allen vier Komponenten des Arbeitsgedächtnisses Kapazitätswachse erkennen. Die unabhängige Funktionsweise der beiden modalitätsspezifischen Speicher sowie der zentralen Exekutive kann ab dem Alter von sechs Jahren angenommen werden. Hinsichtlich des episodischen Puffers fehlt es noch an Studien, welche die unabhängige Funktionsweise in der Kindheit bestätigen. Die wichtigsten Gedächtnisdeterminanten ab dem Vorschulalter sind die Gedächtniskapazität, der Strategieeinsatz, das Vorwissen sowie das Metagedächtnis.

## 5. Gedächtnis und Lernen in Bezug auf schulische Aspekte

Dieses Kapitel soll darstellen inwiefern die differenzierten Gedächtniskomponenten mit schulischen Leistungen zusammenhängen, um dadurch die Folgen spezifischer Gedächtnisbeeinträchtigungen besser einschätzen zu können. Zunächst werden die Begriffe Lernen und Gedächtnis anhand von Definitionen verglichen, um im Folgenden dann vermehrt auf die Zusammenhänge von schulischen Leistung und Komponenten des Gedächtnisses einzugehen.

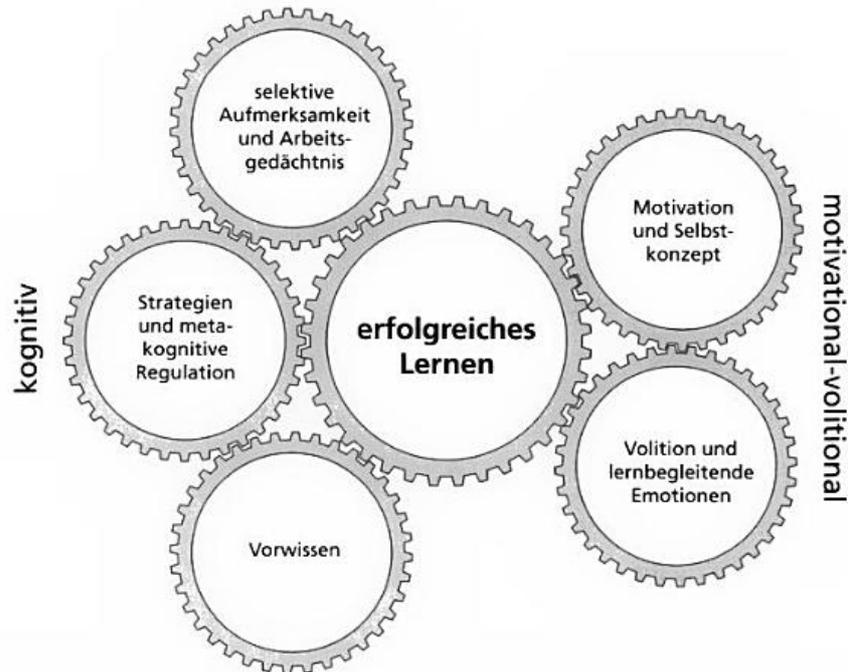
Die Begriffe Lernen und Gedächtnis werden vielfach synonym verwendet. Thöne-Otto & Markowitsch (2004) unterscheiden sie, indem sie Lernen als Prozess, der zur Aneignung neuen Wissens oder neuer Fähigkeiten führt, definieren, während das Gedächtnis ihrer Meinung nach das Endprodukt des Lernens darstellt (siehe Lepach & Petermann, 2008).

Dem entgegen definiert Koffka das Gedächtnis als Voraussetzung des Lernens: „Alles Lernen beruht darauf, daß wir ein Gedächtnis haben, d. h. die Tatsache, daß die Vergangenheit für uns, für unseren ganzen Organismus, nicht tot ist, sondern uns in irgendeiner Form mehr oder weniger vollkommen erhalten bleibt.“ (Koffka, 1921, S. 108, zitiert nach Foppa, 2000).

Menzel und Roth (1996, zitiert nach Lepach & Petermann, 2008, S.12) definieren Lernen als erfahrungsbedingte Modifikation von kognitiven Strukturen oder Verhalten, welches auf neuronaler Ebene zu synaptischen Veränderungen im Gehirn führt. Das Gedächtnis ermöglicht, diese Veränderungen (Gedächtnisinhalte) zu behalten und wieder abzurufen.

Anhand der unterschiedlichen Definition wird deutlich, dass Gedächtnis und Lernen eng verknüpft sind und sich in gewisser Weise gegenseitig bedingen, die Terminologien jedoch sehr heterogen sind und hier sicher noch Klärungsbedarf herrscht.

In der Praxis ist Lernen eng verknüpft mit Schulleistungen. Hierzu gibt es eine Vielzahl von Studien, welche die Bedeutung des Gedächtnisses für Schulleistungen betonen. In Bezug auf die Schule wird erfolgreiches Lernen meist als gute Informationsverarbeitung verstanden. Neben dem Gedächtnis sind dabei weitere individuelle Voraussetzungen von Bedeutung, wie aus Abbildung 5 ersichtlich wird.



**Abbildung 5: INVO-Modell der kognitiven und motivational-volitionalen individuellen Voraussetzungen erfolgreichen Lernens (aus Hasselhorn & Gold, 2009, S.68)**

So spielt auf der kognitiven Seite die selektive Aufmerksamkeit und das Arbeitsgedächtnis, das Anwenden von Strategien sowie das Vorwissen eine Rolle. Auf motivationaler-volitionaler Ebene sind die Motivation, das Selbstkonzept, die Volition (Willensbildung) und die lernbegleitenden Emotionen entscheidend (Hasselhorn & Zoelch, 2012). Jede kognitive Komponente des Modells der individuellen Voraussetzungen erfolgreichen Lernens (INVO-Modell) beinhaltet gedächtnisbasierte Funktionen oder Strukturen. So ist neben dem Arbeitsgedächtnis, das Langzeitgedächtnis über das Vorwissen repräsentiert, welches in früheren Modell häufig mit dem Langzeitgedächtnis gleichgesetzt wurde. Auch der Strategiegebrauch ist eng mit dem Gedächtnis verknüpft, da sich Gedächtnisleistungen über den Gebrauch von Strategien verbessern.

Aktuelle Forschungsbestrebungen beziehen sich vor allem auf den Zusammenhang von Arbeitsgedächtnis und schulischen Leistungen. Das **Langzeitgedächtnis** wurde hingegen nur im Kontext der Zusammenhänge und Unterschiede von Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörungen (ADHS) und allgemeinen Lernstörungen oder anhand des Vorwissens betrachtet (z.B. Vakil, Blachstein, Wertman-Elad, & Grennstein, 2012). Vorwissen ist neben dem Inhalt des

Langzeitgedächtnisses auch Voraussetzung für weiteres Lernen. Demzufolge können Defizite im Vorwissen im Sinne mangelnder Langzeitgedächtnisstrukturen verstanden werden (Hasselhorn, Mähler, Grube, Büttner, & Gold, 2010). Problematisch ist jedoch, dass Vorwissen nicht nur von der Funktionsfähigkeit des Langzeitgedächtnisses, sondern sehr stark von Umweltfaktoren (wie z.B. Förderung) beeinflusst wird. In Bezug auf Lernstörungen hat sich das Vorwissen sowohl bei Lese- und Rechtschreibstörungen sowie bei Rechenstörungen als brauchbarer Prädiktor erwiesen (Hasselhorn, Mähler, Grube, Büttner, & Gold, 2010). So stehen Schwierigkeiten im Lesen und Rechtschreiben in Zusammenhang mit der Fähigkeit phonologische Codes abzurufen oder sich Wortbilder einzuprägen und Rechenstörungen zeigen sich insbesondere durch Probleme in der Speicherung und im Abruf basaler arithmetischer Fakten (wie z.B. im Addieren und Subtrahieren im Zahlenraum bis 20 (siehe Grube, 2006; Hasselhorn, Mähler, Grube, Büttner, & Gold, 2010).

Das **Arbeitsgedächtnis** wird und wurde in Bezug auf schulische Leistungen intensiv untersucht. Alloway und Alloway (2010) haben zum Beispiel in einer Langschnittstudie gezeigt, dass das Arbeitsgedächtnis einen besseren Prädiktor für schulische Leistungen (Lesen und mathematisches Denken) darstellt, als der Intelligenzquotient.

Auch für das Lesen, sowohl für das Dekodieren als auch für das Leseverständnis, scheint das Arbeitsgedächtnis von Bedeutung zu sein. So unterstützt die phonologische Schleife den Umgang mit Phonemen, der wiederum das phonologische Bewusstsein determiniert, welches eine wichtige Vorläuferfertigkeit für den Erstleseunterricht darstellt (Seitz-Stein, et al., 2012). Daneman und Merikle (1996, S.427) haben mittels einer Meta-Analyse einen Zusammenhang zwischen Leseverständnis und der Kapazität des phonologischen Arbeitsgedächtnisses von  $r=.41$  festgestellt. Dieser Zusammenhang hat sich mit steigendem Schuljahr noch erhöht. Das phonologische Arbeitsgedächtnis wird also für das Leseverständnis mit zunehmender Entwicklung bedeutsamer (Seitz-Stein, et al., 2012).

Für das Rechnen scheinen vor allem visuell-räumliche und zentral-exekutive Teilprozesse relevant. So zeigen rechenschwache Kinder und Erwachsene Defizite im visuell-räumlichen Notizblock sowie bei zentral-exekutiven Teilprozessen (Seitz-Stein, et al., 2012).

Diese Erkenntnisse decken sich auch mit den analogen Störungen. So gibt es Hinweise, dass bei Lese- und Rechtschreibstörungen das phonologische Subsystem beeinträchtigt ist, bei Dyskalkulie der visuell-räumliche Notizblock und bei kombinierten Störungen alle Bereiche des Arbeitsgedächtnisses betroffen sind (Seitz-Stein, et al., 2012).

Der Einsatz von Enkodier- und Abrufstrategien sowie metakognitiven Strategien, welche sich mit dem Alter weiter entwickeln (siehe Kapitel 5 Entwicklung des Gedächtnisses) und somit mitverantwortlich sind für bessere Gedächtnisleistungen, werden nicht in direkten Zusammenhang gebracht mit Lern- und Leistungsstörungen. Es wird stattdessen vermutet, dass aufgrund der beeinträchtigten Arbeits- und Langzeitgedächtnisfähigkeiten, die Strategien gar nicht oder nur unzureichend genutzt werden können (Hasselhorn, Mähler, Grube, Büttner, & Gold, 2010).

#### Zusammenfassung:

Anand dieses Kapitels werden die Auswirkungen von Gedächtnisbeeinträchtigungen auf schulische Fähigkeiten dargestellt. Mittels des INVO-Modells wird die Bedeutung des Gedächtnisses für erfolgreiches Lernen ersichtlich. Sowohl das Langzeitgedächtnis als auch das Arbeitsgedächtnis erwiesen sich in Studien als wichtige Determinanten für basale Kulturtechniken, wie das Lesen, Schreiben und Rechnen.

## 6. Neuropsychologische Funktionsbereiche des Gedächtnisses

Im folgenden Kapitel soll ein kurzer Überblick über die neuroanatomischen Grundlagen des Gedächtnisses dargestellt werden, welche hinsichtlich der Einordnung von Gedächtnisbeeinträchtigungen im Zusammenhang mit der Lokalisation benötigt werden.

Insbesondere die Untersuchung des Gedächtnisses nach Hirnschäden hat zur Erkenntnis geführt, dass die einzelnen Gedächtnisprozesse und –systeme im Gehirn unterschiedlich lokalisiert sind. Erweitert durch die funktionale Bildgebung lassen sich die Abläufe des Gedächtnisses mittlerweile besser nachvollziehen und zuordnen (Markowitsch, 2012). Aufgrund der vielfältigen funktionellen Verzweigungen verschiedener neuroanatomischer Verbindungen kann jedoch nicht von einer „Zuständigkeit“ einzelner Bereiche gesprochen werden, sondern nur von ihrer „Beteiligung“ am Zustandekommen der Gedächtnisprozesse und –systeme (Lepach, 2003). Die Relation zwischen der Entwicklung des Gehirns und der Entwicklung des Gedächtnisses kann ebenso helfen das Gedächtnis besser zu verstehen. Sie wurde bisher aber nur ansatzweise untersucht. Das Zweikomponentenmodell der Entwicklung episodischer Gedächtnisleistungen über die Lebensspanne von Shing et. al. (2010) stellt solch ein Ansatz dar und soll hier exemplarisch kurz beschrieben werden. Nach ihrem Modell entwickelt sich das episodische Gedächtnis anhand zweier Komponenten, der assoziativen und der strategischen Komponente. Bei der assoziativen Komponente werden episodische Gedächtnisinhalte anhand der Assoziationsbildung gespeichert und abgerufen, dabei werden einzelne Merkmale zu einer kohärenten Gedächtnispräsentation zusammengefügt. Die Reifung dieser Komponente ist mit der mittleren Kindheit weitgehend abgeschlossen und nimmt im hohen Erwachsenenalter wieder ab. Die assoziative Komponente wird den medial gelegenen Arealen der Schläfenlappen zugeordnet, insbesondere dem Hippocampus. Die strategische Komponente bezieht sich auf kognitive Kontrollprozesse (Elaboration, Organisation, Überwachung), welche bei der Einspeicherung und beim Abruf zum Tragen kommen. Sie erreicht ihr volles Funktionsniveau im frühen Erwachsenenalter und fällt dann wieder ab. Sie wird dem präfrontalen Kortex zugeordnet. Die zeitlichen Aspekte der Komponenten stimmen mit neurowissenschaftlichen Befunden überein. So entwickeln sich die medial gelegenen Areale der Schläfenlappen deutlich schneller, als der präfrontale Kortex, welcher sich bis spät in die Adoleszenz

weiterentwickelt. Alterungsprozesse treten bei beiden Strukturen im frühen bis mittleren Erwachsenenalter auf. Das Modell spiegelt die Beobachtung wieder, dass es Kindern zunächst schwer fällt Gedächtnisstrategien zu verwenden, sie jedoch nach Erwerb dieser Fähigkeit höhere episodische Gedächtnisleistungen erzielen als ältere Erwachsene (Schneider & Berger, 2014). Modalitätsspezifische Störungen lassen sich, aufgrund der Beteiligung des präfrontalen Cortexes an der Spezialisierung der Hemisphären, erst ab einem Alter von circa fünf Jahren feststellen (Lepach & Petermann, 2008). Weitere Untersuchungen zur Entwicklung des Gedächtnisses in Zusammenhang mit der Entwicklung des Gehirns stehen noch aus, wobei verschiedene Aspekte solche Untersuchungen erschweren. Zum einen ist die Entwicklung des Gedächtnisses eng mit der Entwicklung weiterer kognitiver Strukturen verknüpft, was eine isolierte Betrachtung verhindert, zum anderen verlaufen die Entwicklungsphasen des Gehirns über viele Jahre und überschneiden sich in ihrer Entwicklung. Sie verlaufen auch nicht kontinuierlich, sondern oft in Entwicklungssprüngen, welche sich dann in einem rasanten Fortschritt kognitiver Leistungen zeigen (siehe Lepach, 2003; Lepach & Petermann, 2008).

Analog zur Beschreibung der theoretischen Gedächtnismodelle, wird im Folgenden die Neuroanatomie der Gedächtnissysteme sowie die Neuroanatomie der Gedächtnisprozesse und der inhaltlichen Modell beschrieben.

### 6.1. Neuroanatomie der Gedächtnissysteme

Das **Arbeitsgedächtnis**, -und somit auch das Kurzzeitgedächtnis, als Teil des Arbeitsgedächtnisses-, ist vor allem an **parietale, temporale und präfrontale Bereiche des Neokortex** gebunden, wobei auch weitere Strukturen an der Bearbeitung beteiligt sind, wie zum Beispiel die hippokampale Formation (Markowitsch, 2012; Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009; Lepach, 2003). Bezüglich der Art der zu verarbeitenden Informationen wird von einer Hemisphärenspezialisierung ausgegangen. So wird der phonologische Speicher dem linken temporo-parietalen Kortex und der visuell-räumliche Speicher dem rechten parietalen Kortex zugeordnet. Auch das Rehearsal-System, welches für die Aufrechterhaltung der Information verantwortlich ist, scheint hemisphärenspezifisch zu sein. So wird das verbale Rehearsal-System im linken ventrolateralen

präfrontalen Kortex (v.a. Broca-Areal) lokalisiert, während dem visuell-räumliche Rehearsal-System („inner scribe“) der rechte ventrolaterale präfrontale Kortex zugeordnet wird. Wenn also der linke temporo-parietale Assoziationskortex beschädigt ist, ist meist eine Beeinträchtigung des sprachbezogenen Arbeitsgedächtnisses zu beobachten und wenn der rechte temporo-parietale Assoziationskortex beschädigt ist, so ist meist das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis beeinträchtigt. Für die zentrale Exekutive des Arbeitsgedächtnisses, also den Kontrollprozess, scheint der dorsolaterale präfrontale Kortex zuständig zu sein (Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009).

Die weitere Verarbeitung von Informationen und die Übertragung in das **Langzeitgedächtnis** wird vor allem dem **limbischen System** zugeordnet. Hier werden zwei Schaltkreise unterschieden. Zum einen der Papez'sche Schaltkreis (auch „medialer limbischer Kreis“ genannt), welcher primär für die kognitiven Anteile frisch eingegangener Informationen verantwortlich ist und zum anderen der basolaterale Schaltkreis, welcher emotionale Informationen analysiert und integriert. Dem Papez'schen Schaltkreis zugeordnet sind, die hippocampale Formation, die Mamillarkörper, der anteriore Thalamus und der cinguläre Cortex, sowie die Verbindungsfasern Fornix, der mammillothalamischer Trakt, das Cingulum und die thalamokortikalen Pedunculi. Die Strukturen des Papez'schen Schaltkreises sind vielfältig verbunden, so gibt es z.B. eine direkte neuronale Verbindung des anterioren Thalamus mit der hippocampalen Formation. Der basolaterale Schaltkreis umfasst die Amygdala, den mediodorsalen Thalamus und Teile des basalen Vorderhirns (Area subcallosa, Area 25), welche in einem Dreiecksverhältnis miteinander verbunden sind. Die Funktion der Schaltkreise steht im Einklang mit dem was Hepp bereits 1949 postulierte, nämlich dass die Speicherung von Informationen ins Langzeitgedächtnis durch das Kreisen von Neuronen in bestimmten Hirnregionen zustande kommt (Lehrner & Brenner-Walter, 2012; Markowitsch, 2012).

Neuere Erkenntnisse zu Beeinträchtigungen des **Arbeitsgedächtnisses** betonen die Rolle des **Cerebellums** (Kleinhirn) (Law, et al., 2011; Timmann & Daum, 2007). Dieses wurde in früheren Theorien hauptsächlich für die Motorik verantwortlich gemacht. Neuere Studien zeigen jedoch, dass das Cerebellum auch an höheren kognitiven Prozessen beteiligt ist, wie an der Entstehung exekutiver Funktionen und

Arbeitsgedächtnisleistungen (Akshoomoff & Courchesne, 1992; Law, et al., 2011; Timmann & Daum, 2007). So beschreiben Levisohn, Cronin-Golomb und Schmahmann (2000) das „cerebellar cognitive affective syndrom“, welches infolge einer Verletzung des Cerebellums auftritt und mit kognitiven Beeinträchtigungen einhergeht, wie Defiziten in den exekutiven Funktionen, in visuell-räumlichen Funktionen, in der Sprache und im verbalem Gedächtnis. Hierbei scheinen vor allem Verbindungen des Cerebellums mit dem frontalen Kortex relevant zu sein, welche über den Thalamus verbunden sind (Law, et al., 2011; Timmann & Daum, 2007). Ebenso wie beim präfrontalen Cortex, wird von einer Hemisphärenspezialisierung ausgegangen, wobei im Gegensatz zu der oben beschriebenen Hemisphärenspezialisierung des präfrontalen Cortex, die linke Hemisphäre des Cerebellums für visuell-räumliche Prozesse verantwortlich gemacht wird und die rechte Hemisphäre für auditiv-sprachliche Verarbeitungsprozesse. Die gegensätzliche Spezialisierung erklärt sich über die kreuzenden Verbindungen des Cerebellums mit dem präfrontalen Cortex (Levisohn, Cronin-Golomb und Schmahmann, 2000; Timmann & Daum, 2007).

Verletzungen des Cerebellums führen, laut jetziger Studienlage, zu geringen Beeinträchtigungen kognitiver Funktionen, als Schädigungen des präfrontalen Kortex (Timmann & Daum, 2007).

## **6.2. Neuroanatomie der Gedächtnisprozesse mit Bezug auf die inhaltlichen Modelle**

Die Encodierung, also die Aufnahme von Informationen, erfolgt über die Interaktion des limbischen Systems und präfrontaler Strukturen (Markowitsch, 2012).

Die Einspeicherung und Konsolidierung von neuen Inhalten in das explizite Langzeitgedächtnis erfolgt mittels temporo-medialer Strukturen (hippokampale Formation), diencephaler Strukturen (anterioren Thalamus, Thalamuskern) sowie Strukturen des basalen Vorderhirn (Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009). Episodische Informationen werden primär linkshemisphärisch, semantische Information vor allem rechtshemisphärisch aktiviert. Auch das limbische System trägt mittels seiner Schaltkreise zur Einspeicherung bei.

Die langfristige Speicherung findet in weit verzweigten neuronalen Netzwerken statt. Den Grundspeicher bildet hierbei der zerebellare Assoziationskortex. Mit beteiligt sind auch temporo-mediale sowie anterolaterale temporale Strukturen und der inferotemporale Kortex (Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009).

Der Abruf von Informationen aus dem Gedächtnis involviert den infero-lateralen präfrontalen Kortex sowie den temporo-lateralen Kortex (welche mittels des Fasciculus uncinatus miteinander verbunden sind) (Lehrner & Brenner-Walter, 2012; Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009). Im Gegensatz zu Konsolidierung wird beim Informationsabruf von episodischen Informationen eher der rechte temporo-frontale Kortex und bei semantischen Information der linke temporo-frontale Kortex aktiv. Dies entspricht der Modelannahme der Hemisphärenasymmetrie (hemispheric encoding/retrieval asymmetry - Hera) von Tulving (Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009).

Das implizite Gedächtnis hat in gewisser Weise eine Sonderstellung, da es nicht einen bestimmten neuronalen Funktionskreis durchläuft, sondern eher heterogen lokalisiert ist. So wird das Priming neokortikalen Strukturen zugeschrieben. Das prozedurale Lernen involviert das Striatum, das Cerebellum und den Neokortex. Die Amygdala ist verantwortlich für das Erlernen emotionaler Reaktionen. Das Erlernen motorischer Reaktionen bedarf der Aktivität des Cerebellums und das nichtassoziative Lernen gelingt aufgrund neuronaler Reflexschaltungen (Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009). Die heterogene Lokalisierung könnte ein Grund dafür sein, dass Beeinträchtigungen des impliziten Gedächtnisses seltener beobachtet werden, als Beeinträchtigungen des expliziten Gedächtnisses (Lehrner & Brenner-Walter, 2012).

#### Zusammenfassung:

Bezüglich der neuroanatomischen Strukturen des Gedächtnisses, lassen sich aufgrund der weiten Verzweigungen und Schaltkreise im Gehirn einzelne Areale nicht eindeutig bestimmten Subkomponenten des Gedächtnisses zuordnen. Studien weisen auf die Bedeutung präfrontaler (supratentorieller) sowie temporo-medialer Strukturen (supratentorielle Mittellinie) für das Langzeitgedächtnis hin. Das Arbeitsgedächtnis wird laut neueren Studien über die Verbindung des Cerebellums mit dem präfrontalen Cortex über den Thalamus generiert. Diese Erkenntnisse sind wichtig um die Zusammenhänge zwischen der Lokalisation des Hirntumors und

möglicher Gedächtnisbeeinträchtigungen zu verstehen. Kritisch anzumerken ist jedoch, dass die Erkenntnisse häufig auch anhand von Studien zu Hirntumoren entwickelt werden und möglicherweise andere Einflussfaktoren, neben der Lokalisation, übersehen werden.

## **7. Neurokognitive Spätfolgen einer Hirntumorerkrankung im Kindesalter**

In diesem Kapitel werden zunächst die allgemeinen kognitiven Spätfolgen einer Hirntumorerkrankung im Kindesalter angesprochen. Darauf folgt eine spezifische Analyse bisheriger Studien zu Gedächtnisbeeinträchtigungen aufgrund eines Hirntumors und seiner Behandlung.

Schätzungsweise leiden 40-100% der Kinder mit einem Hirntumor an kognitiven Defiziten, welche im Zusammenhang mit dem Tumor und seiner Behandlung stehen (Ullrich & Embry, 2012, S.35). Je nach Tumor, Lokalisation, Ausdehnung des Tumors, Alter und Zustand des Patienten/innen wird der Patient individuell behandelt. Aus diesem Grund ist es schwer einen direkten Zusammenhang zwischen Behandlungsweise und neurokognitiven Effekten herzustellen (Moore, 2005). Kognitive Defizite aufgrund einer Tumorbehandlung können zu milden Funktionsstörungen, aber auch zu massiven Beeinträchtigungen führen (Turner, Rey-Casserly, Liptak, & Chordas, 2009). Somit war es bis jetzt auch nicht möglich ein einheitliches neuropsychologisches Profil von Überlebenden eines pädiatrischen Hirntumors zu erstellen (Ullrich & Embry, 2012). Dass aber ein erhöhtes Risiko für kognitive Defizite besteht zeigen viele Studien auf, wie z.B. die amerikanischen Childhood Cancer Survivor Study, welche 10.397 Langzeitüberlebende im Vergleich zu ihren 3034 Geschwistern untersucht hat. Es ergab sich für die Langzeitüberlebenden eines Tumors ein relatives Risiko von 10,5% für kognitive Defizite (Kaatsch & Grabow, 2012, S.843). In einer weiteren Studie zu Langzeitüberlebenden eines Gehirntumors betrug die Inzidenz für schwerste kognitive Beeinträchtigungen, sodass keine Intelligenztestung mehr möglich war, 5% (Reimers, Ehrenfels, & Mortensen, 2003, S.32). In einer Vielzahl von Studien (Mulhern, et al., 1998; Packer, Sutton, & Atkins, 1989; Ris & Noll, 1994) wurden Faktoren, die das Risiko von kognitiven Defiziten steigern, identifiziert. Dazu gehören ein junges Alter bei der Diagnose, die Art des Tumors, die Lokalisation, Art und Intensität der Bestrahlung sowie damit einhergehende Komplikationen (Turner, Rey-Casserly, Liptak, & Chordas, 2009). Ullrich und Embry (2012) unterteilen die Risikofaktoren in tumorspezifische Faktoren, wie Art und Größe des Tumors, Moderatorfaktoren, wie Alter bei Diagnose und Behandlung, Behandlungsfaktoren und Umweltfaktoren bzw. psychosoziale Faktoren.

In vielen Studien werden die neurokognitiven Effekte anhand des Intelligenzquotienten untersucht und von geringeren IQ-Werten bei Kindern mit Hirntumor gegenüber der Normalpopulation berichtet (Reimers, Ehrenfels, & Mortensen, 2003). Dabei wird meist von einem IQ-Wert berichtet, der eine Standardabweichung (Mittelwert des IQ ist 100 mit einer Standardabweichung von 15) unter dem der Normalpopulation liegt. Gerade bei der Untersuchung von Langzeitüberlebenden zeigt sich aber auch in manchen Fällen ein Abfall von drei bis vier IQ-Punkten jedes Jahr (Askins & Moore, 2008, S.1161). Die Untersuchung des Intelligenzquotienten alleine ist allerdings nicht ausreichend um neurokognitive Effekte zu beschreiben, vielmehr müssen auch die Teilfunktionen genau beleuchtet werden, um nicht nur über die kumulierten Fähigkeiten und den aktuellen Wissensstand Informationen zu erhalten, sondern vor allem über die Fähigkeiten, welche den Wissenserwerb ermöglichen (Dennis, Hetherington, & Spiegler, 1998). Kognitive Defizite aufgrund eines Hirntumors und seiner Behandlung zeigen sich in der Verarbeitungsgeschwindigkeit, der Aufmerksamkeit, im Gedächtnis, in exekutiven Funktionen, motorischen Fähigkeiten, der psychosozialen Funktionsfähigkeit, in der Anpassungsfähigkeit, in sozialen Fähigkeiten und der Sprachfähigkeit (Ullrich & Embry, 2012). Besonders betroffen sind aber die Aufmerksamkeit, Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit und das Gedächtnis. Dies ist von besonderer Bedeutung, da sie wichtige Fähigkeiten darstellen für den Erwerb von neuen Fähigkeiten und Wissen (Mulhern, Merchant, & Gajjar, 2004). Defizite in diesen Bereichen haben einen signifikanten Einfluss auf die Intelligenzentwicklung und die Leistung in der Schule (Ullrich & Embry, 2012). So ist es auch nicht verwunderlich, dass Probleme in der Schule auftauchen und eine normale Beschulung sich oft schwierig gestaltet. Laut einer Studie von Mitby, Robinson und Whitton (2003, S.1115) benötigten 23% der Gruppe von langzeitüberlebenden Kinder eines Tumors eine spezielle Beschulung, während nur 8% ihrer nicht erkrankten Geschwister eine benötigten. Eine andere Studie befand, dass 70-80% der Überlebenden eines Hirntumors zumindest zu einem Zeitpunkt in ihrer Schullaufbahn eine spezielle Beschulung benötigten (Nathan, Patel, & Dilley, 2007, S.801).

Kognitive Defizite aufgrund eines Hirntumors und seiner Behandlung treten nicht nur unmittelbar nach der Behandlung des Tumors auf. Sie sind meist beständig und werden sogar größer. Während die Defizite in der Aufmerksamkeit, dem

Gedächtnis, der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit und den exekutiven Funktionen bestehen, nehmen die Erwartungen und Entwicklungsanforderungen mit dem Alter zu, die Weiterentwicklung der Fähigkeiten gestaltet sich schwieriger und der Intelligenzquotient und die schulischen Leistungen nehmen häufig, im Vergleich mit Gleichaltrigen, ab (Askins & Moore, 2008).

### **7.1. Gedächtnisbeeinträchtigungen infolge eines Hirntumors**

Die meisten Studien, welche kognitive Folgen eines Hirntumors bei Kindern und Jugendlichen untersuchen, erheben dabei auch einen Teilbereich des Gedächtnisses und berichten dann allgemein von Gedächtnisbeeinträchtigungen aufgrund des Hirntumors und seiner Behandlung. Interessant sind jedoch vielmehr die Studien, welche sich primär dem Gedächtnis widmen, da sie das Gedächtnis differenzierter beschreiben können. Meist werden dabei die kognitiven Beeinträchtigungen hinsichtlich ihrer Tumorlokalisation untersucht. Aber auch weitere Einflussfaktoren werden teilweise beachtet, wie die Behandlung, Komplikationen oder das Alter bei der Diagnose. So weisen zum Beispiel Spiegler, Bouffet, Greenberg, Rutka und Mabbott (2004) auf die Bedeutung der vergangenen Zeit nach einer Radiotherapie bei Kindern mit einem Tumor in der hinteren Schädelgrube hin. Neben dem Intelligenzquotienten, welcher mit jedem Jahr nach der Behandlung durchschnittlich 2 bis 4 Punkte abnahm, zeigte auch das visuelle Gedächtnis in ihrer Studie eine Degradierung mit der Zeit. Das verbale Gedächtnis zeigte keine bedeutsame Veränderung über die Zeit, wobei die Leistungen bereits zu Beginn deutlich unter der Norm lagen.

Eine Gegenüberstellung von Studien, welche sich differenziert dem Gedächtnis widmeten, wird in Tabelle 4 dargestellt. Dabei werden die Studienergebnisse hinsichtlich der Tumorlokalisationen „hintere Schädelgrube“, welche den infratentoriellen Tumoren zugehörig sind und „dritter Ventrikel“, welche zu den supratentoriellen Tumoren zählen, unterteilt.

Im Folgenden werden die Studienergebnisse anhand der Subkomponenten des Gedächtnisses beschrieben, wobei die Studienergebnisse, welche in Tabelle 4 dargestellt sind, aufgegriffen und genauer erläutert werden.

**Tabelle 4: Gegenüberstellung von Studienergebnissen zum Gedächtnis anhand der Tumorklassifikationen "hintere Schädelgrube" und "dritter Ventrikel"**

	<b>Tumore hintere Schädelgrube</b>	<b>Tumore im dritten Ventrikel</b>
<b>Phonologische Schleife</b>	<b>beeinträchtigt</b> (Kirschen, et al., 2008; Nagel, et al., 2006)	<b>durchschnittlich</b> (Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007)
	<b>Kinder mit Tumor in der hinteren Schädelgrube schlechter als Kinder mit Tumor im dritten Ventrikel</b> (King, et al., 2004; Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007; Patel, Mullins, O'Neil, & Wilson, 2011)	
<b>Visuell-räumlicher Notizblock</b>	<i>nicht untersucht</i>	<i>nicht untersucht</i>
<b>Zentrale Exekutive</b>	<b>beeinträchtigt</b> (Law, et al., 2011)	<i>nicht untersucht</i>
	Kinder mit Tumor in der hinteren Schädelgrube schlechter als Kinder mit Tumor im dritten Ventrikel (Patel, Mullins, O'Neil, & Wilson, 2011)	
<b>Episodischer Puffer</b>	<i>nicht untersucht</i>	<i>nicht untersucht</i>
<b>Visuelles Lernen</b>	<i>nicht untersucht</i>	<i>nicht untersucht</i>
<b>Auditives Lernen</b>	<b>beeinträchtigt</b> (Nagel, et al., 2006) <b>nicht beeinträchtigt</b> (Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007; Aarsen, et al., 2009)	<b>beeinträchtigt</b> (Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007) <b>nicht beeinträchtigt</b> (Aarsen, et al., 2009)
	Kinder mit Tumor in der hinteren Schädelgrube besser als Kinder mit Tumor im dritten Ventrikel (King, et al., 2004)	
<b>Visuelles LZG Abruf</b>	<b>beeinträchtigt</b> (Aarsen, et al., 2009)	<b>nicht beeinträchtigt</b> (Aarsen, et al., 2009)
<b>Wiedererkennen</b>	<i>nicht untersucht</i>	<i>nicht untersucht</i>
<b>Auditives LZG Abruf</b>	<b>beeinträchtigt</b> (Nagel, et al., 2006) <b>nicht beeinträchtigt</b> (Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007; Aarsen, et al., 2009)	<b>beeinträchtigt</b> (Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007) <b>nicht beeinträchtigt</b> (Aarsen, et al., 2009)
<b>Wiedererkennen</b>	<b>beeinträchtigt</b> (Nagel, et al., 2006) <b>durchschnittlich</b> (Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007)	<b>durchschnittlich</b> (Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007)

- Phonologische Schleife:

Die phonologische Schleife wurde in den aufgezählten Studien meist mittels der Zählspannaufgabe vorwärts (Digit Span) erhoben (für genauere Erläuterung siehe Kapitel 9.1). Nagel, et al. (2006) sowie Micklewright, King, Morris & Morris (2007) nutzen hingegen den ersten Lerndurchgang eines Lernparadigma, bei dem Wörter vorgelesen werden, welche direkt im Anschluss wiedergegeben werden sollen, als Kennwert für die phonologische Schleife.

Während Kirschen, et al. (2008) und Nagel, et al. (2006) das Gedächtnis von Kindern und Jugendlichen mit einem Hirntumor in der hinteren Schädelgrube (infratentorielle Region) im Vergleich zu einer Kontrollgruppe untersuchten, verglichen King, et al. (2004), Micklewright, King, Morris und Morris (2007) und Patel, Mullins, O'Neil und Wilson (2011) das Gedächtnis von Kindern mit einem Hirntumor in der supratentoriellen Region (dritter Ventrikel) mit dem Gedächtnis von Kindern mit einem Hirntumor in der infratentoriellen Region (hintere Schädelgrube).

Die Ergebnisse dieser Studien deuten einstimmig darauf hin, dass Kindern mit einem Tumor in der infratentoriellen Region Defizite bezüglich der phonologischen Schleife aufweisen (King, et al., 2004; Kirschen, et al., 2008; Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007; Nagel, et al., 2006)

Im Gegensatz dazu scheint die phonologische Schleife bei Kindern mit einem Tumor in der supratentoriellen Region nicht beeinträchtigt (Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007) oder zumindest bedeutsam besser zu sein als bei Kindern mit einem infratentoriellen Hirntumor (King, et al., 2004; Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007; Patel, Mullins, O'Neil, & Wilson, 2011).

Mögliche Einflussfaktoren, wie die Behandlung, das Alter bei Diagnose oder Komplikationen zeigten keinen Zusammenhang zur phonologischen Schleife (King, et al., 2004; Kirschen, et al., 2008; Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007; Nagel, et al., 2006; Patel, Mullins, O'Neil, & Wilson, 2011).

Kirschen, et al. (2008) untersuchten die phonologische Schleife noch differenzierter anhand der zuvor bereits beachteten Gesamtkapazität der phonologischen Schleife (mittels Zählspannaufgaben erhoben) und zusätzlich mittels der in Kapitel 3.1.2.2 beschriebenen Phänomene: dem Ähnlichkeitseffekt und der artikulatorischen Unterdrückung. Außerdem untersuchten sie, ob die Vorgabe- sowie Abrufmodalität „auditiv“ versus „visuell“ einen Unterschied ausmachen würde. Ihre Ergebnisse sprechen ebenfalls dafür, dass bei pädiatrischen Patienten/innen mit einem infratentoriellen Hirntumor die Gesamtkapazität der phonologischen Schleife eingeschränkt ist. Außerdem scheint der Vorgabe- und Abrufmodus hierbei relevant zu sein, da die Kontrollgruppe signifikant mehr von der auditiven Vorgabe profitierte im Vergleich zur visuellen Vorgabe, während sich bei der Patientengruppe keine Unterschiede zeigten. Der Ähnlichkeitseffekt wurde mit Buchstabenfolgen untersucht, welche sich entweder ähnlich waren oder sich unterschieden. Er ließ

sich sowohl bei der Kontrollgruppe als auch bei der Hirntumorstichprobe beobachten. Jedoch zeigten Patienten/innen mit einem links zerebralen Tumor einen abgeschwächten Ähnlichkeitseffekt bei der auditiven Vorgabe, während Patienten/innen mit einem rechts zerebralen Tumor einen abgeschwächten Ähnlichkeitseffekt bei der visuellen Vorgabe aufwiesen. Dies spricht dafür, dass eine Schädigung links zerebral die auditive Verarbeitungspräzision von phonologischen Items beeinträchtigt, während eine Schädigung rechts zerebral die visuelle Verarbeitungspräzision von phonologischen Items beeinträchtigt. Das Phänomen der artikulatorischen Unterdrückung wirkte sich bei der Patientengruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe weniger deutlich aus, was dafür spricht, dass der Automatisierungsgrad des Rehearsal bei Kindern mit einem infratentoriellen Hirntumor beeinträchtigt ist.

- Visuell-räumlicher Notizblock

Die visuelle Aufmerksamkeit, bzw. der visuell-räumliche Notizblock wurde in den vorliegenden Untersuchungen noch nicht berücksichtigt, sodass hierüber keine Aussagen möglich sind.

- Zentrale Exekutive

Die zentrale Exekutive wurde bisher nur von Law, et al. (2011) sowie Patel, Mullins, O'Neil und Wilson (2011) berücksichtigt. Law, et al. (2011) verglichen in ihrer Studie den Indexwert „Arbeitsgedächtnis“ des Wechsler Intelligenztests für Kinder (Wechsler, 2003) hinsichtlich dreier Gruppen: 1. Kinder mit einem infratentoriellen Hirntumor sowie Strahlentherapie, 2. Kinder mit einem infratentoriellen Hirntumor und einer Operation und 3. einer Kontrollgruppe. Der Indexwert „Arbeitsgedächtnis“ ist zwar kein reines Maß zur Erfassung der zentralen Exekutive, bedarf ihrer Funktion jedoch mehr als anderer Funktionen des Arbeitsgedächtnisses. In ihrer Untersuchung zu den Cerebello-thalamo-cerebral Verbindungen bei Kindern mit einem Hirntumor, und dessen Auswirkungen auf das Arbeitsgedächtnis, kamen sie zu dem Schluss, dass lediglich bei der Patientengruppe von Kindern mit einem infratentoriellen Hirntumor, welche mittels Strahlentherapie behandelt wurden, die zentrale Exekutive bedeutsam beeinträchtigt ist. Die Patientengruppe mit der Operation wies hingegen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der zentralen Exekutive im Vergleich zur Kontrollgruppe auf.

Patel, Mullins, O'Neil und Wilson (2011) untersuchten die zentrale Exekutive des Arbeitsgedächtnisses mittels der Zählspannaufgabe rückwärts (für genauere Erläuterung siehe Kapitel 9.1). Sie verglichen dabei die Leistungen der Kinder mit einem Tumor in der infratentoriellen Region mit der Leistung von Kindern mit einem supratentoriellen Tumor und kamen zu dem Schluß, dass Kinder mit einem infratentoriellen Tumor ein Defizit bezüglich der Zentralen Exekutive aufweisen, im Vergleich zu Kindern mit einem supratentoriellen Tumor.

- Episodischer Puffer

Der episodische Puffer wurde in den vorliegenden Untersuchungen noch nicht berücksichtigt, sodass hierüber keine Aussagen möglich sind.

- Visuelles Lernen

Das visuelle Lernen wurde noch nicht untersucht, sodass hierüber keine Aussagen möglich sind.

- Auditives Lernen

Die Befunde zum auditiven Lernen, welche mittels Wörterlernparadigmen erhoben wurden (für eine genauere Erläuterung siehe Kapitel 9.2), sind uneinheitlich. Nagel, et al. (2006) berichten von signifikant schlechteren Leistungen im auditiven Lernen bei Kindern mit einem infratentoriellen Hirntumor im Vergleich zur Kontrollstichprobe. In der Studie von Micklewright, et al. (2007) lag die Stichprobe von Kinder und Jugendlichen mit einem infratentoriellen Tumor im unteren Durchschnittsbereich. Im Vergleich zu Kindern mit einem supratentoriellen Tumor erreichten sie bessere Lernleistungen, wobei der Unterschied nicht signifikant war. Bei King, et al. (2004), welche ebenfalls die auditiven Lernleistungen anhand der Tumorlokalisierung verglichen, zeigten sich ähnliche Ergebnisse, wobei sich die infratentorielle Tumorgruppe signifikant von der supratentoriellen Tumorgruppe unterschied. Die supratentorielle Tumorgruppe lag sowohl bei Micklewright, et al. (2007) als auch bei King, et al. (2004) im unterdurchschnittlichen Bereich, verglichen mit der Norm. Dementgegen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich des auditiven Lernens im Vergleich zur Norm bei Aarsen, Paquier, Van Veelen, Michiels, Lequin und Catsman-Berrevoets (2009). Weder bei der gesamten Hirntumorstichprobe, noch wenn die Gruppe anhand ihrer Tumorlokalisierung unterteilt wurde.

- Visuelles Langzeitgedächtnis

Der Abruf von visuellem Material aus dem Langzeitgedächtnis wurde bei Aarsen, et al. (2009) untersucht. Sie nutzen hierfür den Kennwert „Delay“ des DSS-ROCF (für weitere Erläuterungen siehe Tabelle 6). Auch hier zeigten sich signifikant schlechtere Leistungen bei Kindern mit einem Hirntumor verglichen mit der Normstichprobe. Dieser Unterschied blieb bei der infratentoriellen Tumorgruppe auch aufrecht, wenn die Gruppe anhand der Tumorlokalisierung unterteilt wurde. Bei Kindern mit einem supratentoriellen Hirntumor wurde hingegen kein signifikanter Unterschied zur Normstichprobe nachgewiesen.

Die Wiedererkennungslleistung von visuellem Material aus dem Langzeitgedächtnis wurde bisher noch nicht untersucht

- Auditives Langzeitgedächtnis

Der Abruf aus dem auditiven Langzeitgedächtnis wurde in den angesprochenen Studien mittels der freien Reproduktion einer zuvor gelernten Wörterliste nach einer 30 minütigen Pause erhoben (siehe dazu Tabelle 6). Die Ergebnisse aus der Studie von Nagel, et al. (2006) deuten auf Defizite im auditiven Langzeitgedächtnis bei Kindern mit einem infratentoriellen Tumor hin. Dem entgegen weisen die Ergebnisse von King, et al. (2004) und Micklewright, et al. (2007) auf eine weniger stark ausgeprägte Problematik hin – die Kinder lagen größtenteils im Durchschnittsbereich - und auf bessere Leistungen von Kindern mit einem infratentoriellen Tumor im Vergleich zu Kindern mit einem supratentoriellen Tumor hin. Die Unterschiede zwischen den beiden Tumorgruppen erwiesen sich jedoch als nicht signifikant. Bei Aarsen, et al. (2009) erwies sich der Abruf von auditiven Informationen aus dem Langzeitgedächtnis weder bei der infratentoriellen noch bei der supratentoriellen Tumorgruppe als auffällig.

Als ein Einflussfaktor auf das auditive Langzeitgedächtnis erwies sich in der Studie von King, et al. (2004) die Gabe von Antikonvulsiva. Diese wurden nur bei der Gruppe der supratentoriellen Tumore angewandt und gingen mit schlechteren Leistungen im auditiven Langzeitgedächtnis einher. Andere mögliche Einflussfaktoren, wie eine Bestrahlung oder Chemotherapie oder die Komplikation Hydrocephalus erwiesen sich nicht als konfundierend.

King, et al. (2004) berichten, dass beiden Tumorgruppen das Wiedererkennen von auditivem Material aus dem Langzeitgedächtnis leichter fiel, als das Abrufen aus

dem Langzeitgedächtnis. Auch Nagel, et. al. (2006) berichten, dass das Wiedererkennen leichter fiel als das Abrufen, wobei sich auch die Wiedererkennungseleistungen in negativer Richtung signifikant von der gesunden Kontrollgruppe unterschieden.

#### Zusammenfassung des Kapitels:

Insgesamt muss aufgrund der vorliegenden Studien von einer Beeinträchtigung einzelner Gedächtnisbereiche im Vergleich mit der Norm ausgegangen werden. Außerdem scheint die Lokalisation des Tumors einen wichtigen Einfluss zu haben. Auch weitere Einflussfaktoren, wie die Behandlung, das Alter bei und die Dauer seit der Diagnose oder tumorbezogene Komplikationen sollten beachtet werden. So scheint vor allem das visuelle Gedächtnis durch die Dauer seit der Diagnose (bzw. Behandlung mit Radiotherapie) beeinflusst zu werden, während das verbale Gedächtnis in seiner Leistungsfähigkeit nicht weiter mit der Zeit abnimmt, sich aber bereits zu Beginn von der Norm unterscheidet.

Zum Teil sind die Ergebnisse der unterschiedlichen Studien bezüglich bestimmter Gedächtnisteilfunktionen nicht ganz eindeutig. Während bei einem infratentoriellen Tumor im Kindesalter von einer Beeinträchtigung der phonologischen Schleife ausgegangen werden kann, sind die Ergebnisse zum auditiven Lernen und Langzeitgedächtnis in dieser Gruppe nicht ganz so eindeutig. Ein Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse könnte in der Art bzw. dem Schweregrad des Tumors und auch in der Behandlung liegen. So setzte sich die Stichprobe in der Studie von Nagel, et al. (2006) nur aus Kindern zusammen, welche an einem Medulloblastom (Schweregrad IV) erkrankten, während die Stichproben von King, et al. (2004), Micklewright, et al. (2007) und Aarsen, et al., (2009) auch Kinder mit anderen Hirntumoren in der Gruppe der infratentoriellen Tumore zusammenfassten, wie z.B. weniger maligne pilozytische Astrozytome. Neben der phonologischen Schleife scheinen auch die zentrale Exekutive und das visuelle Langzeitgedächtnis bei Kindern mit einem infratentoriellen Tumor betroffen zu sein, wobei zu diesen beiden Teilbereichen des Gedächtnisses bisher nur wenige Studien vorliegen.

Bei Kindern mit einem supratentoriellen Tumor scheint die phonologische Schleife (bzw. die Gesamtkapazität der phonologischen Schleife) sowie das Einspeichern von Informationen (Wiedererkennen) intakt zu sein, während hingegen die Ergebnislage zum auditiven Lernen und dem Abruf von Informationen nicht

eindeutig ist. Beachtet werden muss dabei, dass diese Ergebnisse zum größten Teil rein deskriptiv beschrieben wurden und eine interferenzanalytische Untersuchung lediglich zwischen den beiden Tumorregionen erfolgte. Das visuelle Langzeitgedächtnis von Kindern mit einem supratentoriellen Tumor scheint nach jetziger Studienlage nicht beeinträchtigt zu sein.

Ausstehend sind noch Untersuchungen zum räumlich-visuellen Notizblock, zum episodischen Puffer, zum visuellen Lernen sowie zur Abrufmodalität Wiedererkennen beim visuellen Langzeitgedächtnis.

Die Ergebnisse der vorgestellten Studien stehen größtenteils im Einklang mit den neuen Erkenntnissen zu der Rolle des Cerebellums (infratentorielle Region) bei Prozessen des Arbeitsgedächtnisses (siehe dazu Kapitel 6).

Weitere Faktoren, neben der Lokalisation, welche sich als Einflussfaktoren auf die Gedächtnisleistung darstellen, sind die Behandlung (Bestrahlung, Medikamente, ec.) sowie die Dauer seit der Diagnose bzw. Behandlung. Andere Faktoren zeigten in den beschriebenen Studien keinen Einfluss, wobei zu beachten ist, dass die Faktoren miteinander zusammenhängen und zum Teil nicht beachtet wurden.

## 8. Gedächtnisstörungen

Bevor im letzten Kapitel genauer auf die Diagnostik des Gedächtnisses eingegangen wird, soll in diesem Kapitel die unterschiedlichen Gedächtnisstörungen beschrieben werden sowie auf die Besonderheiten und Schwierigkeiten hinsichtlich der Klassifikation von Gedächtnisstörungen im Kindes- und Jugendalter hingewiesen werden.

Gedächtnisstörungen beziehen sich auf Einbußen des Lernens, Behaltens und des Abrufs gelernter Informationen. Dabei können sowohl die Prozesse des Gedächtnisses als auch die Gedächtnissysteme betroffen sein. Bezüglich der Gedächtnissysteme ist das explizite Gedächtnis am häufigsten beeinträchtigt, wohingegen das implizite Gedächtnis eher selten betroffen ist (siehe dazu auch Kapitel 6.2 Neuroanatomie der Gedächtnisprozesse mit Bezug auf die inhaltlichen Modelle). Explizite Gedächtnisstörungen können zum einen als isolierte Störungen und zum anderen in Zusammenhang mit anderen Störungen (z.B. mit Aufmerksamkeitsstörungen, Störungen der Exekutivfunktionen, sprachlichen, visuell-räumlichen oder motorischen Beeinträchtigungen) auftreten. Zu den isolierten Störungen gehört die globale Amnesie, bei der sowohl die Einspeicherung neuer Inhalte beeinträchtigt ist (anterograde Amnesie), als auch bereits erworbene Inhalte verloren gehen (retrograde Amnesie). Die globale Amnesie tritt meist infolge bilateraler Hirnschädigungen auf und kommt im Kindes- und Jugendalter äußerst selten vor. Häufig sind hingegen im Kindes- und Jugendalter spezielle Gedächtnisdefizite, welche meist infolge unilateraler Schädigungen auftreten. Neben einem modalitätsspezifischen Defizit, bei dem zum Beispiel das visuelle Gedächtnis oder das auditive Gedächtnis betroffen sein kann, zählen zu den speziellen Gedächtnisdefiziten auch Störungen der Gedächtnisprozesse, also Beeinträchtigungen des Einprägens, der Konsolidierung, der Speicherung oder des Abrufs von Informationen (Lepach & Petermann, 2008). Tabelle 5 gibt Auskunft über die Symptomatik von Abruf- und Speicherstörungen und ihre Unterschiede.

Gedächtnisstörungen im Kindes- und Jugendalter haben sehr heterogene Ursachen. So kann das Gedächtnis aufgrund von prä-, peri-, oder postnataler Komplikationen und Erkrankungen beeinträchtigt sein oder auch in Begleitung sowie infolge einer Krankheit und infolge eines Unfalls beeinträchtigt werden. Zu den häufigsten Ursachen gehören unfallbedingte Hirnschädigungen, Hypoxien und

Epilepsien. Auf psychischer Ebene können Angststörungen, Depressionen und Traumatisierungen zu Gedächtnisbeeinträchtigungen führen (Lepach & Peterman, 2007).

**Tabelle 5: Unterschiede zwischen Speicher- und Abrufstörungen (aus Lepach & Petermann, 2007, S.756)**

Speicherstörung	Abrufstörung
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informationen werden nur unvollständig, falsch oder in geringer Menge behalten</li> <li>- Das Kind fragt häufiger nach</li> <li>- Aufforderungen zu Handlungen werden oft unvollständig oder unter Nachfragen ausgeführt</li> <li>- Beim Lernen sind viele Wiederholungen notwendig, die meist nicht zum Erfolg führen</li> <li>- Es entsteht der Eindruck, dass bereits bekannte Informationen wieder als neu erlebt werden</li> <li>- Trotz normaler sprachlicher Fähigkeiten werden kaum Erlebnisberichte gemacht</li> <li>- Hinweisreize erleichtern das Erinnern nicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informationen werden zunächst aufgenommen, können aber nicht gezielt erinnert werden</li> <li>- Alltagsanforderungen werden weitestgehend unauffällig bewältigt</li> <li>- In der Zukunft liegende Ereignisse werden nicht erinnert (prospektives Gedächtnis)</li> <li>- Zuvor gelernte Informationen werden nur vage oder gar nicht erinnert („Versagen“ bei Klassenarbeiten)</li> <li>- Es entsteht der Eindruck von „Blockaden“ („Es liegt mir auf der Zunge, aber ich komm nicht drauf!“)</li> <li>- Hinweisreize erleichtern das Erinnern</li> </ul>

Trotz der Differenzierung auf klinischer Ebene enthält das aktuelle ICD-10-Kodierungssystem der WHO (1991) keine eigenständigen Kodierungen für die Störungen von Teilfunktionen bzw. –leistungen des Gedächtnisses. Störungen des Gedächtnisses, die als direkte Folge eines Schädelhirntraumas oder anderer neurologischer Störungen zugeordnet werden können, werden zur Kategorie F06 ICD-10 sonstige psychische Störungen aufgrund von Schädigungen oder Funktionsstörungen des Gehirns oder einer körperlichen Erkrankung zugeordnet. Schwieriger wird es bei angeborenen oder erworbenen Störungen, bei denen keine eindeutige Verursachung auszumachen ist. Da diese sich häufig in Form von Lernstörungen äußern, werden sie meist als nicht näher bezeichnete Entwicklungsstörung schulischer Fertigkeiten (F 81.9) klassifiziert (siehe Lepach & Peterman, 2007).

Problematisch ist zudem auch, dass sich Gedächtnisstörungen in ihrer Symptomatik nur schwer von anderen Störungen unterscheiden lassen. So werden die unspezifischen Symptome (z.B. planloses und unorganisiertes Verhalten, häufiges Nachfragen, unvollständige Handlungen, geringer Lernzuwachs) häufig

als Aufmerksamkeitsstörung oder allgemeine Lernbehinderung klassifiziert. Zudem können Gedächtnisstörungen auch als Verhaltensstörungen gedeutet werden, wenn zum Beispiel angemessenes Verhalten nicht gelernt wurde, beziehungsweise können Verhaltensauffälligkeiten auch infolge einer Gedächtnisstörung auftreten (z.B. durch Überforderung in der Schule). Im Intelligenztest ist neben niedrigen Werten bei der auditiven Merkspanne und beim Kopfrechnen, mit Auffälligkeiten bezüglich des Allgemeinwissens und des Wortschatzes zu rechnen (Lepach & Peterman, 2007).

## 9. Differenzierte Diagnostik des Gedächtnisses

Das letzte Kapitel des Theorieteils soll die Erhebung der einzelnen Gedächtniskomponenten beschreiben und bietet eine Übersicht über gedächtnisspezifischer Verfahren.

Laut der Leitlinien der Gesellschaft für Neuropsychologie (2012) für neuropsychologische Diagnostik sollten bei der diagnostischen Untersuchung von Gedächtnisfunktionen die Orientierung, die Gedächtnisspanne und das Arbeitsgedächtnis, sowie die unmittelbare und verzögerte Reproduktion von figuralem und verbalem Material untersucht werden. Zudem sollte ein Lernparadigma vorgegeben werden. Schellig, Drechsler, Heinemann und Sturm (2009) betonen dabei zusätzlich die Prozesse bei der Gedächtnisbildung und fordern die Begutachtung von Prozessen der Informationsaufnahme, des Behaltens, des Abrufs neuer Gedächtnisinhalte sowie des Abrufs bereits gespeicherter Informationen. Zusammenfassend wird also die Untersuchung der einzelnen Gedächtnissysteme (Arbeits- und Langzeitgedächtnis), der Gedächtnisprozesse (Informationsaufnahme, Speicherung und Abruf) sowie die Erhebung modalitätsspezifischer Gedächtnisleistungen (visuell und auditiv) gefordert.

Der Bedarf einer differenzierten Diagnostik des Gedächtnisses wird aus der Vielfältigkeit der verschiedenen Gedächtnisfunktionen und -teilleistungen ersichtlich (Siehe Kapitel 3: Theoretische Modelle des Gedächtnisses). Die unterschiedliche Lokalisation der gedächtnisrelevanten Strukturen im Gehirn (siehe Kapitel 6: Neuropsychologische Funktionsbereiche des Gedächtnisses) sowie die bisherigen Untersuchungen zur Gedächtnisentwicklung und zu Gedächtnisstörungen verdeutlichen die Komplexität des Gedächtnisses und sprechen ebenfalls für eine differenzierte Erfassung des Gedächtnisses (siehe Kapitel 4: Entwicklung des Gedächtnisses und Kapitel 8: Gedächtnisstörungen).

Bei einer gezielten Diagnostik darf neben der differenzierten Erfassung der Teilbereiche des Gedächtnisses zudem nicht die persönliche Wahrnehmung der Probleme und ihre Relevanz im Alltag außer Acht gelassen werden. Aus diesem Grund sollte sowohl die Meinung der Kinder und Jugendlichen, der Eltern und der Lehrer/in in die Diagnostik mit einfließen.

Differentialdiagnostisch sind insbesondere Intelligenzbeeinträchtigungen, Aufmerksamkeitsstörungen, exekutive Störungen und emotionale Störungen zu beachten (Lepach & Peterman, 2007).

### 9.1. Diagnostik des Arbeitsgedächtnisses

Bei der Erhebung des Arbeitsgedächtnisses müssen zunächst die beiden Speichersysteme beachtet werden, welche sich vor allem modalitätsspezifisch (auditiv und visuell-räumlich) unterscheiden. Diese werden wiederum in eine Speicher-Komponente sowie eine Rehearsal-Komponente unterteilt.

Die Speichersysteme des Arbeitsgedächtnisses werden meist mittels Aufgaben erfasst, die das kurzfristige passive Halten bzw. die Gedächtnisspanne für verbale oder figurale Informationen erfordern.

So kann die Gesamtkapazität des phonologischen Arbeitsgedächtnisses mittels Ziffernspannaufgaben oder Wortspannaufgaben untersucht werden. Dabei werden entweder Ziffernreihen (z.B. 3-6-8) oder Reihen von einsilbigen Wörtern (z.B. Tisch-Haus-Meer) verbal vorgegeben, welche direkt im Anschluss in der richtigen Reihenfolge reproduziert werden sollen. Der Kennwert ist dabei der Mittelwert der richtig reproduzierten Ziffern- oder Wortreihen. Um die Rehearsal-Komponente zu erheben, können statt einsilbigen, dreisilbige Wortreihen vorgegeben werden. Durch den Unterschied der beiden Paradigmen (einsilbig, dreisilbig) lassen sich, aufgrund des Wortlängeneffekts (siehe Kapitel 3.1.2.2), Rückschlüsse auf die Rehearsal-Komponente ziehen. Bei Kindern mit einer Lernbehinderung, im Sinne einer niedrigen Intelligenz, lässt sich der Wortlängeneffekt nicht beobachten, das heißt bei ihnen wird nicht automatisch der Rehearsalprozess aktiviert, was wiederum bedeutet, dass ihnen das Reproduzieren von einsilbigen Wortreihen nicht leichter fällt, als von dreisilbigen Wortreihen (Hasselhorn & Mähler, 2007). Bei Kindern mit einer Lese- und Rechtschreibstörung hat sich hingegen gezeigt, dass ihnen das Wiederholen einfacher Wörter keiner Probleme bereitet, also die automatische Aktivierung des Rehearsals funktioniert, während sie Schwierigkeiten haben dreisilbige Wortreihen zu wiederholen (Mähler & Schuchardt, 2012). Die Art des eingesetzten Stimulusmaterials (Ziffern versus Wörtern) kann Aufschluss darüber liefern, welches Stimulusmaterial leichter verarbeitet wird. Im Allgemeinen lassen sich leichter Ziffernspannen reproduzieren als Wortspannen (Einecke,

Woerner & Hasselhorn, 2012). Um die Größe des phonetischen Speichers unabhängig vom Rehearsal zu erfassen, eignen sich Aufgaben mit Kunstwörtern in unterschiedlicher Silbenlänge, dabei muss ein Kunstwort direkt im Anschluss an die Präsentation reproduziert werden. Der Kennwert ist hierbei die Anzahl der Kunstwörter die reproduziert werden konnten. Die Funktionsfähigkeit der Speicherkomponente hat sich als brauchbarer Prädiktor für eine Lese- und Rechtschreibstörung erwiesen (Schuchardt, Kunze, Grube & Hasselhorn, 2006). Um die Verarbeitungspräzision zu erfassen, eignen sich Aufgaben mit modulierten (leicht verzerrten) Wörtern, welche jeweils nach der Präsentation reproduziert werden sollen.

Die visuell-statische Komponente (visual cache) des visuell-räumlichen Notizblocks wird meist mittels der Reproduktion visueller Muster geschätzt, wie zum Beispiel der Matrix-Aufgabe und die räumlich-dynamische Komponente (inner scribe) mittels Blockspannaufgaben, wie zum Beispiel der Corsi-Block-Aufgabe.

Bei der Matrix-Aufgabe wird auf einer 4x4-Felder-Matrix ein Muster mit unterschiedlicher Serienlänge (z.B. zwei bis acht schwarze Felder bilden das Muster) gezeigt, welches direkt im Anschluss nachgelegt werden soll. Der Kennwert ist hierbei die Serienlänge, bei der das Nachlegen gerade noch gelingt. Um die räumlich-dynamische Komponente zu erheben, bedarf es den Anforderungen sich eine räumliche Position zu merken sowie die Reihenfolge der Positionen. Dies kann zum Beispiel anhand einer Corsi-Block-Aufgabe gelingen, bei der Serien von Positionen (z.B. Smileys) in einer Matrix visuell präsentiert werden. Die längste korrekte reproduzierte Abfolge ist wiederum der Kennwert (siehe dazu Seitz-Stein, et al., 2012).

Die Erhebung der zentralen Exekutive gestaltet sich schwierig, da es bisher nicht gelungen ist, die vier Funktionsbereiche (Koordinationskapazität, Steuerung von Abrufstrategien, Aufmerksamkeitslenkung, Manipulation von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis) getrennt voneinander zu operationalisieren und es strittig ist, ob gelingen kann die Zentrale Exekutive als kohärente Einheit zu beschreiben. Die bisherigen Aufgaben beziehen sich daher meist auf mehr als eine Funktion (Hasselhorn & Zoelch, 2012). Zur Überprüfung der Koordinationskapazität, welche für das zeitnahe bzw. zeitgleiche Ausführen verschiedener Aufgaben verantwortlich ist, eignet sich zum Beispiel das Aufgabenparadigma „Ziffernspanne – rückwärts“.

Im Gegensatz zur normalen Ziffernspanne soll hierbei die verbal vorgegebene Ziffernreihe in umgekehrter Reihenfolge reproduziert werden (z.B. Darbietung 3-6-8, richtige Reproduktion 8-6-3). Die Erfassung der selektiven Fokussierung kann zum Beispiel anhand einer Stroop-Aufgabe erfolgen. Hierbei werden über zwei Kanäle Informationen gesendet (visuell und auditiv), welche entweder zueinander passen (kongruente Bedingung) oder sich unterscheiden (inkongruente Bedingung). Die Aufgabe ist hierbei einen Kanal zu hemmen (z.B. die auditive Information) und nur entsprechend des anderen Kanals zu reagieren (in diesem Fall auf die visuelle Information) (Seitz-Stein, et al., 2012). Die anderen beiden Funktionen (Steuerung von Abrufstrategien und Manipulation von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis), die Baddeley (2000) der Zentralen Exekutive zuschreibt, konnten aufgrund ihrer Komplexität noch nicht einzeln operationalisiert werden.

Die Erhebung der relativ neuen Komponente des Arbeitsgedächtnisses, des episodischen Puffers, ist aufgrund seiner Komplexität ebenfalls eine Herausforderung, die bisher noch nicht zufriedenstellend bewerkstelligt wurde. So wird dem episodischen Puffer die Integration von Informationen aus den Subsystemen des Arbeitsgedächtnisses und dem Langzeitgedächtnis zugewiesen, aber auch Aufmerksamkeitsprozesse werden als relevant für den episodischen Puffer beschrieben (siehe Kapitel 3.1.2.2). Der episodische Puffer wurde aufgrund höherer Gedächtnisspannen beim kontextgebundenen Einspeichern und Abrufen im Vergleich zum nichtkontextbezogenen Einspeichern und Abrufen eingeführt. Eine Aufgabe, die dieser Anforderungen bedarf, ist zum Beispiel das Merken einer kurzen Geschichte, welche direkt im Anschluss an die Präsentation reproduziert werden soll. Diese Aufgabe stellt jedoch kein valides Maß dar, da die Fähigkeit solch eine Aufgabe zu bewältigen, auch von anderen Faktoren abhängig ist, wie zum Beispiel sprachlich-kognitiver Fähigkeiten. Insgesamt ist fraglich, ob die wichtige Funktionsweise des episodischen Puffers, überhaupt operationalisierbar ist.

## **9.2. Diagnostik des Langzeitgedächtnisses in Bezug auf die Gedächtnisprozesse**

Aufgaben zum Langzeitgedächtnis begründen sich meist auf das Einspeichern und Abrufen neuer Informationen mittels wiederholter Lerndurchgänge. Im Unterschied

zum Arbeitsgedächtnis werden bei der Überprüfung des Langzeitgedächtnisses Informationen abgefragt die zumindest für eine gewisse Dauer nicht im Bewusstsein waren. Die verstrichene Zeit seit der Einspeicherung spielt dabei natürlich eine wichtige Rolle und muss bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden.

Meist wird das Langzeitgedächtnis durch die Reproduktion des Gelernten nach einem Intervall von mindestens 20 bis 30 Minuten erfasst. Die Aufgabenstellungen unterscheiden sich hierbei hinsichtlich der Abrufmodalität (freier Abruf, Abruf mit Hinweisreizen, Wiedererkennen) und hinsichtlich der zu verarbeitenden Informationen. Um modalitätsspezifische Störungen des Gedächtnisses abzudecken, sollte sowohl auditives, als auch visuelles Material eingesetzt werden. Erfasst werden mittels der Lernparadigmen das kurzfristige Behalten von einmalig dargebotenen Informationen (welche dem Arbeitsgedächtnis zuzuordnen sind), das Lernen von wiederholt dargebotenen Informationen (welches dem Lernen zuzuordnen ist) sowie das Abrufen von Informationen nach längerer Zeit durch den freien Abruf und mittels Hilfsreizen oder dem Wiedererkennen. Das unterschiedliche Abrufparadigma kann Aufschluss geben auf das Vorliegen von Speicher- bzw. Abrufstörungen. Der Abruf nach längerer Zeit erfolgt meist nach 20 bis 30 Minuten. Für längere Zeiträume, wie der Abfrage nach einem Tag oder mehreren Wochen, liegen bisher noch keine standardisierten diagnostischen Verfahren beziehungsweise Normen zur Verfügung. Des Weiteren enthalten die Lernparadigmen meist eine Interferenzaufgabe, welche die Anfälligkeit für retroaktive Interferenz (Lernen von neuem Material stört früher gespeichertes Material) und die Anfälligkeit für proaktive Interferenz (gelerntes Material stört die Aufnahme von neuen Informationen) erfasst (siehe Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009).

Der Abruf von bereits langfristig gespeicherten Informationen im semantischen und episodischen Gedächtnis kann anhand der Wiedergabe von autobiografischen Informationen, domänenspezifischem Wissen sowie basalem semantischem Wissen erhoben werden. Das autobiografische Gedächtnis kann mittels standardisierten und halbstrukturierten Interviews erhoben werden, indem zum einen Fakten (semantische Anteile) und zum anderen persönliche Ereignissen (episodische Anteile) abgefragt werden. Das domänenspezifische Wissen betrifft vor allem Fragen zu spezifischen Themenbereichen, wie der Schule oder dem Beruf und ist von großer praktischer Relevanz. Das basale semantische Gedächtnis wird

häufig über Wortschatz-Tests, Tests über das Wissen über Kategorien oder Allgemeinwissenstests erhoben (Lepach, Petermann, & Schmidt, 2007; Schellig, Drechsler, Heinemann, & Sturm, 2009).

### 9.3. Psychologisch-diagnostische Verfahren

Für die Diagnostik des Gedächtnisses bei Kindern und Jugendlichen gibt es unterschiedliche psychologisch-diagnostische Verfahren. Auch in Intelligenz- und Entwicklungstests werden meist einzelne Komponenten des Arbeitsgedächtnisses berücksichtigt. In Tabelle 6 sind ein paar ausgewählte Verfahren, sowie ihre Untertests anhand der von ihnen gemessenen Gedächtnisfunktionen aufgelistet. Es wurden lediglich Verfahren berücksichtigt, welche auf den Altersbereich 6 Jahre bis 16 Jahre abgestimmt sind. Die Tabelle erhebt jedoch keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit. Neben der Bezeichnung des Verfahrens und der Untertests, wird kurz die Aufgabenstellung beschrieben und der Altersbereich sowie die Durchführungsdauer angeführt.

**Tabelle 6: Ausgewählte psychologisch-diagnostische Verfahren anhand der von ihnen gemessenen Gedächtnisfunktionen für den Altersbereich von sechs bis 16 Jahren**

Arbeitsgedächtnis: Phonologische Schleife				
<i>Test</i>	<i>Untertest</i>	<i>Aufgabenstellung</i>	<i>Altersbereich</i>	<i>Dauer (ca.)</i>
BASIC MLT	Zahlenfolgen Geräuschfolgen	Zahlen- bzw. Geräuschfolgen in zunehmender Komplexität reproduzieren (Reihenfolge relevant)	6-16;11	3 min. 4 min.
VLMT	DG 1	Vorgegebene Wortliste reproduzieren (Reihenfolge irrelevant)	6-79	3 min.
AGTB 5-12	Kunstwörter nachsprechen	Kunstwörter direkt im Anschluss an die Präsentation reproduzieren	5-12;11	5 min.
	Ziffernspanne Wortspanne einsilbig Wortspanne dreisilbig	Zahlen-, einsilbige bzw. dreisilbige Wortfolgen in zunehmender Komplexität reproduzieren (Reihenfolge relevant)		5 min. 5 min. 5 min.
AID2	Unmittelbares Reproduzieren-vorwärts	Zahlenfolgen in zunehmender Komplexität reproduzieren (Reihenfolge relevant)	6-16	5 min.

<i>Test</i>	<i>Untertest</i>	<i>Aufgabenstellung</i>	<i>Altersbereich</i>	<i>Dauer (ca.)</i>
HAWIK IV	Zahlen nachsprechen-vorwärts	Zahlenfolgen in zunehmender Komplexität reproduzieren (Reihenfolge relevant)	6-17	5 min.
<b>Arbeitsgedächtnis: Visuell-räumlicher Notizblock</b>				
BASIC MLT	Räumliches Positionieren	Art und Position von zuvor gezeigten geometrischen Formen reproduzieren	6-16;11	5 min.
	Farbfolgen	Farbfolgen in zunehmender Komplexität reproduzieren (Reihenfolge relevant)		3 min.
AGTB 5-12	Matrix	Zunehmend komplexer werdende Muster reproduzieren	5-12;11	5 min.
	Corsi Block	Zunehmend komplexer werdende Abfolgen von Positionen reproduzieren (Reihenfolge relevant)		5 min.
DSS-ROCF + RCFT	Short Delay	Nachzeichnen einer zuvor präsentierten und abgezeichneten komplexen Figur	5-14 + 6-89	15 min.
Benton-Test	Form A	Direkt anschließende Reproduktion zuvor gezeigter geometrischer Muster	Ab 7	10min.
DCS-II		Reproduktion zuvor gezeigter geometrischer Figuren anhand von Stäbchen	5-88	20-40 min.
<b>Arbeitsgedächtnis: Zentrale Exekutive (Koordinationskapazität)</b>				
AGTB 5-12	Ziffernspanne rückwärts	Zahlen-, Farb-, bzw. Wortfolgen in zunehmender Komplexität in umgekehrter Reihenfolge reproduzieren (Reihenfolge relevant)	5-12;11	5 min.
	Farbspanne rückwärts			5min.
	Wortspanne rückwärts			5min.
	Objektspanne	Reproduzieren von Bilderfolgen, welche während einmaliger Präsentation auf Essbarkeit beurteilt werden müssen (Reihenfolge relevant)		5min.
	Zählspanne	Wiederholtes Zählen von Objekten, Behalten der Objektanzahl und anschließende Reproduktion		5 min.

<i>Test</i>	<i>Untertest</i>	<i>Aufgabenstellung</i>	<i>Altersbereich</i>	<i>Dauer (ca.)</i>
HAWIK IV	Zahlen nachsprechen-rückwärts	Zahlenfolgen in zunehmender Komplexität in umgekehrter Reihenfolge reproduzieren (Reihenfolge relevant)	6-17	5 min.
AID2	Unmittelbares Reproduzieren-rückwärts	Zahlenfolgen in zunehmender Komplexität in umgekehrter Reihenfolge reproduzieren (Reihenfolge relevant)	6-16	5 min.
TAP	Arbeitsgedächtnis	Schnelle Reaktion, wenn vorletzte Zahl der gezeigten Zahl entspricht	10-89	5 min.
<b>Arbeitsgedächtnis: Zentrale Exekutive (selektive Aufmerksamkeit/Fokussierung)</b>				
AGTB 5-12	Stroop	Reaktion auf visuellen Reiz bei gleichzeitiger Hemmung von inkongruenten auditiven Reizen	5-12	5 min.
	Go/NoGo	Schnelle Reaktion auf richtige Kombination von zwei bis drei Merkmalen und Inhibition bei falscher Kombination		5 min.
TAP + KITAP	Go/NoGo	Schnelle Reaktion auf zwei von fünf Mustern	6-90 + 6-10	3 min.
Farbe-Wort-Interferenztest		Schnelles Benennen der Wortbedeutung bei gleichzeitiger Hemmung der inkongruenten Druckfarbe des Wortes	10-85	10 min.
<b>Arbeitsgedächtnis: Episodischer Puffer</b>				
BASIC MLT	Geschichte Merken	Auditiv präsentierte Geschichten reproduzieren	6-16;11	10 min.
<b>Auditives Lernen</b>				
VLMT	DG 1-5	Fünf Lerndurchgängen mit jeweils anschließender Reproduktion der vorgegebenen Wortliste (Reihenfolge irrelevant)	6-79	15 min.
BASIC-MLT	Wörter lernen (DG 1-5)	Fünf Lerndurchgängen mit jeweils anschließender Reproduktion der vorgegebenen Liste von Kunstwörtern (Reihenfolge irrelevant)	6-16;11	10 min.

Visuelles Lernen				
Test	Untertest	Aufgabenstellung	Altersbereich	Dauer (ca.)
BASIC MLT	Muster lernen (DG 1-5)	Fünf Lerndurchgängen mit jeweils anschließender Reproduktion der vorgezeigten Muster (Reihenfolge irrelevant)	6-16;11	15 min.
DCS II		Sechs Lerndurchgänge mit jeweils anschließender Reproduktion geometrischer Figuren anhand von Stäbchen	5-88	15 min.
Explizites Langzeitgedächtnis mit verbalem Informationsmaterial				
BASIC MLT	Wörter Lernen Delay	Reproduktion einer zuvor gelernten Liste von Kunstwörtern nach 20 bis 30 Minuten (Reihenfolge irrelevant)	6-16;11	5 min.
VLMT		Reproduktion einer zuvor gelernten Wortliste nach 20 bis 30 Minuten (Reihenfolge irrelevant)	6-79	5 min.
Explizites Langzeitgedächtnis mit visuellem Informationsmaterial				
BASIC MLT	Muster Lernen Delay	Reproduktion von zuvor gelernten Mustern nach 20 bis 30 Minuten (Reihenfolge irrelevant)	6-16;11	10 min,
DSS-ROCF + RCFT	Delay	Reproduktion von einer zuvor zweimal gezeichneten komplexen Figur nach 15 bzw. 30 Minuten.	5-14 +6-89	15 min.
Implizites Langzeitgedächtnis mit visuellem Informationsmaterial				
AID 2	Kodieren und Assoziieren-Assoziationen	Zuvor unbewusst gelernte Zuordnungen von Mustern zu Gegenständen sollen reproduziert werden	6-16	5 min.
<p>AGTB 5-12: Arbeitsgedächtnisbatterie für Kinder von 5 bis 12 (Hasselhorn, et al., 2012); AID 2: Adaptives Intelligenz Diagnostikum 2 (Kubinger, 2009); Benton-Test (Benton, Benton-Sivan, Spreen, &amp; Steck, 2009); BASIC MLT: Merk- und Lernfähigkeitstest für 6 bis 16-Jährige (Lepach &amp; Petermann, 2008); DCS-II: Diagnosticum für Cerebralschädigungen II (Weidlich, Derouiche, &amp; Hartje, 2011); DSS-ROCF: Developmental Scoring System for the Rey-Osterrieth Complex Figure (Bernstein &amp; Waber, 1996); Farbe-Wort-Interferenztest (Bäumler, 1985); HAWIK IV: Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder – IV (Petermann &amp; Petermann, 2010); KITAP: Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung für Kinder (Zimmermann, Gondan, &amp; Fimm, Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung für Kinder (KITAP), 2004); RCFT: Rey Complex Figure Test and Recognition Trial (Meyers &amp; Meyers, 1996); TAP: Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (Zimmermann &amp; Fimm, 2007); VLMT: Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (Helmstaedter, Lendt, &amp; Lux, 2001).</p>				



## **II. Empirischer Teil**

Im folgenden Abschnitt sollen mögliche Beeinträchtigungen der Gedächtnisfunktionen und -systeme bei einer Stichprobe von Kindern und Jugendlichen mit einem Hirntumor differenziert dargestellt werden.

### **1. Fragestellung**

Die Diplomarbeit basiert auf der Forschungsfrage, ob und wie die Teilleistungsbereiche des Gedächtnisses bei Kindern und Jugendlichen durch einen Hirntumor beeinflusst werden. Dabei werden in erster Linie die Unterschiede der Stichprobe von Kindern und Jugendlichen mit einem Hirntumor zur Normstichprobe untersucht. Zudem werden mögliche Einflüsse von krankheitsspezifischen Parametern bei Kindern im Altersbereich von 6 bis 16 Jahren betrachtet. Außerdem interessiert, inwiefern sich mögliche Gedächtnisbeeinträchtigungen in einer Verhaltensprobe zeigen und welche weiteren Erkenntnisse dadurch hervorgehen.

Aus diesen Überlegungen ergeben sich vier Forschungsfragen:

#### **1.1. Abweichung zur Normpopulation**

Zeigen sich Abweichungen in den differenzierten Teilleistungsbereichen des Gedächtnisses bei Kindern mit einem Gehirntumor im Vergleich zur Norm?

#### **1.2. Alter und Krankheitsdauer**

Haben Diagnosealter und vergangene Zeit seit der Diagnose einen Einfluss auf die erbrachten Leistungen?

#### **1.3. Krankheitsrelevante Parameter**

Inwiefern unterscheiden sich die Leistungen von Kindern mit einem Hirntumor hinsichtlich der Tumorlokalisierung, der Behandlungsformen und der tumorbezogenen Komplikationen?

#### **1.4. Explorative Verhaltensprobe**

Liefert eine Verhaltensprobe weitere Erkenntnisse, welche nicht durch die psychologisch-diagnostischen Verfahren ersichtlich werden und stehen die Ergebnisse der Verhaltensprobe in einem Zusammenhang mit den relevanten Leistungen in den Verfahren?

## 2. Methoden

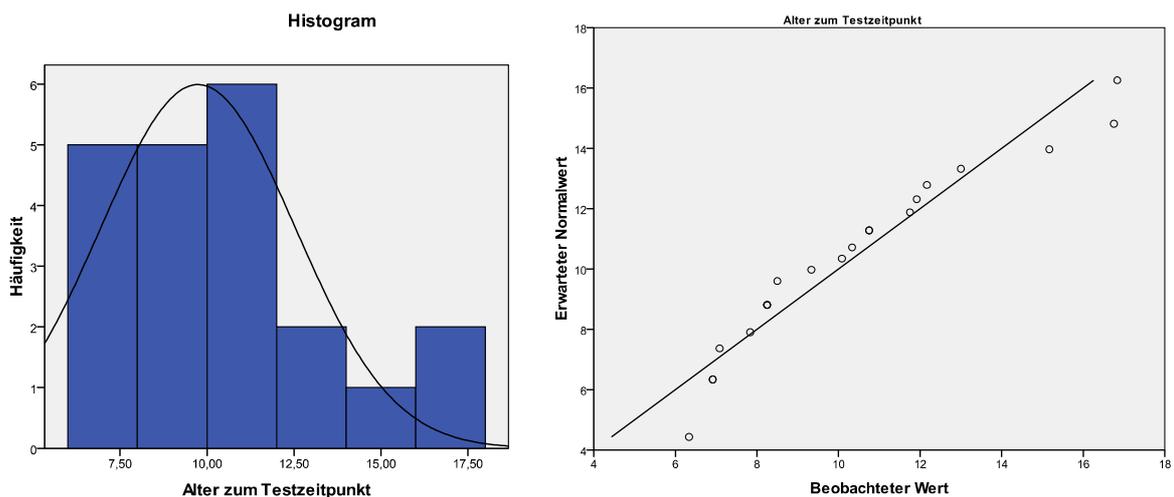
### 2.1. Stichprobe

Es wurden 21 Patienten/innen mit einem Hirntumor untersucht. Das Alter der Testpersonen lag zum jeweiligen Testzeitpunkt zwischen 6 und 16;11 Jahren. Das durchschnittliche Alter der Testpersonen lag bei zehn Jahren und vier Monaten mit einer Standardabweichung von drei Jahren und einem Monat.

Das Alter in der Stichprobe kann als annähernd normalverteilt betrachtet werden, da Schiefe und Kurtosis nicht signifikant von einer symmetrischen Verteilung abweichen, wie aus der Tabelle 7 und Abbildung 6 ersichtlich wird<sup>2</sup>.

**Tabelle 7: Deskriptive Statistik der Altersverteilung zum Testzeitpunktes für N=21**

VARIABLE		STATISTIK	STANDARDFEHLER
ALTER ZUM TESTZEITPUNKT	Mittelwert	10,34	0,68
	Standardabweichung	3,13	
	Minimum	6,33	
	Maximum	16,83	
	Schiefe	0,81	0,50
	Kurtosis	-0,101	0,97



**Abbildung 6: Histogramm und Normalverteilungsdiagramm der Altersverteilung zum Testzeitpunkt**

<sup>2</sup> Folgende Normalverteilungsüberprüfungen werden im Anhang dargestellt

Tabelle 8 zeigt die Geschlechterverteilung in der Gesamtstichprobe. Diese setzt sich aus 9 Mädchen und 12 Knaben zusammen. Damit entspricht die Verteilung der Geschlechterverteilung von Kindern und Jugendlichen mit einem Hirntumor in der Gesamtpopulation (siehe Kapitel 2, S.11).

**Tabelle 8: Geschlechterverteilung in der Gesamtstichprobe**

	HÄUFIGKEIT	PROZENT	KUMULIERTE PROZENT
<b>MÄNNLICH</b>	12	57,1	57,1
<b>WEIBLICH</b>	9	42,9	100
<b>TOTAL</b>	21	100	

Die Stichprobe wurde an der Neuroonkologie der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde im Allgemeinen Krankenhaus Wien rekrutiert. In die Stichprobe wurden jene Patienten/innen aufgenommen, welche im Zeitraum von Juli 2013 bis Februar 2014 im Rahmen der psychosozialen Standardversorgung neuropsychologisch untersucht wurden, sofern eine Untersuchung des Gedächtnisses möglich war. In der Regel erfolgt die neuropsychologische Untersuchung zum Krankheitsbeginn bzw. vor der Behandlung und dann in der Nachsorge jeweils ein, zwei und drei Jahre nach Diagnosestellung.

Der Zeitpunkt der Diagnosestellung<sup>3</sup> lag durchschnittlich zwei Jahre und neun Monate zurück ( $\bar{x} = 2,75$ ;  $\sigma = 3,95$ ), da die Dauer seit der Diagnosestellung jedoch eine starke Linksverteilung aufwies und somit von keiner Normalverteilung ausgegangen werden kann (siehe Abbildung 10, S.112), werden zur Beschreibung zusätzlich der Median und der Quartilabstand in Monaten angegeben (Md = 29; QA = 37). Das durchschnittliche Alter bei Diagnosestellung lag bei sieben Jahren und zehn Monaten ( $\bar{x} = 7,87$ ;  $\sigma = 4,06$ ).

---

<sup>3</sup> Kinder mit NF1 werden bei Betrachtungen des Alters bei der Diagnose und der Dauer bei der Diagnose außer Acht gelassen, da ihre Erkrankung seit der Geburt besteht und somit die Ergebnisse verfälschen würden.

Bei den Kindern in der Stichprobe handelt es sich um Kinder mit einem Hirntumor oder Neurofibromatose Typ 1 (NF1) mit oder ohne Hirntumor<sup>4</sup>. Die größte Gruppe innerhalb der Patientengruppe bildeten Kinder mit einem niedrigmalignen pilozytischen Astrozytom (n=10). Die übrigen Patienten/innen waren an unterschiedlichen Tumortypen erkrankt, wie der Tabelle 9 zu entnehmen ist.

**Tabelle 9: Häufigkeitsverteilung der unterschiedlichen Tumorarten innerhalb der Stichprobe (n=21)**

<i>Tumorart</i>	Häufigkeit	Prozent	Kumulative Prozent
<i>Astrozytom – LGG</i>	10	47,6	47,6
<i>Astrozytom – HGG</i>	2	9,5	57,2
<i>Ependymom</i>	2	9,5	66,6
<i>Kraniopharyngeom</i>	2	9,5	76,2
<i>Medulloblastom</i>	2	9,5	85,7
<i>Andere Hirntumore</i>	1	4,8	90,5
<i>NF1 ohne Hirntumor</i>	2	9,5	100

Bei 15 der 21 Kinder und Jugendlichen (71,4 Prozent) in der Stichprobe wurde eine Operation durchgeführt, wobei davon ein Kind zusätzlich mit einer Radiotherapie behandelt wurde und sieben Kinder zusätzlich mit Radio- und Chemotherapie. Bei sechs Kindern wurde die neuropsychologische Diagnostik entweder präoperativ erhoben, der Tumor wurde lediglich beobachtet oder sie waren in Beobachtung aufgrund der Erkrankung NF1. Anhand Tabelle 10 werden die Häufigkeitsverteilungen der Behandlungsarten innerhalb der Stichprobe sichtbar. Bezüglich des Schweregrades des Tumors wurde bei zehn Kindern der Tumor als niedrigmaligne eingestuft und bei sechs Kindern als hochmaligne. Bei drei Kindern war der Schweregrad aufgrund einer ausstehenden Operation noch nicht bestimmbar. Bei circa der Hälfte der Kinder (n=12) trat zusätzlich zum Tumor zumindest ein Risikofaktor (Hydrocephalus, Progression, Metastasen, Rückfall, Krampfanfälle) für die kognitive Entwicklung auf.

---

<sup>4</sup> Kinder mit NF1 ohne Hirntumor werden in die Stichprobe mit einbezogen, da Kinder mit Neurofibromatose 1 häufig an einem Hirntumor erkranken und somit im Rahmen der pädiatrischen Neuroonkologie Vorsorge beobachtet und behandelt werden. Sie sind insofern mit Kindern mit einem Hirntumor vergleichbar, da auch sie ein stark erhöhtes Risiko für kognitive Defizite aufweisen (siehe z.B. Krab, et al., 2008).

**Tabelle 10: Häufigkeitsverteilung der unterschiedlichen Behandlungsarten innerhalb der Stichprobe (n=21)**

<b>Behandlung</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Prozent</b>	<b>Kumulative Prozent</b>
<i>Präoperativ oder Beobachtung</i>	6	28,6	28,6
<i>Nur Operation</i>	7	33,3	61,9
<i>Operation und Strahlentherapie</i>	1	4,8	66,7
<i>Operation, Strahlentherapie und Chemotherapie</i>	7	33,3	100,0
<i>Total</i>	21	100	

Bei sieben Kindern wurde der Tumor in der supratentoriellen Region (zerebrale Hemisphären) lokalisiert, bei fünf Kindern in der supratentoriellen Mittellinie und bei sieben Kindern in der infratentoriellen Region (Cerebellum oder Hirnstamm).

Das durchschnittliche Intelligenzniveau betrug in der Stichprobe 92,26 ( $\bar{x} = 92,26$ ;  $\sigma = 15,84$ ), wobei mit 63,2 Prozent der Stichprobe, die meisten eine durchschnittliche Intelligenz aufwiesen (IQ 85-114). Vier Kinder (19 Prozent) wiesen eine niedrige Intelligenz auf (IQ 70-84) und zwei (9,5 Prozent) eine leichte intellektuelle Behinderung (IQ 50-69). Bei einem Kind ließ sich eine überdurchschnittliche Intelligenz feststellen (IQ 115-129) und bei zwei Kindern war die Berechnung des Intelligenzniveaus aufgrund einer unvollständigen Testvorgabe nicht möglich<sup>5</sup>.

Das niedrigere Intelligenzniveau ( $\bar{x} = 92,26$ ;  $\sigma = 15,84$ ) dieser Stichprobe im Vergleich zur Norm ( $\mu = 100$ ,  $\sigma = 15$ ), steht im Einklang mit der Studienlage zum Thema Intelligenz und Hirntumor (siehe dazu Kapitel 7, S.53).

## 2.2. Erfassung der Gedächtnisleistungen

Um die Gedächtnisleistungen möglichst differenziert zu erfassen, wurden in einer ausführlichen Literaturrecherche die relevanten Funktionsbereiche des Gedächtnisses standardisierten Testverfahren gegenübergestellt (siehe Kapitel 9). Daraus abgeleitet wurde die Testbatterie für diese Studie entwickelt. Tabelle 11 gibt

---

<sup>5</sup> Ein Kind wies eine Visusbeeinträchtigung auf und das andere motorische Schwierigkeiten, sodass bei beiden Kindern die Verarbeitungsgeschwindigkeit nicht erhoben werden konnte, welche jedoch für die Berechnung des Intelligenzniveaus relevant ist.

einen Überblick über die untersuchten Funktionsbereiche, die dazu eingesetzten Erhebungsinstrumente, die ausgesuchten Untertests sowie die weiteren Unterkomponenten der Funktionsbereiche, welche den Untertests zugeordnet sind.

Erhoben wurden die einzelnen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses, nämlich die phonologische Schleife, des visuell-räumliche Notizblock, die zentrale Exekutive und der episodische Puffer – mit ihren einzelnen Unterkomponenten – sowie das auditive und visuelle Lernen und das Langzeitgedächtnis für auditive und visuelle Informationen. Für die Erfassung des Gedächtnisses wurden aus folgenden Verfahren Untertests entnommen: AID 2, HAWIK IV, BASIC MLT und AGTB 5-12.

**Tabelle 11: Zusammengestellte Gedächtnistestbatterie**

<b>Funktionsbereiche des Gedächtnisses</b>	<b>Tests</b>	<b>Untertests</b>	<b>Komponenten der Funktionsbereiche</b>
Phonologische Schleife	AGTB 5-12  AID 2 und HAWIK IV	<i>Kunstwörter nachsprechen</i>  <i>Wortspanne einsilbig</i> <i>Wortspanne dreisilbig</i> <i>Ziffernspanne – vorwärts</i>	Speicher + Verarbeitungspräzision  Automatische Aktivierung des Rehearsals  Gesamtkapazität der Schleife
Visuell räumlicher Skizzenblock	BASIC MLT	<i>Räumliches positionieren</i>	Visuell-statische Komponente (visual cache)
Zentrale Exekutive	AGTB 5-12  AID 2 und HAWIK IV	Stroop  Objektspanne  Ziffernspanne – rückwärts (EA)	Selektive Aufmerksamkeit  Komplexe Leistung der zentralen Exekutive  Koordination zweiter simultaner Anforderungen
Episodischer Puffer	BASIC MLT	Geschichten merken	
Auditives Lernen	BASIC MLT	Wörter lernen (DG1-7)	
Visuelles Lernen	BASIC MLT	Muster lernen (DG1-7)	
Explizites LZG mit verbalem Infomaterial	BASIC MLT Verhaltensprobe	Wörter lernen Delay	
Explizites LZG mit visuellem Infomaterial	BASIC MLT	Muster lernen Delay	

Die eigens dafür entwickelte standardisierte Verhaltensprobe dient der zusätzlichen Auskunft über das Langzeitgedächtnis über einen längeren Zeitraum (1 Woche) und

der Anwendung von Strategien sowie der Erfassung des autobiografischen Gedächtnisses.

Im Folgenden werden die einzelnen Verfahren sowie die ausgewählten Untertests genauer beschrieben.

### **2.2.1. *Adaptives Intelligenz Diagnostikum 2 (2009) – AID 2: Unmittelbares Reproduzieren-numerisch***

Der AID 2 ist ein Intelligenz Diagnostikum und dient der Erfassung komplexer und basaler Kognitionen bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 6;0 bis 15;11. Mittels des AID 2 werden verbal-akustische Fähigkeiten erfasst sowie manuell-visuelle Fähigkeiten. Für die Fragestellung ist der Untertest *Unmittelbares Reproduzieren-numerisch* mit seinen beiden Aufgabemodalitäten *vorwärts* und *rückwärts* von Bedeutung. Dieser Untertest ist mit dem Untertest *Zahlen nachsprechen* aus dem Intelligenztest HAWIK-IV vergleichbar.

#### *Unmittelbares Reproduzieren-numerisch vorwärts*

Mittels dieser Aufgabe wird die Gesamtkapazität des phonologischen Arbeitsgedächtnisses bestimmt. Gefordert wird das Wiederholen von Ziffernreihen, welche der getesteten Person vorgelesen werden (z.B. 3-6-5). Die Komplexität (Länge der Ziffernreihe) nimmt, wenn die vorherige Ziffernreihe reproduziert werden konnte, stetig zu. Für jede Länge werden drei Ziffernreihen vorgegeben, wobei mit zwei Ziffern begonnen wird und die längste Ziffernreihe aus neun Ziffern besteht. Können alle drei Items einer Ziffernlänge nicht mehr reproduziert werden, wird abgebrochen. Die Anzahl an korrekt reproduzierten Ziffernreihen stellt den Kennwert dar, welcher mit den Normwerten normalgesunder, unauffälliger Kinder im Alter von 6;0 bis 15;11 Jahren verglichen werden kann. Außerdem differenzieren die Versuche, welche gebraucht wurden, innerhalb derselben Länge an richtig reproduzierten Zahlenreihen.

#### *Unmittelbare Reproduzieren- numerisch rückwärts*

Mittels dieser Aufgabe wird die Koordinationskapazität der Zentralen Exekutive des Arbeitsgedächtnisses bestimmt, also das zeitnahe Ausführen verschiedener Aufgaben. Wie auch bei der vorwärts-Bedingung, werden in gleicher Weise Ziffernreihen vorgelesen, welche jedoch in umgekehrter Reihenfolge reproduziert werden sollen (z.B. Darbietung 3-6-5, richtige Reproduktion 5-6-3). Die Anzahl an

korrekt reproduzierten Ziffernreihen stellt wiederum den Kennwert dar, welcher mit den Normwerten normalgesunder, unauffälliger Kinder im Alter von 6;0 bis 15;11 Jahren verglichen werden kann. Außerdem differenzieren die Versuche, welche gebraucht wurden, innerhalb derselben Länge an richtig reproduzierten Zahlenreihen.

### **2.2.2. Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder-IV (2010) – HAWIK-IV: *Zahlen nachsprechen***

Der HAWIK-IV ist ein Intelligenztest, welcher zur Erfassung der allgemeinen und spezifischen intellektuellen Fähigkeiten bei Kindern von 6;0 bis 16;11 Jahren dient. Das Verfahren orientiert sich an der Wechsler-Tradition sowie an neusten kognitionspsychologischen Erkenntnissen.

Für die Fragestellung sind lediglich die beiden Prozesswerte des Untertests *Zahlen nachsprechen* relevant. Der Untertest *Zahlen nachsprechen* stellt die gleichen Anforderungen an Kinder, wie der Untertest *Unmittelbares Reproduzieren-numerisch* aus dem AID 2.

#### *Zahlen nachsprechen - vorwärts*

Mittels dieser Aufgabe wird die Gesamtkapazität des phonologischen Arbeitsgedächtnisses bestimmt. Gefordert wird das Wiederholen von Ziffernreihen, welche der getesteten Person vorgelesen werden (z.B. 3-6-5). Die Komplexität (Länge der Ziffernreihe) nimmt, wenn die vorherige Ziffernreihe reproduziert werden konnte, stetig zu. Für jede Länge werden zwei Ziffernreihen vorgegeben, wobei mit zwei Ziffern begonnen wird und die längste Ziffernreihe aus neun Ziffern besteht. Können die beiden Items einer Ziffernlänge nicht mehr reproduziert werden, wird abgebrochen. Die Anzahl an korrekt reproduzierten Ziffernreihen stellt den Kennwert dar, welcher mit den Normwerten normalgesunder, unauffälliger Kinder im Alter von 6;0 bis 16;11 Jahren verglichen werden kann.

#### *Zahlen nachsprechen - rückwärts*

Mittels dieser Aufgabe wird die Koordinationskapazität der Zentralen Exekutive des Arbeitsgedächtnisses bestimmt. Wie auch bei der vorwärts-Bedingung, werden Ziffernreihen vorgelesen, welche jedoch in umgekehrter Reihenfolge reproduziert werden sollen (z.B. Darbietung 3-6-5, richtige Reproduktion 5-6-3). Für jede Länge, bis auf die erste Länge, werden zwei Ziffernreihen vorgegeben, wobei mit zwei

Ziffern begonnen wird und die längste Ziffernreihe aus neun Ziffern besteht. Können die beiden Items einer Ziffernlänge nicht mehr reproduziert werden, wird abgebrochen. Die Anzahl an korrekt reproduzierten Ziffernreihen stellt wiederum den Kennwert dar, welcher mit den Normwerten normalgesunder, unauffälliger Kinder im Alter von 6;0 bis 16;11 Jahren verglichen werden kann

### **2.2.3. Arbeitsgedächtnisbatterie für Kinder von 5 bis 12 Jahren (2012) – AGTB 5-12**

Die AGTB 5-12 wurde konstruiert, um das Arbeitsgedächtnis von fünf- bis zwölfjährigen Kindern möglichst differenziert zu erfassen. Die AGTB 5-12 ist ein adaptives Computerverfahren, das heißt die Aufgaben werden an das Alter und an das Leistungsniveau der Kinder angepasst und mittels Computer vorgegeben. Die AGTB 5-12 beinhaltet zwölf Subtests mit denen die drei Komponenten des Arbeitsgedächtnisses nach Baddeley erfasst werden: das phonologische, das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis und das zentral exekutive Arbeitsgedächtnis. Für die Beantwortung der Fragestellungen wurden folgende fünf der zwölf Untertests ausgewählt: *Kunstwörter nachsprechen*, *Wortspanne einsilbig*, *Wortspanne dreisilbig*, *Objektspanne* und *Stroop*.

#### *Kunstwörter nachsprechen*

Der Untertests *Kunstwörter nachsprechen* erfasst die Größe der Speicherkomponente des phonologischen Arbeitsgedächtnisses und gibt Aufschluss über die Verarbeitungspräzision der phonologischen Schleife. Die Aufgabe des Kindes ist es 24 verschiedene Kunstwörter, wie zum Beispiel „iltarmunzel“, direkt im Anschluss nachzusagen. Die Kunstwörter wurden nach sprachlichen Regeln konstruiert und sind 2-,3-,4-,5-, oder 6-silbig, wobei die Länge der Kunstwörter, bei denen das Nachsprechen gerade noch gelingt, durch die Größe des Speichers determiniert wird. Die Hälfte der Wörter wird dabei leicht verzerrt wiedergegeben (moduliert) vorgegeben. Es gibt jeweils einen Kennwert für die modulierten Wörter, ein Kennwert für die in normaler Weise vorgegebenen Wörter und ein Gesamtkennwert. Die Kennwerte können mit den Normwerten von unauffälligen Kindern im Alter von 5;0 bis 12;11 Jahren verglichen werden. Für die Beantwortung der Fragestellung wird der Gesamtkennwert herangezogen sowie die Kennwerte für die modulierten und nicht modulierten Wörter.

### *Wortspanne einsilbig*

Der Untertest *Wortspanne einsilbig* erfasst die Gesamtkapazität der phonologischen Schleife und gibt Aufschluss über die automatische Aktivierung des Rehearsals. Bei dieser Aufgabe werden Wortreihen von zwei bis neun einsilbigen Wörtern (z.B. Topf-Eis-Ball) vom Computerprogramm vorgespielt. Das Kind soll direkt im Anschluss an die Präsentation die Wortreihe in korrekter Reihenfolge wiedergeben. Der Mittelwert aller richtig reproduzierten Serien stellt den Kennwert dar, welcher mit den Normwerten von unauffälligen Kindern im Alter von 5;0 bis 12;11 verglichen werden kann.

### *Wortspanne dreisilbig*

Der Untertest *Wortspanne dreisilbig* erfasst ebenfalls die Gesamtkapazität der phonologischen Schleife sowie den artikulatorischen Kontrollprozess („Rehearsal“), welcher durch die Dreisilbigkeit der Wörter gefordert wird. Bei dieser Aufgabe werden Wortreihen von zwei bis neun dreisilbigen Wörtern (z.B. Fernseher-Erdbeere-Eisenbahn) vom Computerprogramm vorgespielt. Das Kind soll dabei die Wortreihe direkt nach der auditiven Präsentation in korrekter Reihenfolge wiedergeben. Der Mittelwert der richtig reproduzierten Serien stellt den Kennwert dar, welcher mit den Normwerten von unauffälligen Kindern im Alter von 5;0 bis 12;11 verglichen werden kann.

Der Vergleich der beiden Untertests *Wortspanne einsilbig* und *Wortspanne dreisilbig* bildet den Wortlängeneffekt ab und gibt dadurch Auskunft über die automatische Aktivierung des Rehearsals (siehe dazu Kapitel 3.1.2.2 und Kapitel 9.1). Während Kinder und Jugendliche, bei denen die automatische Aktivierung des Rehearsals gut ausgebildet ist, einen Wortlängeneffekt aufweisen, ist dieser bei Kindern, bei denen das Rehearsal noch nicht automatisch aktiviert wird, nicht zu beobachten. In Bezug auf die beiden Untertests bedeutet dies, dass Kinder mit einer entwickelten automatischen Aktivierung des Rehearsals beim Wiederholen von einsilbigen Wörtern profitieren und somit bessere Leistungen erbringen können, als Kinder mit einer Beeinträchtigung der Aktivierung. Wenn hingegen die Leistung im Untertest *Wortspanne dreisilbig* beeinträchtigt ist, deutet dies auf eine Beeinträchtigung des Rehearsals, welche jedoch nicht auf die automatische Aktivierung zurückzuführen ist, sondern auf den gesamten Rehearsalprozess,

welcher auch von der Geschwindigkeit des Rehearsals beeinflusst wird (siehe Abbildung 2, S.26).

### *Objektspanne*

Der Untertest *Objektspanne* (in der Entwicklungsversion der AGTB 5-12 und in früheren Studien auch „Komplexe Spanne“ genannt) bedarf mehrerer Funktionen der zentralen Exekutive. So werden sowohl die Koordinationskapazität, als auch der selektive Abruf von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis, sowie der Wechsel von Strategie gefordert. Bei dieser Aufgabe werden dem Kind nacheinander verschiedene Objekte am Bildschirm gezeigt, wobei das Kind entscheiden soll, ob das jeweilige Objekt essbar ist oder nicht. Gleichzeitig soll sich das Kind merken in welcher Reihenfolge die Objekte präsentiert werden und diese Reihenfolge im direkten Anschluss an die Präsentation wiedergeben. Der Mittelwert aller relevanten Serien stellt den Kennwert dar, welcher mit den Normwerten von unauffälligen Kindern im Alter von 5;0 bis 12;11 verglichen werden kann.

### *Stroop*

Der Untertest *Stroop* erfasst die Komponente „selektive Fokussierung“ der zentralen Exekutive. Bei dieser Aufgabe werden dem Kind zum einen Strichzeichnungen von einer Frau oder einem Mann am Bildschirm präsentiert und zum anderen sagt gleichzeitig die Computerstimme „Mann“ oder „Frau“. Die Aufgabe des Kindes ist es, die auditive Information zu hemmen und nur anhand der visuellen Information zu reagieren. Die Antwortalternativen (Mann und Frau) werden in kleinerer Form unten am Bildschirm angezeigt und das Kind gibt eine Antwort indem es eine der beiden Strichfiguren antippt. Der Median der Reaktionszeit ist hierbei der Kennwert. Wobei sowohl der Median der Reaktionszeit auf kongruente Items (auditive Information entspricht visueller Information) mit den Normwerten von unauffälligen Kindern im Alter von 5;0 bis 12;11 verglichen werden kann, wie auch der Median der Reaktionszeit auf inkongruente Items (auditive und visuelle Information entsprechen sich nicht). Zudem kann die Mediandifferenz (Inkongruente minus kongruente Items) verglichen werden. Die Mediandifferenz stellt den relevanten Kennwert für die Erfassung der selektiven Fokussierung dar.

#### **2.2.4. Battery for Assessment in Children – Merk und Lernfähigkeitstest für 6- bis 16-Jährige (2008) - BASIC MLT**

Der BASIC MLT wurde konstruiert um die Lern- und Merkfähigkeit bei Kindern im Alter von 6;0 bis 16;11 Jahren möglichst differenziert zu erfassen und um Auskünfte über etwaige Defizite in der Lern- und Merkfähigkeit zu geben. Der BASIC MLT ist ein Einzelverfahren und umfasst 14 Untertests, wobei acht Untertests die Kernbatterie bilden und sechs Untertests optionale Zusatztests darstellen. Die acht Untertests der Kernbatterie lassen sich auf folgende fünf Skalen aufteilen: Aufmerksamkeit und Konzentration, Visuelles Lernen, Auditives Lernen, Visuelles Merken und Auditives Merken. Für die Beantwortung der Fragestellung wurden folgende Untertests ausgewählt: *Muster Lernen*, *Muster Lernen Delay*, *Muster Lernen Wiedererkennung* (Zusatztest), *Wörter Lernen*, *Wörter Lernen Delay*, *Wörter Lernen Wiedererkennung* (Zusatztest), *Räumliches Positionieren* und *Geschichten Merken* (Zusatztest). Dabei bildet der Mittelwert aus den Untertests *Muster Lernen* und *Muster Lernen Delay* die Skala Visuelles Lernen und der Mittelwert aus den Untertests *Wörter Lernen* und *Wörter Lernen Delay* die Skala Auditives Lernen.

##### *Muster Lernen*

Der Untertest *Muster Lernen* erfasst die Fähigkeit zum visuellen Lernen. Dem Kind werden dabei sieben geometrische Mustervorlagen für jeweils maximal 30 Sekunden hintereinander gezeigt. In Anschluss an die gesamte Präsentation der Mustervorlagen soll das Kind die Muster mittels vier Figuren (Quadrat, Rechteck, Dreieck und Kreis) nachlegen. Die Reihenfolge der Reproduktion wird dabei nicht beachtet. Im Anschluss folgen nochmals vier solcher Lerndurchgänge. Wenn das Kind in zwei Durchgängen hintereinander alle Muster reproduzieren konnte, wird abgebrochen und die restlichen Durchgänge werden als richtig gewertet. Im sechsten Lerndurchgang (Interferenzdurchgang) sollen auf die gleiche Weise neue Mustervorlagen eingeprägt und im Anschluss reproduziert werden. Daraufhin wird das Kind gebeten nochmals die Muster aus den ersten fünf Lerndurchgängen ohne einer vorherigen Präsentation nachzulegen. Die Summe der richtig reproduzierten Muster aus den Lerndurchgängen eins bis sieben stellt den Kennwert dar, welcher mit den Normwerten von unauffälligen Kindern und Jugendlichen im Alter von 6;0 bis 16;11 Jahren verglichen werden kann.

### *Muster Lernen Delay*

Der Untertest *Muster Lernen Delay* erfasst eine Komponente des expliziten Langzeitgedächtnisses für visuelle Informationen. Bei diesem Untertest soll das Kind die fünfmal gelernten Muster aus dem Untertest *Muster Lernen* nach einer Pause von ca. 30 Minuten ohne eine weitere Präsentation reproduzieren. Die Anzahl an richtig reproduzierten Muster stellte den Kennwert dar, welcher mit den Normwerten von unauffälligen Kindern und Jugendlichen im Alter von 6;0 bis 16;11 Jahren verglichen werden kann.

### *Muster Lernen Wiedererkennung*

Der Untertest *Muster Lernen Wiedererkennung* erfasst ebenfalls das explizite Langzeitgedächtnis für visuelle Informationen. Der unterschiedliche Abrufmodus „freier Abruf“ versus „Wiedererkennen“ gibt zusätzlich Auskunft, ob eine Problematik beim Einspeichern (sowohl der freie Abruf als auch das Wiedererkennen gelingen nicht) oder beim Abrufen (der freie Abruf fällt, in Relation zu den Normwerten der Vergleichsstichprobe, schwerer, als das Wiedererkennen) vorliegt. Dem Kind werden bei diesem Untertests nacheinander Mustervorlagen gezeigt, wobei es direkt bei der Präsentation entscheiden soll, ob das Muster bei den fünf Lerndurchgängen zu den Mustervorlagen gehörte. Die Anzahl an richtig wiedererkannten Mustern stellt den Kennwert dar, welcher mit den Normwerten von unauffälligen Kindern und Jugendlichen im Alter von 6;0 bis 16;11 Jahren verglichen werden kann.

### *Wörter Lernen*

Der Untertest *Wörter lernen* erfasst das auditive Lernen. Das Kind bekommt dabei, je nach Alter, hintereinander sieben (Kinder bis neun Jahre) bzw. neun sinnfreie, aber assoziationsfähige Pseudowörter (z.B. Purchen) von einer CD vorgespielt oder vom Testleiter vorgelesen. Im Anschluss an die Präsentation soll das Kind die Pseudowörter in beliebiger Reihenfolge, aber exakt, wiedergeben. Dieser Vorgang wird insgesamt fünfmal hintereinander durchgeführt. Wenn das Kind zweimal hintereinander alle Wörter exakt reproduziert, wird abgebrochen und die restlichen Durchgänge werden als richtig gewertet. Nach den fünf Lerndurchgängen werden dem Kind nochmal sieben bzw. neun neue Wörter aus einer Interferenzliste vorgespielt bzw. vorgelesen, welche es wieder im Anschluss reproduzieren soll. Im siebten Durchgang wird das Kind gebeten nochmal die sieben bzw. neun Wörter

aus den ersten fünf Lerndurchgängen ohne eine weitere Präsentation zu reproduzieren. Als Kennwert dient die Summe der richtig reproduzierten Wörter aus den sieben Durchgängen. Dieser kann mit den Normwerten von unauffälligen Kindern und Jugendlichen im Alter von 6;0 bis 16;11 Jahren verglichen werden.

#### *Wörter Lernen Delay*

Der Untertest *Wörter Lernen Delay* erfasst eine Komponente des expliziten Langzeitgedächtnisses für auditive Informationen. Bei diesem Untertest soll das Kind die sieben bzw. neun Wörter aus den fünf Lerndurchgängen des Untertests *Wörter Lernen* nach einer Pause von ca. 30 Minuten in beliebiger Reihenfolge frei reproduzieren. Die Anzahl der richtig reproduzierten Wörter ergibt den Kennwert, welcher mit den Normwerten von unauffälligen Kindern und Jugendlichen im Alter von 6;0 bis 16;11 verglichen werden kann.

#### *Wörter Lernen Wiedererkennung*

Wie auch der Untertest *Wörter Lernen Delay* erfasst der Untertest *Wörter Lernen Wiedererkennung* eine Komponente des expliziten Langzeitgedächtnisses für auditive Informationen. Durch den Vergleich mit den Leistungen im Untertest *Wörter Lernen Delay* gibt er Auskunft über das Einspeichern von auditiven Informationen ins Langzeitgedächtnis. Dem Kind wird bei diesem Untertest eine Liste von Pseudowörtern vorgespielt bzw. vorgelesen und es soll entscheiden, ob das vorgespielte bzw. vorgelesene Pseudowort in den fünf Lerndurchgängen des Untertests *Wörter Lernen* vorkam. Die Anzahl richtig wieder erkannter Wörter stellt den Kennwert dar, welcher mit den Normwerten von unauffälligen Kindern und Jugendlichen im Alter von 6;0 bis 16;11 verglichen werden kann.

#### *Räumliches Reproduzieren*

Mit dem Untertest *Räumliches Reproduzieren* wird das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis erfasst. Dieser Untertest bedarf der visuell-statischen Komponente des visuell-räumlichen Notizblocks, dem „visual cache“. Bei diesem Untertest werden dem Kind für je fünf Sekunden (ab Aufgabe acht zehn Sekunden) Abbildungen von geometrischen Figuren (Quadrate, Rechtecke, Dreiecke und Kreise) auf einem Raster (3x3 bzw. ab Aufgabe sieben 4x4 Felder) gezeigt. Das Kind soll sich in der Präsentationszeit die Figuren sowie ihre Anordnung auf dem Raster merken und im Anschluss an die jeweilige Präsentation die vorher gezeigten Figuren auf einem ihnen vorliegenden und der Abbildung entsprechenden Raster

richtig positionieren. Der Untertest besteht aus zwölf Aufgaben mit jeweils zwei Darstellungen (a und b), die nacheinander durchgeführt werden. Werden a und b einer Aufgabe mit Null bewertet, wird der Untertest abgebrochen. Der Kennwert ist die Anzahl an korrekt reproduzierten Abbildungen, dabei müssen sowohl die Formen als auch die Positionen jeweils korrekt reproduziert werden. Der Kennwert kann mit den Normwerten von unauffälligen Kindern im Alter von 6;0 bis 16;11 Jahren verglichen werden.

### *Geschichten Merken*

Der Untertest *Geschichte Merken* erfasst die Fähigkeit sich auditive Informationen, welche in einem Zusammenhang stehen, zu merken und wiederzugeben. Diese Aufgabe benötigt vor allem die komplexe Gesamtleistung des episodischen Puffers. Neben dem richtigen Einsatz von Enkodier- und Abrufstrategien, ist hier insbesondere die Verbindung von Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis relevant sowie die Aufmerksamkeit, welche die Informationen zur Verarbeitung zu Verfügung stellt. Dem Kind werden je nach Alter zwei kurze Geschichten (a und b) vorgespielt bzw. vorgelesen. Es gibt dabei für drei Altersstufen jeweils zwei unterschiedliche Geschichten (6;0 bis 8;9 Jahre, 9;0 bis 12;11 Jahre und 13;0 bis 16;11 Jahre). Nach dem Vorspielen der Geschichte wird das Kind gebeten, die Geschichte mit möglichst vielen Details korrekt wiederzuerzählen. Im Anschluss wird die zweite Geschichte vorgespielt bzw. vorgelesen, welche dann wieder nacherzählt werden soll. Die Summe der Anzahl von korrekt wiedergegebenen Details aus beiden Geschichten stellt den Kennwert dar, welcher mit den Normwerten von unauffälligen Kindern im Alter von 6;0 bis 16;11 Jahren verglichen werden kann. Einschränkend zu beachten ist jedoch, dass auch weitere kognitive Fähigkeiten die Leistungen in diesem Untertest beeinflussen können, wie beispielsweise sprachlich-kognitive Fähigkeiten.

### **2.2.5. Verhaltensprobe**

Bei der Verhaltensprobe haben die Kinder und Jugendlichen die Aufgabe, sich beim ersten Testtermin das Passwort „Nemo1234“ für den Computer einzuprägen. Falls sie das Passwort vergessen sollten, wird ihnen noch die Möglichkeit aufgezeigt das Passwort in einem Ordner beim Computer nachzuschauen (Notfallplan). Beim zweiten Testtermin, eine Woche später, sollen sie dann das Passwort beim

Computer eingeben. Wenn sie sich nicht mehr an das Passwort erinnern können, werden sie gefragt, ob sie sich an den Notfallplan erinnern.

Beim ersten Testtermin wird notiert wie oft sie brauchen, bis sie sich das Passwort eingepägt haben und welche Strategien sie angeben um sich das Passwort zu merken und beim zweiten Testtermin wird notiert ob sie sich das Passwort gemerkt habe und wenn nicht, ob sie sich an den Notfallplan erinnern können. Außerdem wird festgehalten, welche Strategien sie ihrer Aussage nach verwendet haben, um sich das Passwort zu merken.

Als brauchbare Kennwerte erwiesen sich die Angabe, ob eine Strategie verwendet wurde (Testtag 2), sowie das Erinnern bzw. Nichterinnern an das Passwort.

Die Verhaltensprobe wird explorativ erhoben um zusätzlich Auskunft darüber zu erhalten, wie den Kindern und Jugendlichen mit einem Hirntumor eine alltagsrelevante Merkaufgabe über einen längeren Zeitraum gelingt.

Um Informationen über das autobiografische Gedächtnis zu erhalten, werden folgende Fakten abgefragt: Name der/s Lehrerin/Lehrers, Name der Schule, Geburtsmonat und Adresse.

### **2.3. Design**

Die Testung der Kinder und Jugendlichen mit einem Tumor des Zentralnervensystems fand im Rahmen der neuropsychologischen Standarduntersuchung innerhalb der neuroonkologischen Nachsorge bzw. im Rahmen der medizinischen Behandlung an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Wien statt. Neben diesem Einschlusskriterium, bedurfte es zudem eines guten Allgemeinzustandes, welcher die Testung erlaubte sowie der Freiwilligkeit der Teilnahme und der schriftlichen Einwilligung des/der Patienten/in und der Erziehungsberechtigten.

Nicht in die Testung einbezogen wurden Kinder bzw. Jugendliche, welche eine deutliche Beeinträchtigung der Deutschkenntnisse in Wort und Schrift aufwiesen, da etwaige Auffälligkeiten in der Testung, auch aufgrund von mangelnden Deutschkenntnissen hätten entstehen können.

Wenn starke visuelle Beeinträchtigungen vorlagen wurden nur jene Gedächtnistests vorgegeben, welche nicht durch die visuelle Beeinträchtigung beeinflusst wurden.

Die Gedächtnistests wurden auf die beiden Testtermine aufgeteilt und immer in der gleichen Reihenfolge vorgegeben.

#### **2.4. Statistische Auswertung**

Die Auswertung erfolgte mit SPSS 17.0 für Windows.

Die Gedächtnisleistungen der Stichprobe von Kindern und Jugendlichen mit einem Hirntumor wurden mittels einfachem T-Test dahingegen überprüft, ob ihre Leistungen signifikant unter den durchschnittlichen Leistungen der Normierungsstichproben der jeweiligen Verfahren lagen. Die Ergebnisse in den Untertests, welche in T-Werten angegeben sind ( $\mu = 50$ ;  $\sigma = 10$ ), wurden dabei jeweils dem Populationsmittelwert 50 gegenübergestellt. Außerdem wurden bestimmte Leistungen innerhalb der Stichprobe mittels eines T-Tests für abhängige Stichproben dahingegen untersucht, ob sich die Leistungen signifikant unterscheiden. Zur Überprüfung des Effekts wurde Cohens Klassifikation von Effektstärken herangezogen. Effektstärken von  $d = 0,20$  werden als kleiner, von  $d = 0,50$  als mittlerer und  $d = 0,80$  als großer Effekt interpretiert.

Die Unabhängigkeit der Risikofaktoren wurde mittels exakter Fisher-Tests überprüft. Der Einfluss der Lokalisation auf die Gedächtnisleistungen wurde mittels Rangvarianzanalysen und Zusammenhänge bezüglich der Verhaltensprobe mittels exakter Fisher-Tests berechnet.

Für die statistischen Verfahren zur Beantwortung der Fragestellungen wurde ein Alpha-Fehler-Niveau von 5% angenommen. Die Voraussetzungen der jeweiligen Verfahren wurden in der Stichprobe erfüllt.

#### **2.5. Probleme bei der vorliegenden Stichprobe und dem Studiendesign**

Da die Stichprobe eine klinische sowie anfallende Stichprobe war, kam es zu verschiedenen Schwierigkeiten, welche jedoch zum Teil im Vorhinein bewusst waren und aufgrund der praktischen Bedeutsamkeit der Studie in Kauf genommen wurden.

Zum einen wurde lediglich eine Stichprobengröße von 21 Kindern erreicht, was bezogen auf die Anzahl der erkrankten Kinder in Österreich (circa 50

Neuerkrankungen pro Jahr bei Kindern im Alter von 0 bis 18 im Jahr) als eine angemessene Stichprobe erscheint, jedoch die interferenzanalytische Auswertung einschränkte. Zudem ist es unwahrscheinlicher bei kleinen Stichproben signifikante Unterschiede zu entdecken als bei großen Stichproben. Da somit insbesondere bei kleinen Stichproben nicht signifikante Unterschiede trotz allem bedeutsam sein können (siehe Field, 2009, S.53), wurden auch nicht signifikante Unterschiede anhand ihrer Effektstärken interpretiert.

Zum anderen konnte bei einigen Kindern nicht die vollständige Testbatterie vorgegeben werden. Anhand von Tabelle 12 wird die Stichprobengröße bei jedem Untertest ersichtlich. Bei fünf Kindern wurde, aufgrund von Zeitgründen bzw. einer visuellen Beeinträchtigung, auf die Vorgabe von einzelnen Untertests verzichtet (davon einmal auf das *Räumliche Positionieren* sowie die Untertests *Wortspanne einsilbig*, *Wortspanne dreisilbig* und *Objektspanne*, zweimal auf das *Muster Lernen* und infolge dann auf die *Delay* und *Wiedererkennungsbedingung* und zweimal auf *Muster Lernen Delay* und *Muster Lernen Wiedererkennung*). Bei vier Kindern konnten die Untertests der AGTB (*Kunstwörter nachsprechen*, *Stroop*, *Wortspanne einsilbig*, *Wortspanne dreisilbig*, *Objektspanne*) nicht vorgegeben werden, da keine passenden Normen vorlagen.

Um eine mögliche Stichprobenverzerrung zu identifizieren, wurden das Intelligenzniveau und die Aufmerksamkeit<sup>6</sup> in Bezug auf die fehlenden Daten deskriptiv betrachtet (siehe Tabelle 24 im Anhang). Hierbei ließ sich keine Stichprobenverzerrung hinsichtlich dieser beiden Faktoren erkennen. Auch die Verteilung der Lokalisation auf die fehlenden Daten lässt nicht unbedingt auf eine Verzerrung schließen. So verteilen sich die neun Kinder, welche nicht die komplette Testbatterie absolvierten, auf drei aus der supratentoriellen Gruppe (n = 7), einem aus der Gruppe mit einem Tumor in der supratentoriellen Mittellinie (n = 5) und vier aus der infratentoriellen Tumorgruppe (n = 7) sowie einem Kind mit Neurofibromatose 1. Bezüglich der Behandlung lässt sich jedoch eine ungleiche Verteilung der fehlenden Daten erkennen, so wurde bei 6 von 8 Kindern mit einer invasiven Behandlung (Operation und Chemo- und/oder Radiotherapie) eine Leistung nicht erhoben, während bei 3 von 13 mit einer weniger invasiven Therapie

---

<sup>6</sup> Erhoben mittels des Untertests *Alertness* der KITAP (Zimmermann, Gondan, & Fimm, 2004) bzw. TAP (Zimmermann & Fimm, 2007)

(Operation oder Observation) ein Untertest ausgelassen wurde. Mittels exaktem Fisher-Test zeigt sich, dass der Zusammenhang zwischen Behandlungsart und fehlenden Daten signifikant ist ( $p = 0,032$ ). Somit ist nicht auszuschließen, dass in jenen Untertests, die nicht die vollständige Stichprobe erfassen, ein größerer Unterschied zu Norm besteht, als in dieser Arbeit beschrieben wird. Da invasive Behandlungen einen Risikofaktor für die kognitive Entwicklung darstellen (siehe Kapitel 7), führt die Stichprobenverteilung womöglich zu einer Unterschätzung der negativen Unterschiede zur Norm, was bei der Betrachtung unauffälliger Ergebnisse berücksichtigt werden sollte.

**Tabelle 12: Anzahl der Stichprobengröße nach Untertest**

Untertests (vollständige Daten)	N	Untertests (fehlende Daten)	N
Ziffernspanne rückwärts	21	Räumliches Positionieren	20*
Ziffernspanne vorwärts	21	Muster Lernen	19*
Wörter Lernen	21	Muster Lernen Delay	17*
Wörter Lernen Delay	21	Muster Lernen Wiedererkennung	17*
Wörter Lernen Wiedererkennung	21	Kunstwörter nachsprechen	17**
Geschichte Merken	21	Stroop	17**
		Wortspanne einsilbig	16**,*
		Wortspanne dreisilbig	16**,*
		Objektspanne	16**,*

\* AUS ZEITGRÜNDEN BZW. VISUELLER BEEINTRÄCHTIGUNG NICHT MÖGLICH, \*\*NUR BIS 12;11 JAHREN NORMEN

Des Weiteren wurden die Variablen *Zahlen nachsprechen- vorwärts* sowie *Zahlen nachsprechen- rückwärts* anhand von zwei Intelligenzverfahren (AID 2 und HAWIK IV) erhoben. Da die Untertests der beiden Verfahren sich jedoch sehr ähnlich sind (siehe Kapitel 2.2.1 und 2.2.2) und das gleiche erfassen, wurden die Ergebnisse aus den vier Untertests zu jeweils zwei Variablen zusammengeführt. Die zusammengefassten Variablen werden im Folgenden als *Ziffernspanne vorwärts* sowie *Ziffernspanne rückwärts* bezeichnet.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1. Abweichungen der Gedächtniskomponenten zur Normpopulation**

Aufgrund von bisherigen Studien (siehe dazu Kapitel 7.1) ist davon auszugehen, dass sich die Stichprobe von Kindern mit einem Hirntumor hinsichtlich einzelner Gedächtniskomponenten von der Norm unterscheidet und Defizite in einzelnen Komponenten aufweisen wird. Da jedoch die Mehrzahl der Studien die Gedächtnisbeeinträchtigungen in Hinblick auf die Lokalisation untersucht hat, stellt sich die Frage, welche Gedächtnisleistungen in der Gesamtstichprobe von pädiatrischen Hirntumorpatienten/innen –unbeachtet der Lokalisation- vom Mittelwert der Normierungsstichprobe abweichen. Dies ist insofern wichtig, da die Lokalisation des Tumors zwar ein wichtiger Einflussfaktor zu sein scheint, aber auch andere Faktoren einen Einfluss haben können, sodass mittels einer Gesamtaussage über eine Stichprobe in folgenden Schritten differenziertere Ergebnisse bewertet werden können. Außerdem wurden die in Kapitel 3 vorgestellten Gedächtniskomponenten noch nie in der Gänze erhoben, sodass sich die Frage stellt, inwiefern die Komponenten, welche noch nicht untersucht wurden, vom Mittelwert der Normierungsstichprobe abweichen.

##### **3.1.1. Auditives Arbeitsgedächtnis – Phonologische Schleife**

Die Funktionsfähigkeit der phonologischen Schleife ist abhängig von der Größe des Speichers, der Verarbeitungspräzision der Geschwindigkeit des Rehearsals sowie vom Automatisierungsgrad der Aktivierung des Rehearsals.

Die phonologische Schleife wurde mittels der Untertests *Kunstwörter nachsprechen (KN)*, *Wortspanne einsilbig* sowie *Wortspanne dreisilbig* der AGTB 5-12 und mittels der Untertests *Unmittelbares reproduzieren-vorwärts* bzw. *Zahlen nachsprechen-vorwärts* aus den Intelligenzverfahren AID 2 und HAWIK-IV erhoben. Während der Untertest *Kunstwörter nachsprechen* Aufschluss über die Größe des phonetischen Speichers und die Verarbeitungspräzision geben soll, dient der Untertest *Ziffernspanne vorwärts* der Erhebung der Gesamtkapazität der phonologischen Schleife. Der Unterschied zwischen *Wortspanne einsilbig* und *Wortspanne dreisilbig* lässt aufgrund des Wortlängeneffets Rückschlüsse auf den Automatisierungsgrad der Aktivierung des Rehearsals zu, während der Unterschied zwischen *Wortspanne*

*einsilbig* und *Ziffernspanne vorwärts* Aufschluss über die Verarbeitung von Zahlen und Wörtern gibt.

Aufgrund der Studie von Kirschen et al. (2008) wird angenommen, dass bei Kindern mit einem infratentoriellen Hirntumor die Gesamtkapazität der phonologischen Schleife beeinträchtigt ist, wie auch die automatische Aktivierung des Rehearsals. Von einem Unterschied in der Verarbeitungspräzision wird jedoch nicht ausgegangen. Fraglich ist, wie die automatische Aktivierung des Rehearsals sowie die Verarbeitungspräzision bei einer Gesamtstichprobe von Kindern mit einem Hirntumor ausgeprägt sind. Ebenso wurde die Größe des phonetischen Speichers noch nicht erhoben. Wie sich die Gesamtkapazität der phonologischen Schleife in einer Gesamtstichprobe von Kindern mit einem Hirntumor darstellt, ist ebenso ungewiss, da sie bei Kindern mit supratentoriellen Tumor nicht beeinträchtigt zu sein scheint (Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007).

Tabelle 13 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der Stichprobe in den vier Untertests im Vergleich mit dem Populationsmittelwert 50. Die Tabelle enthält deskriptive Angaben, wie den Mittelwert und die Standardabweichung, die Prüfgröße, das Signifikanzniveau sowie die Effektstärke  $d$ .

Wie Tabelle 13 entnommen werden kann, unterscheidet sich die Stichprobe nur in dem Untertest *Wortspanne einsilbig* signifikant vom Testwert 50 ( $t(15) = -2,16$ ;  $p = 0,047$ ), wobei die praktische Relevanz bei einem mittleren Maß liegt ( $d = 0,49$ ). Anhand des Mittelwerts ( $\bar{x} = 45,5$ ;  $\sigma = 8,33$ ) wird ersichtlich, dass die Stichprobe insgesamt weniger einsilbige Wortreihen reproduzieren kann im Vergleich zur Norm.

In den anderen Untertests unterscheidet sich die Stichprobe nicht signifikant von dem Testwert 50 und es liegt, bis auf den Untertest *Kunstwörter nachsprechen* auch keine praktische Relevanz vor. Im Untertest *Kunstwörter nachsprechen* erreicht die Stichprobe einen höheren Mittelwert ( $\bar{x} = 54,71$ ;  $\sigma = 11,66$ ) im Vergleich zum Testwert 50, wobei die praktische Relevanz für dieses Ergebnis als klein einzustufen ist ( $d = 0,43$ ). Das Ergebnis weicht jedoch nicht signifikant vom Testwert 50 ab ( $t(16) = 0,116$ ;  $p = 0,116$ ).

**Tabelle 13: Ergebnisse der Einstichproben t-Tests zur Überprüfung der Abweichung der vier Untertests zur phonologischen Schleife mit dem Populationsmittelwert ( $\mu=50$ ) und Effekte der Abweichungen in Einheiten der Standardabweichung ( $\sigma=10$ )**

Phonologische Schleife	N	Deskriptiv		T-Werte		Sign. (zweiseitig)	Effektstärke (d)
		Mittelwert	SD	T	Mittelwertsdifferenz		
Kunstwörter nachsprechen	17	54,71	11,66	1,664	4,71	0,116	0,43
Ziffernspanne vorwärts	21	49,38	8,73	-0,325	-0,62	0,749	0,07
Wortspanne einsilbig	16	45,5	8,33	-2,160	-4,5	0,047	0,49
Wortspanne dreisilbig	16	49,56	12,37	-0,141	-0,44	0,889	0,04

**Tabelle 14: Ergebnisse des T-Test für verbundene Stichproben zur Überprüfung der Verarbeitungspräzision (Paar 1), des Wortlängeneffekts (Paar 2) und des Stimulusmaterials (Paar 3)**

Phonologische Schleife		N	Deskriptiv		T-Wert	Sign. (zweiseitig)	Effektstärke (d)
			Mittelwert	SD			
Paar 1	KN moduliert – KN nicht moduliert	17	0,29	6,08	0,199	0,844	0,04
Paar 2	Wortspanne einsilbig – Wortspanne dreisilbig	16	-4,06	7,64	-2,125	0,050	0,53
Paar 3	Ziffernspanne v. – Wortspanne einsilbig	16	5,44	7,38	2,949	0,010	0,74

Für die Erhebung der automatischen Aktivierung des Rehearsals ist der Unterschied zwischen den beiden Untertests *Wortspanne einsilbig* und *Wortspanne dreisilbig* relevant (vergleiche hierzu das Kapitel 3.1.2.2 zum Thema Wortlängeneffekt bzw. Kapitel 9.1). Hier zeigt sich ein signifikanter Unterschied in der Stichprobe ( $t(15) = -2,125$ ;  $p = 0,05$ ). Die beiden Untertestleistungen, welche hoch miteinander korrelieren ( $r = 0,796$ ;  $p = 0,000$ ), unterscheiden sich insofern, da die Stichprobe beim Wiederholen der einsilbigen Wörter einen signifikant niedrigeren Mittelwert ( $\bar{x} = 45,5$ ;  $\sigma = 8,33$ ) aufweist als beim Wiederholen von dreisilbigen Wörtern ( $\bar{x} = 49,56$ ;  $\sigma = 12,37$ ), wie aus Tabelle 14 ersichtlich wird. Dieser Unterschied weist eine mittlere Effektstärke auf ( $d = 0,53$ ), was für eine Bedeutung des Unterschieds spricht. Dass

die Kinder in der Stichprobe insgesamt nur geringfügig mehr einsilbige Wortreihen reproduzieren konnten ( $\bar{x} = 3,5$ ;  $\sigma = 0,72$ ) als dreisilbige Wortreihen ( $\bar{x} = 3$ ;  $\sigma = 0,64$ ), verdeutlicht das Ergebnis, dass kein Wortlängeneffekt aufgetreten ist und somit die automatische Aktivierung des Rehearsals beeinträchtigt zu sein scheint.

Der Vergleich zwischen den beiden Untertests *Wortspanne einsilbig* und *Ziffernspanne vorwärts*, welche in einem signifikanten Zusammenhang stehen ( $r(16) = 0,576$ ;  $p = 0,020$ ), zeigt, dass sich die Leistung je nach vorgegebenem Stimulusmaterial unterscheidet ( $t(15) = 2,949$ ;  $p = 0,010$ ). So fiel es den Kindern in der Stichprobe, in Relation zur Norm, signifikant leichter Ziffernreihen ( $\bar{x} = 50,94$ ;  $\sigma = 7,62$ )<sup>7</sup> zu reproduzieren, als einsilbige Wortreihen ( $\bar{x} = 45,5$ ;  $\sigma = 8,33$ ). Dieses Phänomen entspricht dem allgemeinen Trend ist jedoch in dieser Stichprobe aufgrund der niedrigen Leistung im Untertest *Wortspanne einsilbig* deutlich stärker ausgeprägt, als in der Norm ( $d = 0,74$ ).

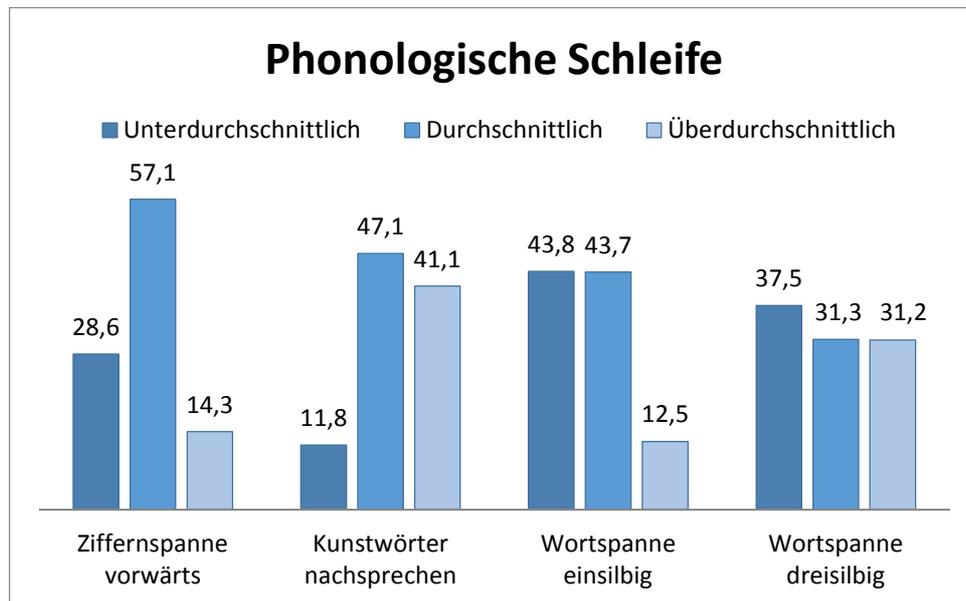
Aufschluss über die Verarbeitungspräzision liefert der Vergleich zwischen der Gesamtzahl richtig wiedergegebener modulierter Wörter ( $\bar{x} = 54,12$ ;  $\sigma = 10,24$ ) mit der Gesamtzahl richtig wiedergegebener nicht modulierter Wörter ( $\bar{x} = 54,41$ ;  $\sigma = 11,39$ ) im Untertest *Kunstwörter nachsprechen*. Dabei fiel den Kindern mit einem Hirntumor das Wiederholen der nichtmodulierten Kunstwörter geringfügig leichter ( $RW = 8,7$ ;  $\sigma = 2,69$ ), als das Wiederholen der modulierten Kunstwörter ( $RW = 7,4$ ;  $\sigma = 2,55$ ). In Bezug auf die Norm unterscheiden sich die Leistungen in den beiden Bedingungen, welche einen Zusammenhang aufweisen ( $r(17) = 0,847$ ;  $p = 0,000$ ), nicht signifikant voneinander ( $t(16) = -0,199$ ;  $p = 0,844$ ).

In Abbildung 7 sind die Ergebnisse der Kinder in den Untertests anhand der Kategorien unterdurchschnittlich (T-Wert  $\leq 43$ ), durchschnittlich (T-Wert 44-56) und überdurchschnittlich (T-Wert  $\geq 57$ ) dargestellt. Dies ermöglicht eine Auskunft über den Anteil der Kinder, welche in einem Untertest als auffällig ( $PR < 25$ ) erkannt wurden. Es wird ersichtlich, dass sowohl im Untertest *Wortspanne einsilbig* (43,8 Prozent), als auch im Untertest *Wortspanne dreisilbig* (37,5 Prozent) mehr Kinder ein unterdurchschnittliches Ergebnis erzielten als nach der Normalverteilung zu erwarten wäre. Bei beiden Untertests wiesen jeweils 18,8 Prozent der Kinder eine

---

<sup>7</sup> Der Angaben unterscheiden sich aufgrund der unterschiedlichen Stichprobe von den Angabe in Tabelle 13Tabelle 13. Aufgrund des Vergleichs wurden nur über jene 16 Personen der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet, welche beide Untertests absolvierten.

klinische Auffälligkeit (T-Wert < 40, bzw. PR < 16) auf. Im Untertest *Kunstwörter nachsprechen* erzielten 41,1 Prozent der Stichprobe ein überdurchschnittliches Ergebnis und somit deutlich mehr Kinder als zu erwarten gewesen wäre.



**Abbildung 7: Deskriptive Beschreibung der Untertests zur phonologischen Schleife mittels der Kategorien Unterdurchschnittlich (T-Werte  $\leq 43$ ), Durchschnittlich (T-Werte von 44-56) und Überdurchschnittlich (T-Werte  $\geq 57$ )**

Die Ergebnisse weisen auf eine normal ausgeprägte Speicherkomponente der phonologischen Schleife bei Kindern mit einem Hirntumor hin, da sich die Stichprobe sowohl bei der Größe des Speichers, als auch bei der Verarbeitungspräzision nicht signifikant vom Populationsmittelwert unterscheidet. Die Gesamtkapazität der phonologischen Schleife scheint ebenso intakt, da sich der Testwert im Untertest *Ziffernspanne vorwärts* nicht signifikant vom Populationsmittelwert unterscheidet. Dahingegen scheint bei Kindern mit einem Hirntumor die automatische Aktivierung der Rehearsalkomponente aufgrund des fehlenden Wortlängeneffekts beeinträchtigt zu sein.

Die Ergebnisse können aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der Stichproben (insbesondere der Lokalisation) nicht direkt mit vorherigen Studien verglichen werden, trotzdem sollen die Ergebnisse für eine genauere Betrachtung gegenüber gestellt werden. Die Ergebnisse entsprechen zum Teil den Resultaten von Kirschen, et al. (2008). Auch ihre Stichprobe von Kindern mit einem infratentoriellen Tumor wies im Vergleich zu einer Kontrollgruppe eine Beeinträchtigung der automatischen Aktivierung des Rehearsals auf – diese wurde

mittels des Phänomens der artikulatorischen Unterdrückung erhoben –, während die Verarbeitungspräzision nicht beeinträchtigt war. In Bezug auf die Gesamtkapazität unterscheiden sich die Ergebnisse jedoch. Während ihre Stichprobe signifikant schlechtere Leistungen bezüglich der Gesamtkapazität der phonologischen Schleife aufwies, unterscheidet sich diese Stichprobe nicht deutlich vom Populationsmittelwert. Die unauffälligen Ergebnisse bezüglich der Gesamtkapazität decken sich eher mit den Ergebnissen von Micklewright, King, Morris und Morris (2007), welche ebenfalls unauffällige Ergebnisse beschrieben, jedoch nur bei der supratentoriellen Tumorgruppe.

Die Größe des phonetischen Speicher wurde in bisherigen Studien nicht erhoben, sodass die Ergebnisse dieser Studie ersteinmal für sich stehen. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass Kinder mit einem Hirntumor keine Auffälligkeiten bezüglich der Speicherkomponente der phonologischen Schleife aufweisen. Vielmehr deuten die Effektstärke ( $d = 0,43$ ) sowie der Mittelwert ( $\bar{x} = 54,12$ ) auf einen Vorteil, wobei der Mittelwerteunterschied jedoch nicht signifikant ist und die Ergebnisse somit nicht verallgemeinerbar sind.

### **3.1.2. Visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis – visuell-räumlicher Notizblock**

Das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis lässt sich in eine visuell-statische Komponente (visual cache) sowie eine räumlich-dynamische Komponente (inner scribe) unterteilen.

Nach einer anfänglichen Erfassung beider Komponenten<sup>8</sup>, wurde aus ökonomischen Gründen entschieden, lediglich die visuell-statische Komponente des Arbeitsgedächtnisses mithilfe des Untertests *Räumliches Positionieren* aus dem BASIC MLTs zu erheben.

Da frühere Studien die visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisfähigkeiten von Kindern mit einem Hirntumor nicht untersucht haben, sind keine Vermutungen über die Ausprägung der visuell-statischen Komponente und der räumlich-dynamischen Komponente in dieser Population möglich.

---

<sup>8</sup> Die räumlich-dynamische Komponente wurde mittels des Untertests *Farbfolgen* des BASIC MLTs erhoben.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Stichprobe in ihrer Leistung im Untertest *Räumliches Positionieren* ( $\bar{x} = 52,7$ ;  $\sigma = 6,66$ ) nicht signifikant von dem Testwert 50 unterscheidet ( $t(19) = 1,814$ ;  $p=0,086$ ). Es liegt jedoch eine kleine praktische Relevanz vor ( $d = 0,32$ ).

Mit 55 Prozent erreichen die meisten Kinder und Jugendlichen in der Stichprobe ein durchschnittliches Ergebnis. 15 Prozent der Kinder liegen im unterdurchschnittlichen und 30 Prozent im überdurchschnittlichen Bereich. Keines der Kinder in der Stichprobe zeigt eine visuell-statische Arbeitsgedächtnisleistung, die als klinisch auffällig eingestuft wird.

Die Ergebnisse sprechen dafür, dass Kinder mit einem Hirntumor keine Auffälligkeiten bezüglich des visuell-statischen Arbeitsgedächtnisses aufweisen. Die Effektstärke ( $d = 0,32$ ), sowie die deskriptive Analyse der Daten weist im Gegenteil auf einen geringfügigen Vorteil beim Erinnern von Positionen hin. Dieser Vorteil ist jedoch nicht signifikant.

### **3.1.3. Zentrale Exekutive des Arbeitsgedächtnisses**

Die zentrale Exekutive lässt sich theoretisch in folgende vier Funktionsbereiche gliedern: Koordinationskapazität, Steuerung von Abrufstrategien, Aufmerksamkeitslenkung und Manipulation von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis. Die Manipulation von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis sowie die Steuerung von Abrufstrategien ließen sich jedoch noch nicht einzeln operationalisieren.

Um die zentrale Exekutive möglichst umfassend zu erheben wurden die Untertests *Stroop* und *Objektspanne* der AGTB 5-12 und die Untertests *Unmittelbares Reproduzieren-numerisch rückwärts* bzw. *Zahlen nachsprechen rückwärts* aus den Intelligenzbatterien AID2 und HAWIK IV eingesetzt.

Während der Untertest *Stroop* die Aufmerksamkeitslenkung (bzw. selektive Fokussierung) erhebt, fordern die anderen zwei Untertests die Koordination zweier simultaner Anforderungen. Für die Lösung der Aufgabe *Objektspanne* benötigt es jedoch auch noch des selektiven Abrufs von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis sowie der Steuerung von Abrufstrategien.

Bisherige Untersuchungen zur Zentralen Exekutive bei Kindern mit einem Hirntumor haben nur die Koordinationskapazität mittels der Aufgabe Ziffernspanne rückwärts erhoben. Hierbei hat sich gezeigt, dass bei Kindern mit einem infratentoriellen Tumor sowie einer Strahlentherapie die Steuerung von Enkodier- und Abrufstrategien beeinträchtigt zu sein scheint, während bei Kindern mit infratentoriellen Tumor und Operation keine Auffälligkeiten berichtet wurden (Law, et al., 2011). Zudem wiesen Kinder mit einem infratentoriellen Tumor weniger hilfreiche Enkodier- und Abrufstrategien auf, als Kinder mit einem Tumor in der supratentoriellen Region (Patel, Mullins, O'Neil, & Wilson, 2011).

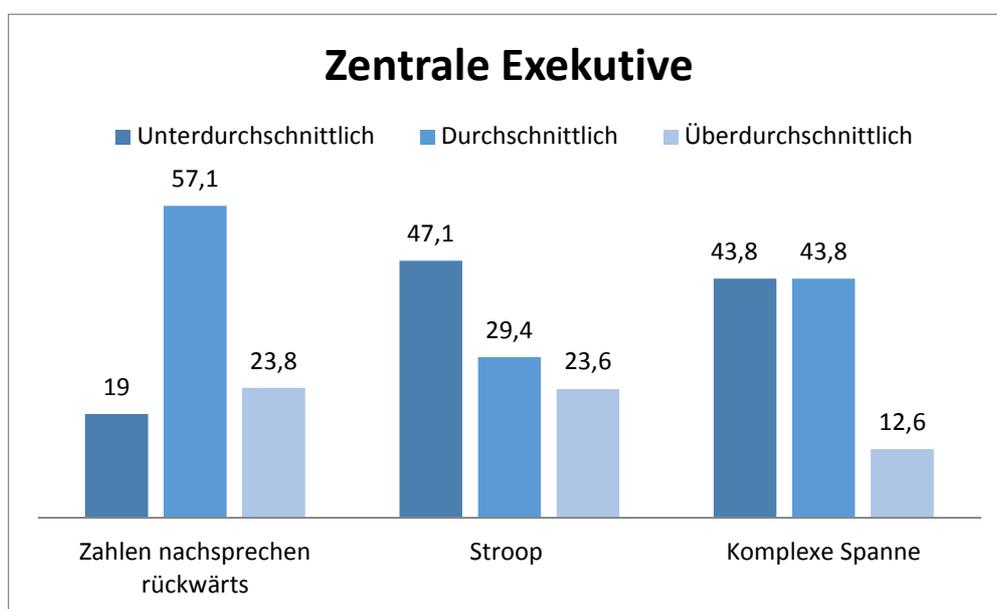
Offen bleibt die Frage, wie die Koordination zweier Aufgaben in einer Gesamtstichprobe von Hirntumorpatienten gelingt und ob bzw. inwiefern sich eine Stichprobe von Hirntumorpatienten/innen hinsichtlich der Aufmerksamkeitslenkung und einer komplexen Merkaufgabe von der Norm unterscheidet.

Wie der Tabelle 15 zu entnehmen ist, unterscheidet sich die Stichprobe in den Untertests zur zentralen Exekutive nicht signifikant vom Testwert 50. Bei den Untertests *Objektspanne* ( $\bar{x} = 46,69$ ;  $\sigma = 9,42$ ) und *Stroop* ( $\bar{x} = 45,94$ ;  $\sigma = 12,61$ ) weisen jedoch die Effektstärken ( $d = 0,34$  und  $d = 0,36$ ) auf einen geringen bedeutsamen Unterschied hin. Aus Abbildung 8 wird ersichtlich, dass im Untertest *Stroop* (47,1 Prozent) mehr Personen ein unterdurchschnittliches Ergebnis erzielen, als zu erwarten wäre. Davon haben mit knapp 30 Prozent die meisten ein klinisch auffälliges Ergebnis. Auch beim Untertest *Objektspanne* (43,8 Prozent) erreichen mehr Personen ein unterdurchschnittliches Ergebnis, wobei 18,8 Prozent der Kinder klinisch auffällige Resultate aufweisen.

Bezüglich der Leistung im Untertest *Ziffernspanne rückwärts* ( $\bar{x} = 49,86$ ;  $\sigma = 11,79$ ) zeigt sich kein signifikanter ( $t(20) = -0,068$ ;  $p = 0,946$ ) oder praktisch bedeutsamer ( $d = 0$ ) Unterschied zum Populationsmittelwert. Mit knapp 57,1 Prozent erreichen die meisten Kinder ein durchschnittliches Ergebnis, wobei 19 Prozent der Stichprobe ein klinisch auffälliges Resultat aufweist (T-Wert < 40).

**Tabelle 15: Ergebnisse der Einstichproben t-Tests zur Überprüfung der Abweichung der drei Untertests zur Zentralen Exekutive mit dem Populationsmittelwert ( $\mu=50$ ) und Effekte der Abweichungen in Einheiten der Standardabweichung ( $\sigma=10$ )**

Zentrale Exekutive	N	Deskriptiv		T-Werte		Sign. (zweiseitig)	Effektstärke (d)
		Mittelwert	SD	T	Mittelwertsdifferenz		
Objektspanne	16	46,69	9,42	-1,406	-3,31	0,180	0,3
Ziffernspanne rückwärts	21	49,86	9,61	-0,068	-0,14	0,946	0,0
Stroop	17	45,94	12,61	-1,327	-4,06	0,203	0,3



**Abbildung 8: Deskriptive Beschreibung der Untertests zur Zentralen Exekutive mittels der Kategorien Unterdurchschnittlich (T-Werte  $\leq 43$ ), Durchschnittlich (T-Werte von 44-56) und Überdurchschnittlich (T-Werte  $\geq 57$ )**

Während die einfache Koordinationskapazität nicht beeinträchtigt zu sein scheint, zeigen die Ergebnisse der Kinder bei einer komplexen Merkaufgabe, die gleich mehrere Funktionen der zentralen Exekutive beansprucht sowie bei der Aufmerksamkeitslenkung einen Unterschied zur Norm auf, wobei die Unterschiede keine Signifikanz aufweisen. Die deskriptive Betrachtung der Daten weist jedoch insbesondere bei der Aufmerksamkeitslenkung auf einen praktisch bedeutsamen Unterschied hin.

Die Ergebnisse bezüglich der einfachen Koordinationskapazität (Ziffernspanne vorwärts) stimmen mit den Ergebnissen von Law, et al. (2011) bezüglich der Stichprobe von Kindern, welche „nur“ mittels Operation behandelt wurden, überein.

### **3.1.4. Episodischer Puffer des Arbeitsgedächtnisses**

Der episodische Puffer ist verantwortlich für die Integration von Informationen aus den Speichersystemen des Arbeitsgedächtnisses und dem Langzeitgedächtnis. Zudem bedarf er der Aufmerksamkeit, welche die Aufnahme der Informationen ermöglicht. Er wird vor allem benötigt, wenn es darum geht kurzfristig kontextgebundene Informationen zu speichern und wieder abzurufen.

Um die Funktionsfähigkeit des episodischen Puffers zu erheben wurde der Untertest *Geschichte Merken* des BASIC MLTs eingesetzt. Einschränkend anzumerken ist jedoch, dass auch andere Fähigkeiten die Leistungen in diesem Untertest determinieren können, wie zum Beispiel die sprachlich-kognitiven Fähigkeiten.

Da bisher bei Kindern mit einem Hirntumor die Leistungsfähigkeit des episodischen Puffers, bzw. das kontextgebundene Merken noch nicht untersucht wurde, sind hierzu keine Annahmen möglich.

Die Stichprobe unterscheidet sich im Untertest *Geschichte Merken* signifikant vom Populationsmittelwert 50 ( $t(20) = -3,036$ ;  $p = 0,007$ ). Der Mittelwert der Stichprobe ( $\bar{x} = 42,19$ ;  $\sigma = 11,79$ ) weist dabei einen bedeutsamen Unterschied zum Populationsmittelwert 50 auf ( $d = 0,72$ ). Mit 57,1 Prozent, zeigen mehr als die Hälfte der Kinder Leistungen im unterdurchschnittlichen Bereich (T-Wert  $\leq 43$ ), wobei 42,9 der 57,1 Prozent klinisch auffällige Ergebnisse aufweisen (T-Wert  $< 40$ , bzw. PR  $< 16$ ). Die andere Hälfte der Stichprobe erreicht mit 33,3 Prozent durchschnittliche (T-Wert 44-56) und 9,5 Prozent überdurchschnittliche Ergebnisse (T-Wert  $\geq 57$ ).

Die Ergebnisse sprechen für eine deutliche Beeinträchtigung des kontextbezogenen Merkens bei Kindern mit einem Hirntumor.

### **3.1.5. Visuelles Lernen**

Beim visuellen Lernen geht es darum, sich in mehreren Lerndurchgängen visuelle Informationen einzuprägen. Um dies zu erfassen, wurde der Untertest *Muster Lernen* des BASIC MLT eingesetzt.

Da frühere Studien das visuelle Lernen von Kindern mit einem Hirntumor nicht untersucht haben, sind keine Vermutungen über diese Fähigkeit in einer solchen Stichprobe möglich.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Stichprobe ( $\bar{x} = 51,32$ ;  $\sigma = 7,29$ ) bezüglich des visuellen Lernens nicht signifikant von dem Testwert 50 unterscheidet ( $t(18)=0,786$ ;  $p=0,442$ ). Die Effektstärke ( $d= 0,15$ ) weist ebenfalls auf keine praktische Relevanz hin. Mit 57,9 Prozent erreichen die meisten Kinder der Stichprobe ein durchschnittliches Ergebnis, während 15,8 Prozent der Kinder unterdurchschnittlich und 26,3 Prozent überdurchschnittlich abschneiden.

Die Ergebnisse sprechen dafür, dass sich Kinder mit einem Hirntumor beim visuellen Lernen nicht signifikant von der Norm unterscheiden.

### **3.1.6. Auditives Lernen**

Analog zum visuellen Lernen geht es beim auditiven Lernen darum, sich akustische Informationen in mehreren Lerndurchgängen einzuprägen. Um das auditive Lernen zu erfassen wurde der Untertests *Wörter Lernen* des BASIC MLTs eingesetzt.

Das auditive Lernen wurde im Gegensatz zu den anderen Bereichen des Gedächtnisses bisher relativ häufig untersucht. Die Ergebnisse der Studien kommen jedoch zu unterschiedlichen Ergebnissen, sodass unklar ist, ob sich Kinder mit einem Hirntumor im auditiven Lernen von der Norm unterscheiden. Außerdem sind die Lernparadigmen nicht direkt vergleichbar, weil in früheren Studien häufig das Lernen von bedeutungsvollen Wörtern (wie Haus, Leiter, ec.) als Lernparadigma genutzt wurde und in dieser Studie das Lernen von Pseudowörtern (wie Purche, Morpf, ec.).

Die Stichprobe unterscheidet sich in diesem Untertest ( $\bar{x} = 51,43$ ;  $\sigma = 12,14$ ) nicht signifikant von dem Testwert 50 ( $t(20)=0,539$ ;  $p=0,596$ ). Auch zeigt sich hinsichtlich des auditiven Lernens kein praktisch relevanter Unterschied ( $d= 0,13$ ). Bei der Analyse der deskriptiven Daten zeigt sich, dass 33,3 Prozent der Kinder durchschnittliche Ergebnisse aufweisen. Mehr als ein Drittel der Kinder (38,1 Prozent) weist unterdurchschnittliche Ergebnisse auf, wobei 14,3 Prozent der Ergebnisse als klinisch auffällig eingestuft werden ( $T\text{-Wert}<40$ ). 28,6 Prozent der Kinder erreichen ein überdurchschnittliches Ergebnis.

Die Ergebnisse sprechen für keine Auffälligkeit bezüglich des auditiven Lernens bei dieser Stichprobe. Dies deckt sich mit den Resultaten von Aarsen, et al. (2009). Da die bisherigen Studienergebnisse zum auditiven Lernen jedoch eher

widersprüchlich sind und auch nicht direkt mit den Ergebnissen dieser Studie, aufgrund des unterschiedlichen Lernparadigmas, vergleichbar sind, lassen sich keine weiteren Schlüsse ziehen.

### 3.1.7. Langzeitgedächtnis Visuell

Der Abruf und das Wiedererkennen von visuellen Informationen aus dem Langzeitgedächtnis wurden mittels der Untertests *Muster Lernen Delay* und *Muster Lernen Wiedererkennung* erhoben. Der freie Abruf und das Wiedererkennen erfolgten dabei nach einer Pause von circa 30 Minuten.

Bisherige Studienergebnisse deuten auf einen Nachteil für Kinder mit einem Hirntumor beim Abruf von visuellen Informationen aus dem Langzeitgedächtnis hin, wobei insbesondere Kinder mit einem infratentoriellen Tumor benachteiligt zu sein scheinen (Aarsen, et al., 2009).

Wie aus Tabelle 16 ersichtlich wird, unterscheidet sich weder der freie Abruf ( $t(16)=1,091$ ;  $p=0,291$ ;  $\bar{x} = 51,88$ ;  $\sigma = 7,11$ ) von zuvor gelernten visuellen Stimuli noch das Wiedererkennen ( $t(16)=-2,35$ ;  $p=0,440$ ;  $\bar{x} = 47,65$ ;  $\sigma = 11,71$ ) signifikant vom Testwert 50.

Das Abrufen der Muster aus dem Gedächtnis gelingt dabei 52,9 Prozent der Kinder altersentsprechend. 11,8 Prozent erreichen ein unterdurchschnittliches und 35,3 Prozent ein überdurchschnittliches Ergebnis. Das Wiedererkennen der Muster gelingt 52,9 Prozent in einem durchschnittlichen Ausmaß, während 29,4 Prozent der Stichprobe unterdurchschnittlich und 17,6 Prozent überdurchschnittlich viele Muster wiedererkennen.

**Tabelle 16: Ergebnisse der Einstichproben t-Tests zur Überprüfung der Abweichung der zwei Untertests zum visuellen Langzeitgedächtnis mit dem Populationsmittelwert ( $\mu=50$ ) und Effekte der Abweichungen in Einheiten der Standardabweichung ( $\sigma=10$ )**

LZG Visuell	N	Deskriptiv		T-Werte		Sign. (zwei-seitig)	Effekt-stärke (d)
		Mittelwert	SD	T	Mittelwertsdifferenz		
Muster lernen Delay	17	51,88	7,11	1,091	1,88	0,291	0,22
Muster lernen Wiedererkennen	17	47,65	11,71	-0,828	-2,35	0,420	0,22

Die Ergebnisse sprechen dafür, dass Kinder mit einem Hirntumor keine Auffälligkeiten bezüglich der Einspeicherung und des Abrufs bei visuellen Informationen aufweisen. Dies steht im Widerspruch zu den Ergebnissen in der Studie von Aarsen, et al. (2009). Dabei muss jedoch auch bedacht werden, dass die Erhebungen mittels unterschiedlicher Tests stattgefunden haben. So wurde in der Studie von Aarsen, et al. (2009) ein Verfahren verwendet (DSS-ROCF Delay für eine nähere Beschreibung siehe Tabelle 6), welches zusätzlich zur Gedächtnisleistung hohe Anforderungen an die visuell-räumliche Wahrnehmung stellt.

### **3.1.8. Langzeitgedächtnis Auditiv**

Der Abruf und das Wiedererkennen von auditiven Informationen aus dem Langzeitgedächtnis wurden mittels der Untertests *Wörter Lernen Delay* und *Wörter Lernen Wiedererkennung* erhoben. Der freie Abruf und das Wiedererkennen erfolgten dabei nach einer Pause von circa 30 Minuten.

Die bisherige Studienlage zur Funktionsfähigkeit des Abrufs sowie des Wiedererkennens von auditiven Informationen aus dem Langzeitgedächtnis ist uneindeutig. Insbesondere was den Abruf von auditiven Informationen betrifft sind die Studienergebnisse widersprüchlich, während hingegen einheitlich berichtet wird, dass das Wiedererkennen besser gelingt als der Abruf von auditiven Informationen. Aber auch hier ist unklar ob das Wiedererkennen zwar besser gelingt als der Abruf, sich jedoch trotzdem im Vergleich zur Norm in negativer Richtung unterscheidet. Anzumerken ist wiederum, dass sich die Abrufparadigmen insofern unterscheiden, als dass frühere Studien bedeutungsvolle Wörter verwendeten, während diese Studie Pseudowörter einsetzte.

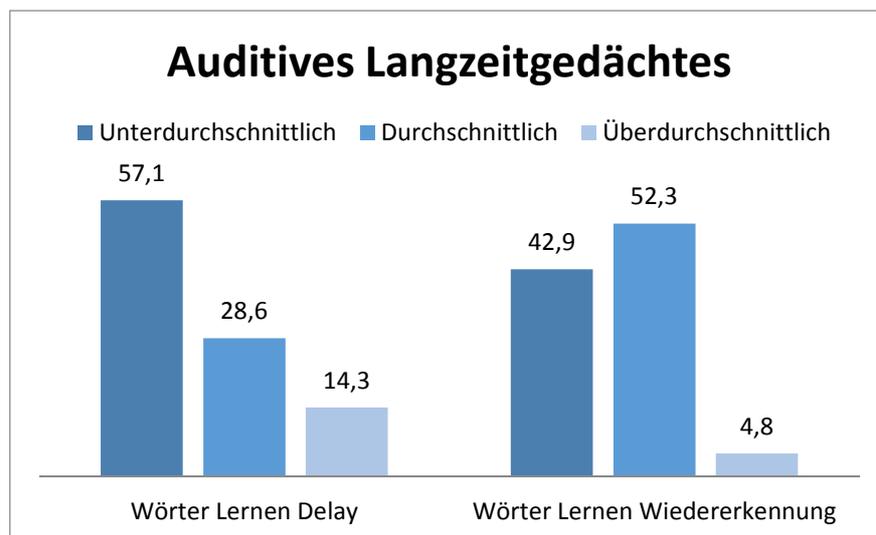
Wie der Tabelle 17 zu entnehmen ist, zeigt der Vergleich des Mittelwerts ( $\bar{x} = 43,05$ ;  $\sigma = 11,42$ ) mit dem Populationsmittelwert 50, dass sich die Stichprobe bezüglich des Wiedererkennens von auditiven Stimuli signifikant von der Norm unterscheidet ( $t(20) = -2,789$ ;  $p = 0,011$ ) und dies mit einer mittleren bis hohen praktischen Relevanz ( $d = 0,65$ ).

Hinsichtlich der freien Wiedergabe der zuvor gelernten auditiven Stimuli ( $\bar{x} = 45,67$ ;  $\sigma = 10,93$ ) unterscheidet sich die Stichprobe nicht signifikant vom Testwert 50

( $t(20)=-1,817$ ;  $p=0,084$ ), wobei die Effektstärke ( $d = 0,41$ ) auf eine kleine bis mittlere praktische Relevanz hinweist.

**Tabelle 17: Ergebnisse der Einstichproben t-Tests zur Überprüfung der Abweichung der zwei Untertests zum auditiven Langzeitgedächtnis mit dem Populationsmittelwert ( $\mu=50$ ) und Effekte der Abweichungen in Einheiten der Standardabweichung ( $\sigma=10$ )**

LZG Auditiv	N	Deskriptiv		T-Werte		Sign. (zweiseitig)	Effektstärke (d)
		Mittelwert	SD	T	Mittelwertsdifferenz		
Wörter lernen Delay	21	45,67	10,93	-1,817	-4,33	0,084	0,41
Wörter lernen Wiedererkennen	21	43,05	11,42	-2,789	-6,95	0,011	0,65



**Abbildung 9: Deskriptive Darstellung der Untertests zum auditiven Langzeitgedächtnis mittels der Kategorien Unterdurchschnittlich (T-Werte  $\leq 43$ ), Durchschnittlich (T-Werte von 44-56) und Überdurchschnittlich (T-Werte  $\geq 57$ )**

Auch anhand von Abbildung 9 wird die praktische Relevanz des Mittelwertunterschieds beim Abrufen von auditiven Informationen ersichtlich, so gelang mehr als der Hälfte der Stichprobe (57,1 Prozent) das Abrufen der Wörter aus dem Gedächtnis unter dem Durchschnitt der Norm, während 28,6 Prozent ein durchschnittliches und 14,3 Prozent ein überdurchschnittliches Ergebnis erzielten. 38,1 Prozent der Stichprobe zeigten beim Abrufen der auditiven Informationen sogar ein klinisch auffälliges Defizit (T-Wert  $< 40$ ) im Vergleich zur Norm. Das Wiedererkennen der Wörter gelang den meisten durchschnittlich gut (52,3 Prozent).

Mit knapp 42,9 Prozent erreichten jedoch mehr Kinder ein unterdurchschnittliches Ergebnis, als zu erwarten gewesen wäre und mit 4,8 Prozent im überdurchschnittlichen Bereich deutlich weniger Kinder als zu erwarten gewesen wäre. Bei 28,6 Prozent der Kinder weist die Wiedererkennungslleistung auf eine klinische Auffälligkeit hin (T-Wert < 40).

Zuletzt stellt sich noch die Frage, ob sich die freie Abrufleistung von auditiven Informationen von der Wiedererkennungslleistung in der Stichprobe unterscheidet.

Dabei zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen der erbrachten Wiedererkennungslleistung und der freien Abrufleistung ( $t(20) = 1,036$ ;  $p = 0,313$ ;  $\bar{x} = 2,62$ ;  $\sigma = 11,59$ ).

Insgesamt lässt sich also aus den Ergebnissen schließen, dass sich insbesondere das Wiedererkennen von auditiven nichtbedeutungsvollen Informationen aus dem Langzeitgedächtnis bei Kindern mit einem Hirntumor von der Norm unterscheidet. Aber auch der Abruf scheint sich in bedeutsamer Weise von der Norm zu unterscheiden, insofern als es Kindern mit einem Hirntumor schwer fällt, gelernte auditive Informationen nach einer Pause wieder frei zu reproduzieren. Der gefundene Unterschied ist zwar bedeutsam, lässt sich jedoch nicht auf die Allgemeinheit der Kinder mit einem Hirntumor übertragen.

Insbesondere die Ergebnisse zum Wiedererkennen unterscheiden sich von bisherigen Studien. So weisen die Ergebnisse in dieser Studie auf keinen Vorteil beim Wiedererkennen im Vergleich zum freien Abrufen hin. Die Ergebnisse sind jedoch aufgrund der unterschiedlichen Verfahren nicht direkt vergleichbar.

### Zusammenfassung der gesamten Ergebnisse zur Fragestellung 1:

Die Ergebnisse des Vergleichs der Gedächtnisleistungen von Kindern mit einem Hirntumor zum Populationsmittelwert weisen auf Defizite bei der automatischen Aktivierung des Rehearsals (UT *Wortspanne einsilbig*), der Funktionsfähigkeit des episodischen Puffers (UT *Geschichte Merken*) und dem Wiedererkennen von auditiven Informationen aus dem Langzeitgedächtnis (UT *Wörter Lernen Wiedererkennung*) bei Kindern mit einem Hirntumor hin. Dies bedeutet, dass Kinder mit einem Hirntumor im Vergleich zu Kindern ohne Auffälligkeiten (Normstichprobe) benachteiligt sind, wenn es darum geht auditive Informationen aufzunehmen, sich kontextbezogene Informationen zu merken oder auditive Informationen wiederzuerkennen.

Außerdem scheinen Kinder mit einem Hirntumor vermehrt Schwierigkeiten beim Abrufen von auditiven Informationen aus dem Langzeitgedächtnis (UT *Wörter Lernen Delay*) sowie bei der Aufmerksamkeitslenkung bei Gedächtnisaufgaben (UT *Stroop*) und der Koordinationskapazität beim Merken von zwei unterschiedlichen Informationen (UT *Objektspanne*) aufzuweisen. Wobei sich bezüglich dieser Leistungen die Unterschiede zur Norm als nicht signifikant erwiesen, jedoch eine praktische Relevanz der Ergebnisse gegeben ist.

Keine auffälligen Unterschiede im Vergleich zum Populationsmittelwerte zeigten sich bezüglich des visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses sowie des visuellen Langzeitgedächtnisses. Ebenso scheinen sich die Speicherfunktion der phonologischen Schleife, sowie ihre Gesamtkapazität nicht von der Norm zu unterscheiden, wie auch das Lernen von auditiven Informationen. Zu beachten sind dabei die geringeren Stichprobengrößen bezüglich der Erhebung des visuellen Langzeitgedächtnisses, und der phonologischen Schleife. Sie schränken die Aussagen bezüglich dieser Gedächtnisleistungen insofern ein, als die möglichen negativen Abweichungen zur Norm unterschätzt werden könnten.

### 3.2. Einfluss des Alters bei Diagnose sowie der Dauer seit Diagnose

Ein junges Alter bei der Diagnose des Tumors sowie die Dauer seit der Diagnose des Tumors haben sich als Risikofaktoren für die kognitive Entwicklung erwiesen. So scheinen sich Beeinträchtigungen bei Kindern und Jugendlichen mit einer zunehmenden Dauer seit der Diagnose zu verfestigen bzw. erst zu zeigen und die Beeinträchtigungen höher zu sein, wenn der Tumor bereits in jüngeren Jahren auftritt. Zu beachten ist dabei, dass die beiden Faktoren inhaltlich miteinander in Beziehung stehen und durch das Zusammenwirken der beiden Faktoren das Risiko einer Beeinträchtigung steigt (Askins & Moore, 2008).

Bisherige Studien zum Gedächtnis haben meist die beiden Einflussfaktoren nicht berücksichtigt. Die Studie von Spiegler, et al. (2004) berichtet jedoch von einem Einfluss der Risikofaktoren der Dauer seit der Diagnose sowie eines jungen Alters bei der Diagnose für das visuelle Gedächtnis bei Kindern mit einem Tumor in der infratentoriellen Region nach einer Bestrahlung, während sich das auditive Gedächtnis nicht mehr mit der Dauer seit der Diagnose verändern zu scheint, aber bereits zu Beginn eine Normwertabweichung aufweist.

Die Frage ist, ob sich die Ergebnisse der Studie von Spiegler et al. (2004) auch auf eine Population von Kindern mit einem Hirntumor übertragen lassen. Demnach ließen sich die festgestellten Beeinträchtigungen des auditiven Gedächtnisses nicht durch das Alter und die Dauer seit der Diagnose erklären<sup>9</sup>.

Wie aus Abbildung 10 ersichtlich wird, weist die Dauer seit der Diagnosestellung eine starke Linksverteilung auf, wobei die durchschnittliche Diagnosedauer 29 Monate zurück lag (Md = 29; QA = 37). Bei circa der Hälfte der Kinder (n=9) wurde die Diagnose des Tumors innerhalb der letzten 12 Monate vor der Gedächtnisstudie gestellt. Bei der anderen Hälfte der Stichprobe (n=8) lag die Diagnose des Tumors zwischen einem Jahr und 5 Jahre zurück. Außerdem gab es zwei Ausreißer bei denen der Zeitpunkt der Erstdiagnose bereits 9 bzw. 15 Jahre zurücklag.

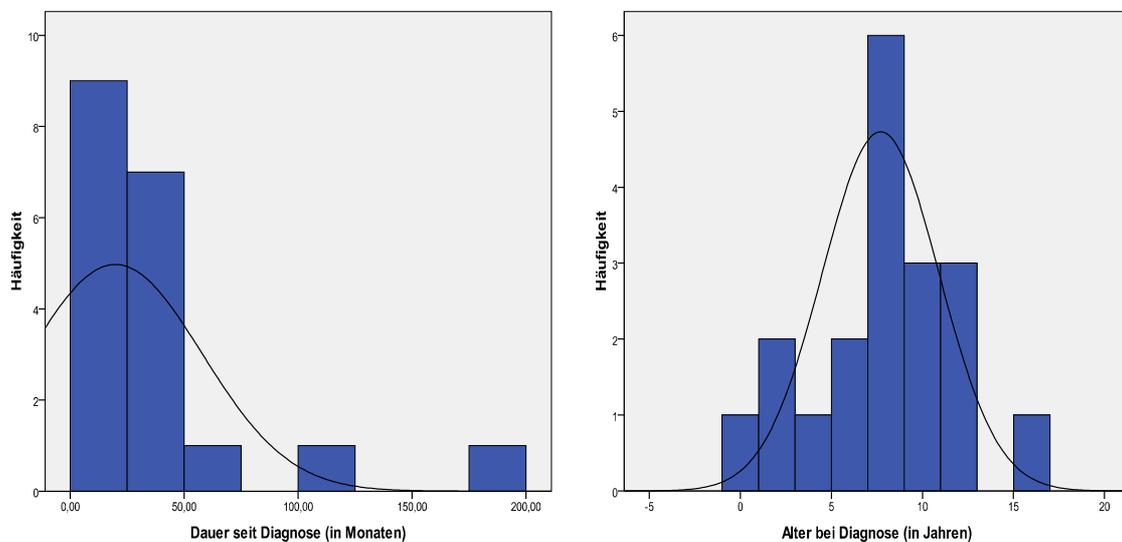
Aufgrund der insgesamt eher kurzen Dauer seit der Diagnose scheint es nicht sinnvoll weitere Analysen bezüglich der vergangenen Dauer seit der

---

<sup>9</sup> Kinder mit NF1 werden bei dieser Fragestellung aus der Analyse ausgeschlossen, da bei ihnen die Erkrankung seit der Geburt besteht und somit das Alter bei sowie die Dauer seit der Diagnose keine Einflussfaktoren darstellen. Somit besteht die untersuchte Stichprobe bezüglich dieser Fragestellung aus 19 Kindern und Jugendlichen.

Diagnosestellung vorzunehmen. So scheint auch eine Unterteilung in zwei Gruppen (Dauer unter einem Jahr und Dauer über einem Jahr) nicht hilfreich, da die meisten Kinder der zweiten Gruppe ebenfalls eine kurze Dauer seit der Diagnose aufweisen, wie aus der Abbildung 10 hervorgeht.

Das durchschnittliche Alter bei Diagnosestellung ist hingegen annähernd normalverteilt (siehe Tabelle 23 im Anhang) mit einem durchschnittlichen Diagnosealter bei sieben Jahren und zehn Monaten ( $\bar{x} = 7,87$ ;  $\sigma = 4,06$ ) und eignet sich somit besser für eine Analyse.



**Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung der vergangenen Dauer seit der Diagnose des Hirntumors (in Monaten) und des Alters bei der Diagnosestellung (in Jahren) (n=21)**

Die Ergebnisse zeigen, dass das Alter bei der Diagnosestellung keinen signifikanten Einfluss auf die Beeinträchtigung bei kontextbezogenen Merkleistungen hat (UT *Geschichte Merken*) ( $F(1) = 0,720$ ;  $p = 0,410$ ). Ebenso scheint das Alter bei der Diagnosestellung nicht die Beeinträchtigung beim Wiedererkennen von Wörtern (UT *Wörter lernen Wiedererkennung*) ( $F(1) = 1,615$ ;  $p = 0,223$ ) bzw. das Defizit der ausbleibenden automatischen Aktivierung des Rehearsals zu erklären (UT *Wortspanne einsilbig*) ( $F(1) = 0,778$ ;  $p = 0,397$ ). So besteht lediglich ein geringer Zusammenhang zwischen dem Alter bei der Diagnose und den Leistungen in den Untertests *Geschichte Merken* ( $r = 0,214$ ), *Wörter Lernen Wiedererkennung* ( $r = -0,312$ ) und *Wortspanne einsilbig* ( $r = -0,257$ ).

Bei der Betrachtung der Ergebnisse muss auch die Verteilung der Dauer seit der Diagnose beachtet werden. So bedeutet dieses Ergebnis lediglich, dass bei Kindern, bei denen zumeist erst vor kurzem ein Hirntumor diagnostiziert wurde das

Alter bei der Diagnose nicht die niedrigeren Leistungen im Vergleich zur Norm erklärt. Offen ist, wie sich das Alter bei der Diagnose auswirkt, wenn die Dauer seit der Diagnose bereits weiter zurückliegt.

### 3.3. Krankheitsbezogene Einflussfaktoren

Bisherige Studien zum Gedächtnis bei Kindern mit einem Hirntumor haben vorrangig die Lokalisation als Einflussfaktor untersucht. Meist wurde dabei zwischen supratentoriellen Tumoren und infratentoriellen Tumoren unterschieden.

Dabei hat sich gezeigt, dass Kinder mit einem infratentoriellen Tumor Nachteile bezüglich der phonologischen Schleife aufweisen im Vergleich zu Kindern mit einem supratentoriellen Tumor. So scheinen Kinder mit einem infratentoriellen Tumor über eine niedrigere Gesamtkapazität der phonologischen Schleife zu verfügen (King, et al., 2004; Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007; Patel, Mullins, O'Neil, & Wilson, 2011). Die Leistung bezüglich weiterer Komponenten der phonologischen Schleife (automatische Aktivierung des Rehearsals, Speicher und Verarbeitungspräzision) wurde bisher noch nicht zwischen den beiden Tumorregionen verglichen.

Das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis sowie der episodische Puffer wurden bei den Studien bisher nicht betrachtet, sodass auch nicht möglich war den Einfluss der Lokalisation zu erheben.

Bezüglich der zentralen Exekutive haben Kinder mit einem supratentoriellen Tumor, laut jetziger Studienlage einen Vorteil gegenüber Kindern mit einem Tumor in der infratentoriellen Region, dabei wurde jedoch lediglich das einfach Behalten, Bearbeiten und Abrufen zwischen den beiden Gruppen verglichen (Patel, Mullins, O'Neil, & Wilson, 2011). Vergleiche bezüglich der Koordinationskapazität und Aufmerksamkeitslenkung stehen noch aus.

Auch bezüglich des Abrufs von visuellen Informationen aus dem Langzeitgedächtnis scheinen Kinder mit einem Tumor in der supratentoriellen Region einen Vorteil gegenüber Kindern mit einem Tumor in der infratentoriellen Region zu haben (Aarsen, et al., 2009). Das Wiedererkennen sowie das Lernen von visuellen Informationen wurden hingegen noch nicht untersucht.

Beim auditiven Lernen und späteren Abrufen der Informationen scheint die Lage umgekehrt. So weisen hier die Kinder mit einem supratentoriellen Tumor schlechtere auditive Lernleistungen sowie eine niedrigere Abruftrate auf, als Kinder mit einem infratentoriellen Tumor (Aarsen, et al., 2009; King, et al., 2004; Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007). Bezüglich des Wiedererkennens von auditiven Informationen aus dem Langzeitgedächtnis scheinen sich die beiden Gruppen jedoch nicht zu unterscheiden (Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007).

Insgesamt deuten die Ergebnisse also auf einen Einfluss der Lokalisation des Tumors auf das Gedächtnis hin insofern, dass die infratentoriellen Tumorgruppe Nachteile in den Bereichen phonologische Schleife, zentrale Exekutive und visuelles Langzeitgedächtnis im Vergleich zur supratentoriellen Tumorgruppe hat, wohingegen sie über einen Vorteil beim auditiven Lernen und Abrufen der auditiven Informationen aus dem Langzeitgedächtnis verfügt.

Weitere Einflussfaktoren wie die Behandlungsart oder tumorbezogene Komplikationen wurden bisher weniger beachtet, was wohl vor allem auf die geringen Stichprobengrößen der Studien zurückzuführen ist.

Bezüglich der Exekutiven Zentrale des Arbeitsgedächtnisses hat sich bisher die Behandlung mit Radiotherapie als Risikofaktor erwiesen (Law, et al., 2011) und bezüglich des auditiven Langzeitgedächtnisses tumorbezogene Komplikationen, wie die Einnahme von Antikonvulsiva bzw. das Vorhandensein von epileptischen Anfällen (Aarsen, et al., 2009). Weitere Einflussfaktoren auf die anderen Gedächtnisbereiche wurden nicht berichtet.

Die unterschiedlichen Ergebnisse der Studien bezüglich mancher Gedächtniskomponenten könnten jedoch auf solche Risikofaktoren zurückzuführen sein. Die Erhebung des Einflusses der Risikofaktoren gestaltet sich jedoch schwierig, da die Einflussfaktoren nicht unabhängig voneinander sind, sondern miteinander in Beziehung stehen. Die Unabhängigkeit der einzelnen Variablen in dieser Studie wurde mittels des exakten Fisher-Tests überprüft.

In Tabelle 18 wird die Verteilung der möglichen Risikofaktoren in der Stichprobe<sup>10</sup> dargestellt. Auch in dieser Stichprobe scheinen die Faktoren auf den ersten Blick nicht unabhängig zu sein. So erhielten in dieser Stichprobe Kinder mit einem supratentoriellen Tumor meist keine Radio- oder Chemotherapie (einer von 7), während bei den Kindern mit einem Tumor in der supratentoriellen Mittellinie oder infratentoriellen Region ungefähr die Hälfte (3 von 5 bzw. 4 von 7) mit einer invasiven Therapie behandelt wurde. Der Zusammenhang zwischen Behandlung und Lokalisation ist allerdings nicht signifikant ( $p = 0,287$ ). Es traten jedoch signifikant häufiger Komplikationen bei Kindern auf, welche mittels Radio- oder

---

<sup>10</sup> Auch bei dieser Fragestellung werden die zwei Kinder mit NF1 aber ohne Hirntumor ausgeschlossen, da die krankheitsbezogenen Einflussfaktoren bei ihnen nicht vorhanden sind. Somit besteht die Stichprobe aus 19 Kindern.

Chemotherapie behandelt wurden (8 von 8), als bei Kindern, welche (noch) nicht mittels dieser behandelt wurden (4 von 11) ( $p = 0,005$ ). Die Lokalisation und die Komplikationen hängen nicht signifikant miteinander zusammen ( $p = 0,708$ ). So traten bei jeweils 4 von 7 Kindern mit einem supratentoriellen bzw. infratentoriellen Tumor Komplikationen auf, wohingegen bei 4 von 5 Kindern mit einem Tumor in der supratentoriellen Mittellinie zumindest eine Komplikation berichtet wurde.

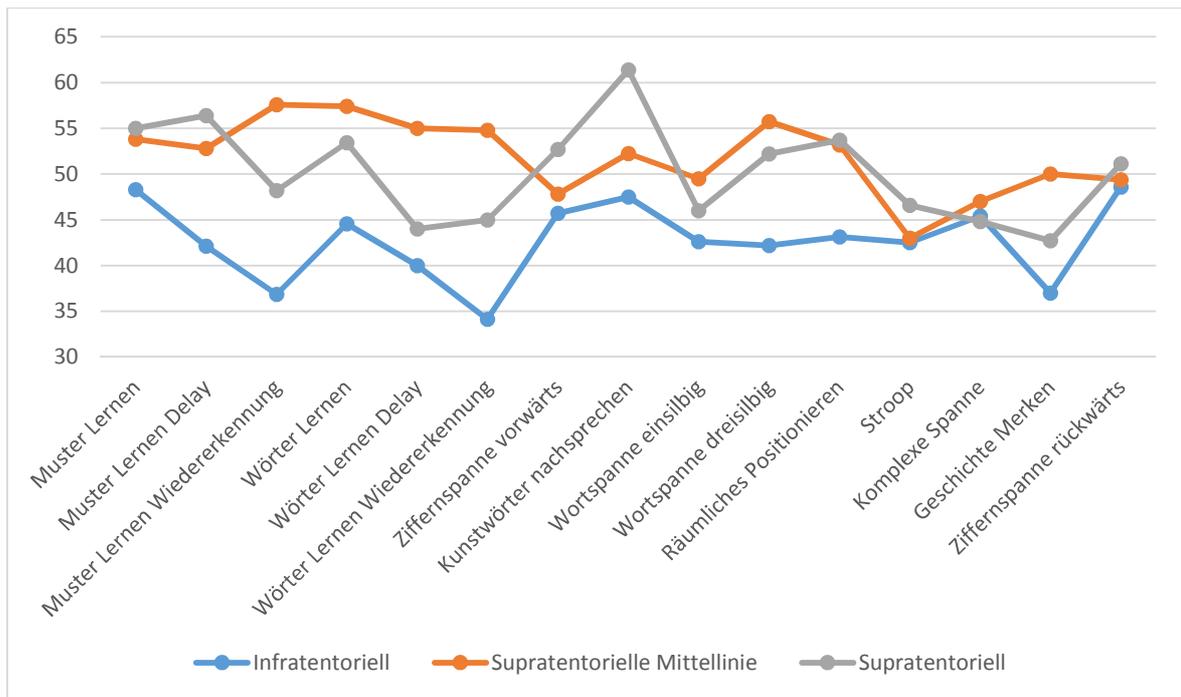
**Tabelle 18: Verteilung der Lokalisation, Behandlung und Komplikationen (mit \* gekennzeichnet) innerhalb der Stichprobe (n=19)**

<i>Lokalisation x Behandlung</i>	<i>OP oder Präoperativ</i>	<i>Behandlung (Radio/Chemotherapie)</i>	<i>Total</i>
<i>Supratentoriell</i>	6 (3*)	1 (1*)	7(4*)
<i>Supratentorielle Mittellinie</i>	2 (1*)	3 (3*)	5 (4*)
<i>Infratentoriell</i>	3 (0*)	4 (4*)	7 (4*)
<i>Total</i>	11 (4*)	8 (8*)	19 (12*)

\* BEI X DAVON ZUSÄTZLICH KOMPLIKATIONEN VORHANDEN, WIE EIN PRÄOPERATIVER HYDROCEPHALUS, METASTASENBILDUNG, TUMORPROGRESSION, EPILEPTISCHE ANFÄLLE UND/ODER ANTIEPILEPTISCHE MEDIKATION

Aufgrund der Verteilung der möglichen Risikofaktoren in dieser Stichprobe sowie der geringen Stichprobengröße ist keine unabhängige Analyse der drei Variablen möglich. Da mögliche Unterschiede jedoch für die Praxis und weitere Forschungshypothesen bedeutend sind, sollen zumindest die Vergleiche der Lokalisationsgruppen bezüglich der Gedächtnisleistungen dargestellt werden, da sich die Lokalisation nicht als signifikant abhängig von den anderen beiden Risikofaktoren erwiesen hat. Die Überprüfung der Unterschiede zwischen den Lokalisationen erfolgte mittels Kruskal-Wallis-Rangvarianzanalysen.

Wie aus Abbildung 11 hervorgeht, scheinen Kinder mit einem infratentoriellen Tumor bezüglich der einzelnen Gedächtnisleistungen im Vergleich mit Kindern, welche einen Tumor supratentoriell oder in der supratentoriellen Mittellinie aufweisen, benachteiligt zu sein. Für eine genauere Betrachtung der Mittelwertunterschiede zwischen den Lokalisationsgruppen dient die Tabelle 25 welche im Anhang zu finden ist. Die Rangvarianzanalysen zeigen, dass sich die Gruppen in den Untertests Muster Lernen Wiedererkennung ( $\chi^2 = 5,75$ ;  $p = 0,049$ ) und Wörter Lernen Wiedererkennung ( $\chi^2 = 12,18$ ;  $p = 0,00$ ) signifikant unterscheiden. Hinsichtlich der anderen Untertests zeigen sich keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 26 im Anhang).



**Abbildung 11: Darstellung der Mittelwerte in den Gedächtnisuntertests anhand der Lokalisationsgruppen Infratentoriell, Supratentorielle Mittellinie und Supratentoriell**

Während das Wiedererkennen von visuellen Informationen aus dem Langzeitgedächtnis bei Kindern mit einem Hirntumor noch nicht in Studien überprüft wurde, unterscheiden sich die Ergebnisse dieser Studie bezüglich dem Wiedererkennen von auditiven Informationen aus dem Langzeitgedächtnis. So berichteten bisherige Studien von keinem Unterschied in Abhängigkeit von der Lokalisation, während sich in dieser Untersuchung die Wiedererkennungslleistung hinsichtlich der Tumorlokalisierung signifikant unterscheidet. Zu beachten gilt jedoch, dass sich das Stimulusmaterial zu vorherigen Studien unterscheidet, insofern dass Kunstwörter und nicht bedeutungsvolle Wörter wiedererkannt werden sollten (für eine genauere Erläuterung siehe Kapitel 3.1.8).

Der allgemeine Trend in dieser Stichprobe entspricht ansonsten den bisherigen Studienergebnissen bis auf die Befunde zum auditiven Lernen und Langzeitgedächtnis. Hier sind die Ergebnisse genau umgekehrt. Auch hier gilt es das unterschiedliche Lernparadigma im Vergleich zu bisherigen Studien zu beachten.

### 3.4. Explorative Betrachtung der Verhaltensprobe

Die Verhaltensprobe wurde explorativ vorgegeben, um Auskunft über längerfristige Gedächtnisleistungen zu erhalten, welche nicht mittels der psychologisch-diagnostischen Verfahren erhoben werden konnten. So gibt es keine Möglichkeit das Langzeitgedächtnis über einen längeren Zeitraum, wie beispielsweise eine Woche, zu erheben. Auch gibt es keine standardisierten Fragebögen, welche Auskunft über das autobiografische Gedächtnis von Kindern geben.

Aus diesem Grund wurde in dieser Studie zusätzlich eine Verhaltensprobe zum auditiven Langzeitgedächtnis durchgeführt sowie Fragen zum autobiografischen Gedächtnis gestellt.

Bei der Konzipierung der Verhaltensprobe waren eine hohe praktische Alltagsrelevanz sowie eine niedrige Schwierigkeit wichtig. Als passend wurde das Merken eines einfachen Passwortes (Nemo1234) vom ersten zum zweiten Testtermin befunden.

Explorativ soll betrachtet werden, inwiefern das Erinnern mit dem Anwenden bzw. Nichtanwenden einer Strategie zusammenhängt und inwiefern das Alter dabei von Bedeutung ist. So stellt der Strategiegebrauch einen wichtigen Motor der Gedächtnisentwicklung dar (siehe dazu Kapitel 4.3). Während im Alter von 5 bis 10 Jahren zahlreiche Strategien erworben jedoch wenig angewandt werden, zeigt sich ab dem Alter von 10 Jahren ein vermehrter sowie verbesserter Strategieeinsatz durch den Gebrauch des Elaborierens (z.B. Eselsbrücken). Demzufolge sollten sich jüngere Kinder von älteren Kindern hinsichtlich des Anwendens von Strategien sowie hinsichtlich des Merkens des Passwortes unterscheiden.

Außerdem wird von einem Zusammenhang zwischen dem Erinnern des Passwortes und den Leistungen im Untertest *Wörter Lernen Delay* ausgegangen, da für das Merken des Passwortes das auditive Langzeitgedächtnis verantwortlich ist. Die Frage ist, ob durch die Verhaltensprobe mehr Kinder als auffällig erkannt werden, als durch die Testung alleine.

Bezüglich der Fragen zum autobiografischen Gedächtnis wurde ebenfalls darauf geachtet, möglichst relevante sowie einfache Fakten zu erheben. Hierbei interessiert, ob die Kinder ihre Adresse, ihren Geburtsmonat, den Namen ihrer Schule sowie ihrer/s Lehrerin/Lehrers nennen können und für welche Altersgruppe,

die Fragen als geeignet erscheinen um Defizite bezüglich des autobiografischen Gedächtnisses aufzuzeigen.

Die Verhaltensprobe wurde bei 20 von 21 Kinder durchgeführt und die Fragen zum autobiografischen Gedächtnis wurden von der gesamten Stichprobe beantwortet. Jenes Kind, bei dem die Verhaltensprobe nicht durchgeführt wurde, hatte lediglich einen Testtermin sodass die Verhaltensprobe nicht durchführbar war. Bei den anderen Kindern lag die Dauer zwischen den beiden Testungen zwischen einem und 28 Tagen. Die Überprüfung von Zusammenhängen erfolgte mittels exakter Fisher-Tests.

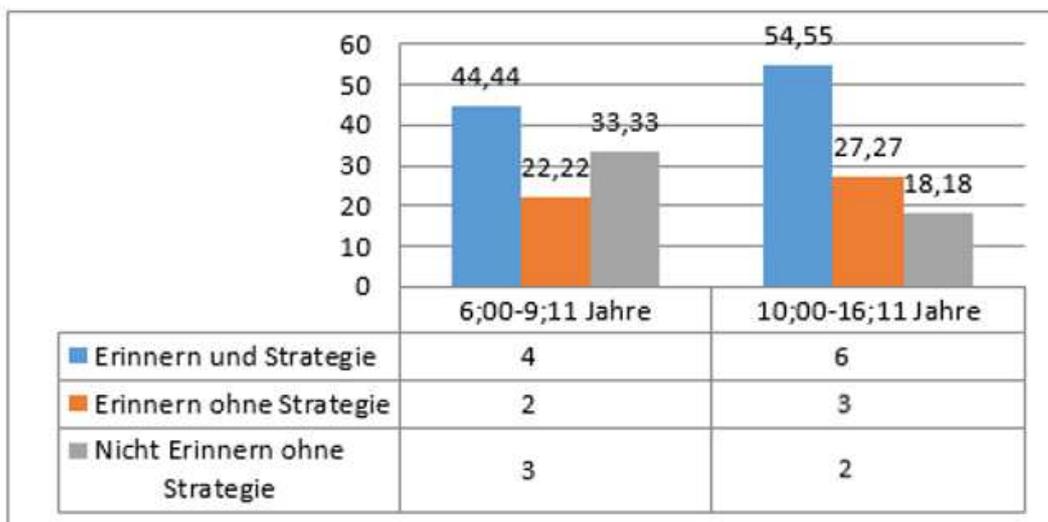
Wie aus Tabelle 19 ersichtlich wird, konnten sich insgesamt 15 der 20 Kinder am zweiten Testtermin an das Passwort erinnern, während 5 es bereits vergessen hatten. Bezüglich dem Einsatz von Strategien, gaben 10 Kinder an eine Strategie verwendet zu haben und 10 Kinder gaben an keine verwendet zu haben. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass alle Kinder die eine Strategie verwendet hatten, sich an das Passwort erinnern konnten (10 von 20), während bei den Kindern die Angaben keine Strategie verwendet zu haben (10 von 20), sich genau die Hälfte an das Passwort erinnerte und die andere Hälfte nicht. Der Zusammenhang zwischen dem Anwenden einer Strategie und dem Erinnern an das Passwort erweist sich dabei als signifikant ( $p = 0,032$ ). Daraus folgt, dass Kinder, welche eine Strategie verwenden, das Passwort eher erinnern, als Kinder die keine Strategie verwenden.

**Tabelle 19: Kreuztabelle Verhaltensprobe „Strategie“ vs. „Erinnern“**

Strategie	Erinnern		Total
	Ja	Nein	
Ja	10	0	10
Nein	5	5	10
Total	15	5	20

Die Dauer zwischen den Testterminen scheint dabei nicht der ursächliche Grund für das Nichterinnern zu sein, da jene 5 Kinder die das Passwort nicht erinnerten eine kürzere Testunterbrechung aufwiesen ( $\bar{x} = 3,6$ ;  $\sigma = 2,7$ ) als jene 15 Kinder die das Passwort erinnerten ( $\bar{x} = 6,9$ ;  $\sigma = 7,3$ ).

Bezüglich des Vergleichs von jüngeren (6 bis 9;11 Jahren) gegenüber älteren Kindern (10 bis 16;11 Jahren) zeigt sich bei der Betrachtung der Abbildung 12, dass in dieser Stichprobe in Relation zur Altersgruppe mehr ältere Kinder Strategien verwendeten und das Passwort erinnerten (54,55 Prozent) als jüngere Kinder (44,44 Prozent). Die jüngeren Kinder verwendeten hingegen seltener Strategien (55,55 Prozent) und scheiterten häufiger beim Erinnern (33,33 Prozent). Jüngere und ältere Kinder unterscheiden sich jedoch nicht signifikant hinsichtlich dem Erinnern an das Passwort ( $p = 0,62$ ) oder dem Einsatz von Strategien ( $p = 1,00$ ).



**Abbildung 12: Vergleich bezüglich des Strategiegebrauchs und dem Erinnern zwischen jüngeren und älteren Kindern (in % und Anzahl)**

Bezüglich dem Zusammenhang der Leistungen im Untertest Wörter Lernen Delay und den Ergebnissen aus der Verhaltensprobe, zeigte sich, dass sich alle Kinder, welche einen unauffälligen Wert im Untertest Wörter Lernen Delay erzielten (9 von 20), an das Passwort erinnern konnten. Von den 11 Kindern die beim Abrufen der gelernten Wörter unterdurchschnittlich abschnitten, konnten sich 6 Kinder an das Passwort erinnern und 5 Kinder nicht. Die Verteilung wird in Tabelle 20 ersichtlich. Daraus folgt ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Leistung in der standardisierten Testung und der Leistung in der Verhaltensprobe ( $p = 0,037$ ). Außerdem wird ersichtlich, dass Kinder, die in der Testdiagnostik unauffällig waren, auch nicht in der Verhaltensprobe auffielen. Die Verhaltensprobe vermochte jedoch nicht alle Kinder zu entdecken, die in der standardisierten Testung als auffällig

erkannt wurden, was vor allem auf die geringe Schwierigkeit der Aufgabenstellung zurückzuführen ist.

**Tabelle 20: Kreuztabelle *Wörter Lernen Delay* vs. Verhaltensprobe „Erinnern“**

<b>Wörter Lernen Delay</b>	<b>Erinnern</b>		<b>Total</b>
	<b>Ja</b>	<b>Nein</b>	
<b>Unauffällig (T-Wert &gt; 43)</b>	9	0	9
<b>Auffällig (T-Wert ≤ 43)</b>	6	5	11
<b>Total</b>	15	5	20

Bezüglich der Fragen zum autobiografischen Gedächtnis zeigte sich, dass alle Kinder den Namen ihrer/s Klassenlehrerin/Klassenlehrers kannten (n=21). Bis auf 3 Kinder konnten alle ihren richtigen Geburtsmonat nennen. Das Wiedergeben der Adresse gelang 3 Kindern nur unvollständig und 2 Kindern gar nicht, während die anderen 16 Kinder ihre Adresse nennen konnten. Am schwersten stellte sich die Frage zum Namen der Schule heraus, wie aus Tabelle 21 ersichtlich wird. So kannten 14 Kinder den Namen ihrer Schule, während 7 Kinder den Namen nicht nennen konnten. Bis auf die Frage zur Schule waren es jeweils die Kinder aus der Altersgruppe von 6 bis 9 Jahren (n=10), welche die Fragen nicht vollständig oder gar nicht beantworten konnten. Hinsichtlich des Schulnamens gelang es 6 Kindern der jüngeren Gruppe den Namen zu nennen und 4 Kindern nicht. Bei den älteren Kindern und Jugendlichen im Alter von 10 bis 16 Jahren (n=11) nannten 8 Kinder den korrekten Namen, während es 3 Kindern nicht gelang den Namen der Schule zu nennen.

Ein Vergleich mit dem Untertest *Wörter Lernen Delay* zeigt, dass jene 3 Kinder, die ihren Geburtsmonat nicht korrekt nennen konnten sowie 4 von 5 Kindern, welche ihre Adresse nicht nennen konnten, auch im auditiven Langzeitgedächtnis Auffälligkeiten aufwiesen (T-Wert ≤ 43). Ein Kind gelang das Abrufen der auditiven Informationen aus dem Langzeitgedächtnis altersgemäß, es konnte jedoch die Adresse nur unvollständig nennen. Bei der Schulfrage gelang es einem Kind aus der jungen Altersgruppe mit altersgemäßem auditivem Langzeitgedächtnis nicht die

Frage zu beantworten, während die anderen 6 Kinder, welche die Frage nicht beantworten konnten, in der standardisierten Testung als auffällig bezüglich ihres auditiven Langzeitgedächtnisses erkannt wurden.

**Tabelle 21: Deskriptive Darstellung des autobiografischen Gedächtnisses in Zusammenhang mit dem Alter und auffälligen Leistungen im Untertest *Wörter Lernen Delay***

Wörter Lernen Delay x Autobiografisches Gedächtnis		06;00-09;11 Jahre			10;00-16;11 Jahre		
		Unauffällig T-Wert > 43	Auffällig T-Wert ≤ 43	Total	Unauffällig T-Wert > 43	Auffällig T-Wert ≤ 43	Total
<b>Name der Klassen- lehrer/in</b>	Ja	4	6	10	5	6	11
	Nein	0	0	0	0	0	0
<b>Geburts- monat</b>	Ja	4	3	7	5	6	11
	Nein	0	3	3	0	0	0
<b>Adresse</b>	Ja	3	2	5	5	6	11
	Teils	1	2	3	0	0	0
	Nein	0	2	2	0	0	0
<b>Name der Schule</b>	Ja	3	3	6	5	3	8
	Nein	1	3	4	0	3	3

Die Überprüfung der dichotomen Merkmale Adresse, Monat und Schule in Bezug auf die Altersgruppen zeigt einen Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Erinnern an die eigene Adresse ( $p = 0,012$ ). Das Nennen des Geburtsmonats ( $p = 0,090$ ) sowie die Beantwortung der Schulfrage ( $p = 0,659$ ) hängen nicht signifikant mit dem Alter zusammen.

Insgesamt zeigt sich, dass die Verhaltensprobe zusätzliche Erkenntnisse liefert. So weisen das Erinnern des Passworts und der Strategiegebrauch einen Zusammenhang auf. Zum anderen zeigt sich, dass die Leistungen bezüglich der beiden Aufgaben (Passwort Erinnern und *Wörter Lernen Delay*) zusammenhängen, was im Einklang mit der theoretischen Beschreibung des Langzeitgedächtnisses steht, welches sowohl für Merkleistungen nach wenigen Minuten, als auch nach mehreren Tagen verantwortlich gemacht wird. Die Verhaltensprobe erkannte jedoch nicht mehr Kinder als auffällig bezüglich ihrem Langzeitgedächtnis, als die

standardisierte Testung. Das Alter wies weder mit dem Strategiegebrauch noch mit dem Erinnern einen signifikanten oder bedeutsamen Zusammenhang auf. Dies steht im Widerspruch zu den Theorien zur Entwicklung des Strategiegebrauchs. Hinsichtlich des autobiografischen Gedächtnisses zeigt sich, dass Fragen zum eigenen Geburtsmonat und der Adresse im unteren Altersbereich (6 bis 9 Jahren) zu differenzieren vermögen, während die Frage zum Namen der Schule auch für die zweite Altersgruppe (10 bis 16 Jahren) von Kindern mit einem Hirntumor als geeignet erscheint.

## 4. Diskussion und Ausblick

In der vorliegenden Diplomarbeit wurde versucht, Gedächtnisleistungen von Kindern mit einem Hirntumor differenziert zu untersuchen. Neben anderen wichtigen Funktionen für den Erwerb von neuem Wissen und Fähigkeiten, wie zum Beispiel der Aufmerksamkeit, ist insbesondere das Gedächtnis eine Fähigkeit, welche bei Kindern mit einem Hirntumor beeinträchtigt zu sein scheint. Bisherige Studien beschrieben jedoch nur einzelne Teilleistungen des Gedächtnisses bei Kindern mit einem Hirntumor, sodass Erkenntnisse zu bestimmten Teilfunktionen noch ausstehen. So mangelt es insbesondere an Studien zum Arbeitsgedächtnis und an Studien zum visuellen Gedächtnis.

Um eine differenzierte Diagnostik des Gedächtnisses zu ermöglichen, wurde eine umfassende Testbatterie aus unterschiedlichen Verfahren zusammengestellt, welche zumeist aufgrund der Angaben der Testautoren, aber auch hinsichtlich theoretischer Überlegungen den Gedächtniskomponenten zugeordnet wurden. Untersucht wurden das Arbeitsgedächtnis mit seinen Subkomponenten sowie das auditive Lernen und Langzeitgedächtnis und das visuelle Lernen und Langzeitgedächtnis. Anzumerken ist jedoch, dass hinsichtlich des episodischen Puffers des Arbeitsgedächtnisses, die Ergebnisse des Untertests wahrscheinlich nicht alleine die Leistungen in diesem Untertest erklären, sondern auch andere Fähigkeiten einen Einfluss haben könnten. Auch die Erfassung der zentralen Exekutive ist noch ein Aufgabengebiet der Diagnostik, welches noch nicht gelöst wurde.

Um Auffälligkeiten der einzelnen Gedächtniskomponenten bei Kindern mit einem Hirntumor zu identifizieren, wurden ihre Leistungen anhand der normierten Verfahren bestimmt und mit dem Populationsmittelwert verglichen.

Die Ergebnisse der Studie sind jedoch hinsichtlich einiger Einschränkungen zu betrachten, welche häufig bei klinischen Stichproben auftreten. So birgt die geringe Stichprobengröße die Gefahr, dass bestehende Effekte nicht erkannt werden. Um dem entgegen zu wirken, wurden die Ergebnisse dieser Studie nicht alleine hinsichtlich der Signifikanz beurteilt, sondern auch anhand ihrer praktischen Relevanz für die Population von Kindern mit einem Hirntumor. Außerdem kam es zu einer Stichprobenreduzierung in manchen Untertests, weil Kinder mit einer schwer invasiven Therapie (Operation, Chemo- und Strahlentherapie) häufiger aus

der Stichprobe fielen, als Kinder mit einer weniger invasiven Therapie (Beobachtung, Präoperativ oder Operation). Dies kann dazu führen, dass relevante Unterschiede nicht erkannt werden und negative Unterschiede zur Norm unterschätzt werden. Diese Einschränkungen sollten im Folgenden mitbeachtet werden.

Hinsichtlich der **phonologischen Schleife**, welche für die Aufnahme und Aufrechterhaltung auditiver Informationen verantwortlich ist und sich in eine Wiederholungskomponente (Rehearsal) und eine Speicherkomponente unterteilt, konnte mittels des Untertests *Wortspanne einsilbig* der AGTB 5-12 ein signifikanter und bedeutsamerer Unterschied bezüglich der automatischen Aktivierung des Rehearsals bei Kindern mit einem Hirntumor im Vergleich zur Norm gezeigt werden. Dies entspricht den Ergebnissen von Kirschen, et al. (2008), welche ebenfalls eine beeinträchtigte automatische Aktivierung des Rehearsals bei Kindern mit einem Hirntumor mittels des Phänomens der artikulatorischen Unterdrückung nachwies.

Bezüglich der Kapazität des Speichers sowie der Genauigkeit der Verarbeitung, welche mittels des Untertests *Kunstwörter nachsprechen* der AGTB 5-12 erhoben wurde, konnte kein signifikanter Unterschied zur Norm dargestellt werden. Dies steht ebenfalls im Einklang mit den Ergebnissen von Kirschen, et al. (2008).

Bezüglich der Gesamtkapazität der phonologischen Schleife weisen die Ergebnisse von Micklewright, King, Morris, & Morris (2007) und Kirschen, et al. (2008) auf einen Einfluss der Lokalisation des Tumors hin, insofern dass Kinder mit einem infratentoriellen Tumor sich von der Norm unterscheiden, im Gegensatz zu Kindern mit einem supratentoriellen Tumor. Bezüglich der erhobenen Gesamtstichprobe wurde kein signifikanter Unterschied in der Gesamtkapazität der phonologischen Schleife im Vergleich mit der Norm festgestellt. Erhoben wurde die Gesamtkapazität der phonologischen Schleife mittels der Merkspannaufgaben (*Zahlen nachsprechen vorwärts* und *Unmittelbares reproduzieren vorwärts*) des HAWIK IV und des AID 2 sowie dem Untertest *Wortspanne dreisilbig* der AGTB 5-12.

Somit wurde bezüglich der phonologischen Schleife nur ein signifikanter und bedeutsamer Unterschied hinsichtlich der automatischen Aktivierung des Rehearsals festgestellt. Welche Bedeutung eine ausschließliche Beeinträchtigung der automatischen Aktivierung der Rehearsals auf die Leistung des Arbeitsgedächtnisses hat, ist bisher noch nicht geklärt. Hasselhorn und Mähler

(2007) stellten ebenfalls ein Ausbleiben der automatischen Aktivierung bei Kindern mit einer Lernbehinderung im Vergleich zu Kindern ihres Intelligenzalters dar. Um die Auswirkung dieses Phänomens jedoch besser einschätzen zu können, bedarf es weiterer Studien, welche das Ausbleiben der automatischen Aktivierung des Rehearsals mit relevanten Lernleistungen in Verbindung setzen.

Der **visuell-räumliche Notizblock**, welcher für die Aufnahme und Aufrechterhaltung visuell-räumlicher Informationen verantwortlich ist und sich, wie auch die phonologische Schleife, in eine Wiederholungskomponente („inner scribe“) und eine Speicherkomponente („visual cache“) unterteilt, wurde in bisherigen Studien nicht untersucht. In dieser Studie konnte mittels des Untertests *Räumliches Positionieren* des BASIC MLT's kein signifikanter oder bedeutsamerer Unterschied bezüglich der Speicherkomponente des visuell-räumlichen Gedächtnisses bei Kindern mit einem Hirntumor im Vergleich zur Norm gezeigt werden. Die räumlich-dynamische Komponente („inner scribe“) wurde aus ökonomischen Gründen nicht erhoben.

Die **zentrale Exekutive** setzt sich aus der Koordinationskapazität, Steuerung von Abrufstrategien, Aufmerksamkeitslenkung und Manipulation von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis zusammen. Es ist jedoch strittig, ob es möglich ist die zentrale Exekutive anhand der einzelnen Komponenten getrennt voneinander zu erheben. Bezüglich der Koordinationskapazität, welche mittels der Merkspannaufgaben (*Zahlen nachsprechen rückwärts* und *Unmittelbares reproduzieren rückwärts*) des HAWIK IV und des AID 2 erhoben wurde, konnte kein signifikanter Unterschied bei Kindern mit einem Hirntumor im Vergleich zur Norm aufgezeigt werden. Dieses Ergebnis steht mit der Studie von Law, et al. (2011) in Einklang, welche zumindest bei Kindern mit einem infratentoriellen Tumor, welche „nur“ mittels einer Operation behandelt wurden, keine signifikante Beeinträchtigung feststellten.

Hinsichtlich der Aufmerksamkeitslenkung, welche mittels des Untertests *Stroop* der AGTB 5-12 erfasst wurde, konnte ein bedeutsamer Unterschied bei Kindern mit einem Hirntumor im Vergleich zur Norm dargestellt werden. Der Unterschied erwies sich jedoch nicht als signifikant. Die ausbleibende Signifikanz könnte zum einen auf die geringe Stichprobengröße zurückzuführen sein, aber auch auf die Stichprobenreduzierung. Da bisher keine Studien zur Aufmerksamkeitslenkung der

Zentralen Exekutive bei Kindern mit einem Hirntumor durchgeführt wurden, können die Ergebnisse dieser Studie nicht zu anderen Studien in Bezug gesetzt werden. Da sich der Unterschied jedoch als bedeutsam erwiesen hat, sind hierzu weitere Studien wünschenswert, welche darlegen, ob die Ergebnisse dieser Studie auf die Allgemeinheit von Kindern mit einem Hirntumor übertragbar sind.

Eine komplexe Merkleistung, welche gleich mehrere Funktionen der zentralen Exekutive beansprucht, wurde bisher ebenfalls noch nicht untersucht. Bezüglich dieser Komponente der Zentralen Exekutive, die mit dem Untertest *Objektspanne* der AGTB 5-12 erhoben wurde, konnte ein bedeutsamer Unterschied zur Norm aufgezeigt werden. Die niedrigere Leistung dieser Stichprobe bezüglich der komplexen Merkspannaufgabe ist jedoch nicht verallgemeinerbar. Auch hier könnte die geringe Stichprobengröße der Grund für eine ausgebliebene Signifikanz sein, ebenso wie die Stichprobenreduzierung. Wünschenswert ist eine weitere Überprüfung anhand einer größeren Stichprobe um etwaige Auffälligkeiten generalisieren zu können.

Insgesamt hat sich bezüglich der zentralen Exekutive gezeigt, dass sich Kinder mit einem Hirntumor hinsichtlich der Koordinationskapazität nicht grundsätzlich von der Norm unterscheiden. Die Aufmerksamkeitslenkung und die komplexe Leistung der zentralen Exekutive scheinen beeinträchtigt, wobei es weiterer Studien bedarf, die diesen Unterschied anhand größerer Stichproben auf Signifikanz überprüfen.

Der **episodische Puffer** ist verantwortlich für das Zusammenspiel von Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis beim Merken von kontextbezogenen Informationen. Seine Funktionstüchtigkeit weist eine besondere praktische Relevanz auf, da diese Fähigkeit schulische Anforderungen widerspiegelt. Jedoch ist es noch nicht gelungen den episodischen Puffer aufgrund seiner Komplexität einwandfrei zu operationalisieren. Die hiergewählte Aufgabe, bezüglich des kontextgebundenen Lernens, die mit dem Untertest *Geschichte Merken* des BASIC MLT's erhoben wurde, erfordert die Leistung des episodischen Puffers, wird jedoch womöglich auch durch sprachlich-kognitive Fähigkeiten determiniert. Hinsichtlich dieser Leistung konnte ein signifikanter und hoch bedeutsamer Unterschied zur Norm festgestellt werden. So wiesen knapp 60 Prozent der Kinder mit einem Hirntumor eine auffällig geringe Fähigkeit beim Merken von kontextgebunden Inhalten auf. Auch wenn die Leistung nicht alleinig dem episodischen Puffer

zuzuordnen sind, ist dieses Ergebnis trotz allem wegweisend, da es eine Leistung erhebt, die im schulischen Kontext von großer Bedeutung ist.

Bezüglich des **auditiven** und **visuellen Lernens**, die mittels der Untertests *Wörter Lernen* und *Muster Lernen* des BASIC MLTs erhoben wurden, konnten keine signifikanten oder bedeutsamen Unterschiede zwischen den Kindern mit einem Hirntumor und der Norm aufgezeigt werden. Dies ist insofern überraschend, da bisherige Studien zum Teil von signifikanten Unterschieden beim auditiven Lernen berichteten (Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007; Nagel, et al., 2006). Da sich jedoch das eingesetzte Lernparadigma dieser Studie von vorherigen Studien unterscheidet, ist fraglich, ob damit das Gleiche gemessen wurde. So wurde in früheren Studien ein Lernparadigma mit bedeutungsvollen Wörter (wie Haus, Leiter, ec.) als Lernmaterial verwendet, während in dieser Studie Pseudowörter (wie Bonk, Wurmel, ec.) als Lernmaterial dienten. Fraglich ist, inwiefern sich die beiden Paradigmen zum Beispiel in Hinsicht auf den Strategiegebrauch unterscheiden. Um dies zu klären, bedarf es weiterer Studien, welche die beiden Lernparadigmen miteinander vergleichen. Auch die Ergebnisse zum visuellen Lernen bei Kindern mit einem Hirntumor sind interessant, da sie aufzeigen, dass Kinder mit einem Hirntumor beim Lernen von visuellen Stimuli – zumindest zu Beginn der Erkrankung – nicht benachteiligt zu sein scheinen und dies somit eine Ressource und Kompensationsstrategie darstellen kann.

Bezüglich des **auditiven** und **visuellen Langzeitgedächtnisses**, die mittels der Untertests *Wörter Lernen Delay*, *Muster Lernen Delay*, *Wörter Lernen Wiedererkennung* und *Muster Lernen Wiedererkennung* erhoben wurden, konnte gezeigt werden, dass Kinder mit einem Hirntumor sich beim freien Abruf und beim Wiedererkennen von visuellen Informationen aus dem Langzeitgedächtnis nicht signifikant oder bedeutsam von der Norm unterscheiden. Dementgegen ließ sich ein signifikanter und bedeutsamer Unterschied beim Wiedererkennen von auditiven Informationen darstellen sowie ein bedeutsamer aber nicht signifikanter Unterschied beim freien Abruf von auditiven Informationen. Die Ergebnisse bezüglich des auditiven Langzeitgedächtnisses unterscheiden sich damit wiederum von bisherigen Studienergebnissen, da diese einen Unterschied bezüglich des freien Abrufs darstellten, während die Wiedererkennungsleistungen einheitlich als besser beschrieben wurden (Aarsen, et al., 2009; Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007; Nagel, et al., 2006). Während somit bisherige Ergebnisse eher auf

eine Abruf- als auf eine Speicherstörung deuten, weisen die Ergebnisse dieser Studie auf eine Speicherstörung hin. Die Ergebnisse sind allerdings nicht direkt vergleichbar, da sich die Verfahren, wie bereits im vorherigen Absatz beschrieben, unterscheiden. Unklar ist, ob mittels der unterschiedlichen Lernparadigmen auch die gleiche Gedächtnisleistung erhoben wird. Hierzu bedarf es weiterer Studien, welche die unterschiedlichen Verfahren miteinander vergleichen und dadurch mehr Auskunft über das auditive Langzeitgedächtnis ermöglichen.

Bezüglich der Verwendung von **Strategien** konnte die explorativ eingesetzte Verhaltensprobe zeigen, dass die Kinder mit einem Hirntumor eine praktisch relevante und einfache Langzeitgedächtnisaufgabe (das Merken eines einfachen Passworts für den Computer) lösen konnten, wenn sie eine Strategie zum Einspeichern und Abrufen verwendeten. Jene Kinder die an der Aufgabe scheiterten, verwendeten hingegen keine Strategie. Bezüglich des Alters konnte kein signifikanter oder bedeutsamer Einfluss auf das Verwenden von Strategien dargestellt werden. Dies ist überraschend, da Entwicklungstheorien (siehe Lepach & Petermann, 2008; Schneider & Büttner, 2008) eine Verbesserung des Strategiegebrauchs ab dem Alter von 10 Jahren beschreiben. Die Stichprobe ist allerdings zu klein, um weitere Schlussfolgerungen daraus zu ziehen. Denkbar wäre ein Strategiedefizit bei Kindern mit einem Hirntumor, was jedoch in weiteren Studien genauer zu untersuchen ist.

Der Einfluss des **Alters bei** und der **Dauer seit der Diagnose** konnte nicht hinreichend untersucht werden, da die meisten Kinder in der Stichprobe eine geringe Dauer aufwiesen und somit eine Verteilung gegeben war, die keine Rückschlüsse zuließ. Das Alter bei der Diagnose hatte keinen signifikanten oder bedeutsamen Einfluss auf die Gedächtnisleistungen. Dieses Ergebnis ist jedoch nur eingeschränkt aussagekräftig, da das Alter bei und die Dauer seit der Diagnose zusammenhängende Faktoren sind. Somit zeigt dieses Ergebnis lediglich, dass bei einer kurz zurückliegenden Diagnose das Alter bei der Diagnosestellung keinen bedeutsamen Einfluss hat. Die Ergebnisse von Spiegler, et al. (2004), welche einen signifikanten Einfluss der Dauer seit der Diagnose (bzw. Behandlung) auf das visuelle Gedächtnis darstellen konnten, jedoch nicht auf das auditive Gedächtnis, weisen somit auf eine Einschränkung bezüglich der beschriebenen Unterschiede zur Norm hin. So zeigen die Ergebnisse dieser Studie lediglich, dass das visuelle Gedächtnis sich anfangs nicht von der Norm unterscheidet, ob jedoch mit der Zeit

ein Unterschied entsteht, ist unklar und bedarf einer Verlaufsuntersuchung. Die Ergebnisse von Spiegler, et al. (2004) sind jedoch insofern fraglich und bedürfen weiterer Untersuchungen, da sie nicht mit bestehenden Entwicklungstheorien zum Gedächtnis im Einklang stehen.

Aufgrund der geringen Stichprobengröße war es nicht möglich den Einfluss der **krankheitsbezogenen Faktoren** (Lokalisation, Behandlung, Komplikationen) auszumachen. Da diese Faktoren zusammenhängen, wird es allgemein schwierig sein, ihre Einflüsse unabhängig voneinander zu beschreiben. Bisherige Studien konzentrierten sich meist auf die Lokalisation und ließen andere Faktoren außer Acht. Aus diesem Grund und da sich die Lokalisation als unabhängig von Behandlung und Komplikation erwies, wurden die Gedächtnisleistungen in Bezug auf die Lokalisation betrachtet. Es zeigten sich signifikante Unterschiede im Wiedererkennen von visuellen und auditiven Informationen aus dem Langzeitgedächtnis zwischen den drei Lokalisationsgruppen. Insgesamt deutet der Trend auf allgemein niedrigere Gedächtnisleistungen bei Kindern mit einem infratentoriellen Tumor. Bisherige Studien konnten signifikant niedrigere Gedächtnisleistungen bezüglich der phonologischen Schleife und der zentralen Exekutive bei Kindern mit einem infratentoriellen Tumor im Vergleich zu Kindern mit einem supratentoriellen Tumor darstellen (King, et al., 2004; Micklewright, King, Morris, & Morris, 2007; Patel, Mullins, O'Neil, & Wilson, 2011). In Bezug auf das auditive Lernen wiesen jedoch die Kinder mit einem supratentoriellen Tumor signifikant niedrigere Lernleistungen auf (King, et al., 2004). Auch hinsichtlich der auditiven Wiedererkennungslleistungen unterscheiden sich die Ergebnisse dieser Studie von bisherigen, da sich in dieser Studie ein signifikanter Unterschied zeigte, während frühere Studien keinen signifikanten Unterschied berichteten. Die unterschiedlichen Ergebnisse bzw. Trends bezüglich dem auditiven Lernen und dem Abruf und Wiedererkennen von auditiven Informationen aus dem Langzeitgedächtnis könnten wiederum auf das unterschiedliche Lernparadigma (Kunstwörter versus bedeutungsvolle Wörter) zurückzuführen sein und bedürfen weiterer Untersuchungen. Die neueren neuroanatomischen Theorien (Levisohn, Cronin-Golomb und Schmahmann, 2000; Markowitsch, 2012; Timmann & Daum, 2007) stimmen mit den bisherigen Studienergebnissen überein. Aufgrund der vielfältigen funktionellen Verzweigungen der neuroanatomischen Verbindungen ist die genaue Zuständigkeit der einzelnen Bereiche für das Gedächtnis jedoch noch

nicht geklärt und es ist fraglich, inwiefern die gefundenen Unterschiede zwischen den Tumorlokalisationen nicht auch durch andere Faktoren zustande kommen. Um diesbezüglich genauere Aussagen treffen zu können, wären Studien wünschenswert, die alle genannten Einflussfaktoren einbeziehen und die Kombinationen untereinander vergleichen.

In Zukunft sollte eine größere Stichprobe von Kindern mit einem Hirntumor betrachtet werden, um genauere Aussagen zu ermöglichen. Um etwaige Einflussfaktoren besser zu verstehen, bedarf es einer Unterscheidung anhand der Behandlungsformen, Komplikationen und der Lokalisationen des Tumors. Insbesondere die Lokalisation scheint ein bedeutsamer Einflussfaktor zu sein, es ist jedoch fraglich, inwiefern sich diese in Kombination mit den unterschiedlichen Behandlungsformen und Komplikationen auswirken.

Auch die Auswirkung der vergangenen Zeit seit der Diagnose und des Alters bei der Diagnose sollten in Bezug auf bestehende Theorien zur Entwicklung des Gedächtnisses untersucht werden. So ist vor allem fraglich, warum das visuelle Gedächtnis anscheinend durch die Dauer seit der Diagnose beeinträchtigt wird, während das auditive Gedächtnis keine Veränderung über die Zeit aufzuweisen scheint. Eine differenzierte Betrachtung der Gedächtnisteilfunktionen bei Kindern mit einem Hirntumor über die Zeit könnte somit wichtige Erkenntnisse liefern.

Zusätzlich stellt sich die Frage, inwiefern sich die unterschiedlichen Lernparadigmen bezüglich der Diagnostik des auditiven Lernens und Langzeitgedächtnisses (Pseudowörter vs. Wörter) unterscheiden und inwiefern diese möglicherweise unterschiedliche Fähigkeiten erheben. Ebenso sollten die Fähigkeiten, welche für die Aufgabe des Geschichte Merkens benötigt werden, genauer analysiert werden, um bezüglich dieser praktisch relevanten Leistung diagnostisch differenzierte Interpretationen zu ermöglichen.

Außerdem sollte der Strategiegebrauch bei Kindern mit einem Hirntumor genauer in Bezug auf das Arbeitsgedächtnis, das Lernen und das Langzeitgedächtnis untersucht werden, um mögliche Defizite im Gebrauch von Strategien, sowie die Auswirkungen zu erkennen.

Wichtig ist auch eine Studie, welche beobachtete Beeinträchtigungen des Gedächtnisses in Bezug auf die Auswirkungen im Alltag und insbesondere in der Schule analysiert.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass Unterschiede zwischen Kindern mit einem Hirntumor im Vergleich zu Norm im Bereich des phonologischen Arbeitsgedächtnisses (automatischen Aktivierung des auditiven Rehearsals), im kontextbezogenen Merken (Episodischer Puffer: Integration von Inhalten aus dem Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis) und im auditiven Langzeitgedächtnis (Wiedererkennen von auditiven Informationen) gezeigt werden können. Praktisch bedeutsame aber nicht signifikante Unterschiede werden im Bereich der zentralen Exekutive des Arbeitsgedächtnisses (Aufmerksamkeitslenkung, Koordination zweier simultaner Aufgaben) und bezüglich des freien Abrufs aus dem auditiven Langzeitgedächtnis dargestellt. Hinsichtlich der visuellen Gedächtnisleistungen (visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis, visuelles Lernen, visuelles Langzeitgedächtnis) und beim auditiven Lernen konnten keine Auffälligkeiten dargestellt werden. Einflussfaktoren wie die Dauer seit der Diagnose, das Alter bei der Diagnose, die Lokalisation, die Behandlungsart und Komplikationen konnten nicht hinreichend analysiert werden und bedürfen weiterer Untersuchungen. Die Verhaltensprobe weist auf die Bedeutsamkeit des Strategiegebrauchs für das Gedächtnis hin und wirft die Frage auf, ob eventuell der Strategiegebrauch bei Kindern mit einem Hirntumor beeinträchtigt ist und wie dieser mit den Gedächtnisleistungen zusammenhängt.

Für die Zukunft wird es wichtig sein, die Validität der Verfahren hinsichtlich der zugeordneten Gedächtnisbereiche zu überprüfen, den Strategiegebrauch bei Kindern mit einem Hirntumor genauer zu betrachten, die Beeinträchtigungen hinsichtlich der Auswirkung im Alltag und in der Schule zu analysieren, sowie die Einflussfaktoren anhand einer größeren Stichprobe zu untersuchen, um genauere Aussagen zu ermöglichen.

### III. Literaturverzeichnis

- Aarsen, F. K., Paquier, P. F., Van Veelen, M.-L., Michiels, E., Lequin, M., & Catsman-Berrevoets, C. E. (2009). Cognitive Deficits and Predictors 3 Years After Diagnosis of a Pilocytic Astrocytoma in Childhood. *Journal of Clinical Oncology*, *27*, 3526-3532.
- Akshoomoff, N., & Courchesne, E. (1992). A new Role for the Cerebellum in Cognitive Operations. *Behavioral Neuroscience*, *106*, 731-738.
- Alloway, T., & Alloway, R. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, *106*, 20-29.
- Askins, M., & Moore, B. (2008). Preventing Neurocognitive Late Effects in Childhood Cancer Survivors. *Journal of Childhood Neurology*, *23*, 1160-1171.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 417-423.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working Memory. In G. H. Bower, *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory* (S. 47-89). New York: Academic Press.
- Bahrnick, L., Gogate, L., & Ruiz, I. (2002). Attention and Memory for Faces and Actions in Infancy: The Salience of Actions over Faces in Dynamic Events. *Child Development*, *73*, 1629-1643.
- Bahrnick, L., Hernandez-Reif, M., & Pickens, J. (1997). The Effect of Retrieval Cues on Visual Preferences and Memory in Infancy: Evidence for a Four-Phase Attention Function. *Journal of Experimental Child Psychology*, *67*, 1-20.
- Bäumler, G. (1985). *Farbe-Wort-Interferenztest nach J.R. Stroop*. Göttingen: Hogrefe Verlag.
- Benton, A., Benton-Sivan, A., Spreen, O., & Steck, P. (2009). *Der Benton-Test*. Bern: Huber.
- Berk, L. (2011). *Entwicklungspsychologie*. München: Pearson.
- Bernstein, J. H., & Waber, D. P. (1996). *Developmental Scoring System for the Rey-Osterrieth Complex Figure (DSS-ROCF)*. Lutz: Psychological Assessment Resources.

- Berti, S. (2010). Arbeitsgedächtnis: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft eines theoretischen Konstruktes. *Psychologische Rundschau*, 61, 3-9.
- Calabrese, P., Lang, C., & Förstl, H. (2011). Gedächtnisfunktionen und Gedächtnisstrukturen. In H. Förstl, *Gedächtnis* (S. 11-24). Heidelberg: Springer Verlag.
- Cowan, N. (1998). Visual and auditory working memory capacity. *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 77-78.
- Cowan, N. (1999). An embedded-process model of working. In A. Miyake, & P. Shah, *Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control* (S. 62-101). Cambridge: Cambridge University Press.
- Daneman, M., & Merikle, P. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 422-433.
- Darling, S., Sala, S., & Logie, R. (2009). Dissociation between appearance and location within visuo-spatial working memory. *The quarterly journal of experimental psychology*, 62, 417-425.
- Dennis, M., Hetherington, C., & Spiegler, B. (1998). Memory and attention after childhood brain tumors. *Medical and Pediatric Oncology, Supplement 30*, 25-33.
- Einecke, B., Woerner, W., & Hasselhorn, M. (2012). Funktionstüchtigkeit des phonologischen Arbeitsgedächtnisses bei blinden Kindern im Grundschulalter. In M. Hasselhorn, & C. Zoelch, *Funktionsdiagnostik des Arbeitsgedächtnisses* (S. 133-144). Göttingen: Hogrefe.
- Feiden, S., & Feiden, W. (2008). WHO-Klassifikation der ZNS-Tumore. *Pathologe*, 29, 411-421.
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS. Third Edition*. London: SAGE Publications Ltd.
- Foppa, K. (2000). Gedächtnis und Lernen: Über die komplizierte Beziehung zweier Verwandter. *Zeitschrift für Psychologie*, 208, S. 271-283.
- Gadner, H., Gaedicke, G., Niemeyer, C., & Ritter, J. (2006). *Pädiatrische Hämatologie und Onkologie*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Gathercole, S., Pickering, S., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology, 40*, S.177-190.

Gesellschaft für Neuropsychologie (GNP). (2012). Diagnostik und Therapie von Gedächtnisstörungen. In Diener, H., & C. Weimar, *Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie* (S. 1112-1133). Stuttgart: Thieme Verlag.

Gnekow, A. (2013). Gliome niedrigen Malignitätsgrades im Kindes- und Jugendalter. Interdisziplinäre Leitlinie der Deutschen Krebsgesellschaft und der Gesellschaft für Pädiatrische Onkologie und Hämatologie 2008. [http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/025-024l\\_S1\\_Gliome\\_niedrigen\\_Malignit%C3%A4tsgrades\\_Kindesalter\\_Jugendalter\\_2013-06.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/025-024l_S1_Gliome_niedrigen_Malignit%C3%A4tsgrades_Kindesalter_Jugendalter_2013-06.pdf), last modified date: 01.06.2013.

GPOH, G. f. (2013). *Kraniopharyngeom im Kindes- und Jugendalter*. Von Leitlinien der Gesellschaft für pädiatrische Onkologie und Hämatologie: [http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/025-026l\\_S1\\_Kraniopharyngeom\\_Kindesalter\\_Jugendalter\\_2013-06.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/025-026l_S1_Kraniopharyngeom_Kindesalter_Jugendalter_2013-06.pdf), last modified date: 01.06.2013.

Grube, D. (2006). *Entwicklung des Rechnens im Grundschulalter: Basale Fertigkeiten, Wissensabruf und Arbeitsgedächtniseinflüsse*. Münster: Waxmann.

Grube, D., Lingen, M., & Hasselhorn, M. (2008). Entwicklung des phonologischen Arbeitsgedächtnisses. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 40*, 200-207.

Gruber, T. (2011). *Gedächtnis*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

Hartshorn, K., Rovee-Collier, C., Gerhardstein, P., Bhatt, S., Wondoloski, T., Klein, P., Gilch, J., Wurtzel, N., & Campos-de-Carvalho, M. (1998). The ontogeny of long-term memory over the first year-and-a-half of life. *Developmental Psychobiology, 32*, 69-89.

Hasselhorn, M., & Gold, A. (2009). Erfolgreiches Lernen als gute Informationsverarbeitung. In M. Hasselhorn, & A. Gold, *Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren* (S. 68). Stuttgart: Kohlhammer.

Hasselhorn, M., & Mähler, C. (2007). Phonological Working Memory of Children in Two German Special Schools. *International Journal of Disability, Development and Education*, 54, 225-244.

Hasselhorn, M., & Zoelch, C. (2012). *Funktionsdiagnostik des Arbeitsgedächtnisses*. Göttingen: Hogrefe.

Hasselhorn, M., Grube, D., & Mähler, C. (2000). Theoretisches Rahmenmodell für ein Diagnostikum zur differentiellen Funktionsdiagnostik des phonologischen Arbeitsgedächtnisses. In M. Hasselhorn, W. Schneider, & H. Marx, *Diagnostik von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten. Tests und Trends. Jahrbuch der pädagogisch-psychologischen Diagnostik* (S. 174). Göttingen: Hogrefe.

Hasselhorn, M., Mähler, C., Grube, D., Büttner, G., & Gold, A. (2010). Die Rolle von Gedächtnisdefiziten bei der Entstehung schulischer Lern- und Leistungsstörungen. In H. Trollenier, W. Lenhard, & P. Marx, *Brennpunkte der Gedächtnisforschung: Entwicklungs- und pädagogisch-psychologische Perspektiven* (S. 247-259). Göttingen: Hogrefe.

Hasselhorn, M., Schumann-Hengsteler, R., Gronauer, J., Grube, D., Mähler, C., Schmid, I., Seitz-Stein, K., Zoelch, C. (2012). *Arbeitsgedächtnistestbatterie für Kinder von 5 bis 12 Jahren (AGTB)*. Göttingen: Hogrefe.

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

Hildreth, K., & Rovee-Collier, C. (2002). Forgetting functions of reactivated memories over the first year of life. *Developmental Psychobiology*, 41, 277-288.

Horst, J., Oakes, L., & Madole, K. (2005). What Does It Look Like and What Can It Do? Category Structure Influences How Infants Categorize. *Child Development*, 76, 614-631.

Hünnerkopf, M., Hasselhorn, M., & Schneider, W. (2006). Strategiemodell vs. Optimierungsmodell. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 38, 110-120.

Kaatsch, P., & Grabow, D. (2012). Die deutsche Kohorte Langzeitüberlebender nach Krebs im Kindesalter. *Bundesgesundheitsblatt* 2012, 55, 843-851.

- Kaatsch, P., & Spix, J. (2012). *German Childhood Cancer Registry - Annual Report 2011 (1980-2010)*. Mainz: Biostatistics, Epidemiology and Informatics (IMBEI) at the University Medical Center of the Johannes Gutenberg University.
- Kail, R. (1991). Processing Time Declines Exponentially During Childhood and Adolescence. *Developmental Psychology*, *27*, 259-266.
- King, T. Z., Fennell, E. B., Williams, L., Algina, J., Boggs, S., Crosson, B., & Leonard, C. (2004). Verbal memory abilities of children with brain tumors. *Child Neuropsychology*, *10*, 76-88.
- Kirschen, M., Davis-Ratner, M., Milner, M., Chen, A., Schraedley-Desmond, P., Fisher, P., & Desmond, J. (2008). Verbal memory impairments in children after cerebellar tumor resection. *Behavior Neurology*, *20*, 39-53.
- Kompetenznetz Pädiatrische Onkologie und Hämatologie - KPOH. (2013). [http://www.kinderkrebsinfo.de/index\\_ger.html](http://www.kinderkrebsinfo.de/index_ger.html), last modified 17.07.2013.
- Krab, L., Aarsen, F., Goede-Bolder, A., Catsman-Berrevoets, C., Arts, W., Moll, H., & Elgersam, Y. (2008). Impact of Neurofibromatosis Type 1 on School Performance. *Journal of Child Neurology*, *23*, 1002-1010.
- Kramm, C., Rausche, U., Butenhoff, S., Kühnöl, C., Kunze, C., Kortmann, R., Wolff, J., & van Gool, S. (2008). Hochmaligne Tumore im Kindes- und Jugendalter. *Monatsschrift Kinder- und Jugendheilkunde*, *156*, 1201-1207.
- Kubinger, K. (2009). *Adaptives Intelligenz Diagnostikum 2 (Version 2.2)*. Göttingen: Beltz Verlag.
- Law, N., Bouffet, E., Laughlin, S., Laperierre, N., Briere, M., Strother, D., . . . Mabbott, D. (2011). Cerebello–thalamo–cerebral connections in pediatric brain tumor patients: Impact on working memory. *NeuroImage*, *56*, 2238–2248.
- Lehrner, J., & Brenner-Walter, B. (2012). Gedächtnisstörungen. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, W. Stubreither, & I. Kryspin-Exner, *Klinische Neuropsychologie. Grundlagen, Diagnostik, Rehabilitation* (S. 541-560). Wien: Springer.
- Lepach, A. (2003). *Training für Kinder mit Gedächtnisstörungen : das neuropsychologische Einzeltraining REMINDER*. Göttingen: Hogrefe.
- Lepach, A., & Peterman, F. (2007). Gedächtnisstörungen. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, *155*, 753-763.

- Lepach, A., & Petermann, F. (2008). *Merk- und Lernfähigkeitstest für 6- bis 16-Jährige (BASIC-MLT)*. Göttingen: Hogrefe.
- Lepach, A., Petermann, F., & Schmidt, S. (2007). Neuropsychologische Diagnostik von Merk- und Lernstörungen mit der MLT-C. *Kindheit und Entwicklung*, 16, 16-26.
- Levisohn, L., Cronin-Golomb, A., & Schmahmann, J. (2000). Neuropsychological consequences of cerebellar tumour resection in children. Cerebellar cognitive affective syndrom in children. *Brain*, 123, 1041-1050.
- Lockl, K., & Schneider, W. (2003). Metakognitive Überwachungs- und Selbstkontrollprozesse bei der Lernzeiteinteilung von Kindern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17, 173-183.
- Logie, R. (2011). The Functional Organization and Capacity Limits of Working Memory. *Current Directions in Psychological Science*, 20, 240-245.
- Logie, R., & Pearson, D. (1997). The Inner Eye and the Inner Scribe of Visuo-Spatial Working Memory: Evidence from Developmental Fractionation. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9, 241-257.
- Louis, D., Ohgaki, H., Wiestler, O., Cavenee, W., Burger, P., Jouvett, A., Scheithauer, B., Kleihues, P. (2007). The 2007 WHO Classification of Tumours of the Central Nervous System. *Acta Neuropathologica*, 114, 97-109.
- Mähler, C., & Hasselhorn, M. (2003). Automatische Aktivierung des Rehearsalprozesses im phonologischen Arbeitsgedächtnis bei lernbehinderten Kindern und Erwachsenen. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie*, 17, 255-260.
- Mähler, C., & Schuchardt, K. (2012). Die Bedeutung der Funktionstüchtigkeit des Arbeitsgedächtnisses für die Differentialdiagnostik von Lernstörungen. In M. Hasselhorn, & C. Zoelch, *Funktionsdiagnostik des Arbeitsgedächtnisses* (S. 59-76). Göttingen: Hogrefe.
- Markowitsch, H. (2009). *Das Gedächtnis. Entwicklungen, Funktionen, Störungen*. München: C. H. Beck oHG.
- Markowitsch, H. (2012). Neuroanatomie und Störungen des Gedächtnisses. In H.-O. Karnath, & P. Thier, *Kognitive Neurowissenschaften* (S. 553-556). Berlin: Springer Verlag.

Medizinische Fachgesellschaften Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen (AWMF). (2011). *Hirntumoren im Kindes- und Jugendalter: Leitsymptome und Diagnostik*. Von AWMF- Leitlinien Register Nr. 025/022. Stand 09/ 2010.: [www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/025-022l\\_S1\\_Hirntumoren.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/025-022l_S1_Hirntumoren.pdf), last modified 02.02.2011.

Meyers, J., & Meyers, K. (1996). *Rey Complex Figure Test and Recognition Trial (RCFT)*. PAR.

Micklewright, J. L., King, T. Z., Morris, R. D., & Morris, M. K. (2007). Attention and memory in children with brain tumors. *Child Neuropsychology*, *13*, 522-527.

Mitby, P., Robinson, L., & Whitton, J. (2003). Utilization of special education services and educational attainment among long-term survivors of childhood cancer: A report from the childhood cancer survivor study. *Cancer*, *97*, 1115-1126 .

Moore, B. (2005). Neurocognitive Outcomes in Survivors of Childhood Cancer . *Journal of Pediatric Psychology*, *30*, 51-63.

Mulhern, R., Kepner, J., Thomas, P., Armstrong, F., Friedman, H., & Kun, L. (1998). Neuropsychologic functioning of survivors of childhood medulloblastoma randomized to receive conventional or reduced-dose craniospinal irradiation: a Pediatric Oncology Group study. *Journal of Clinical Oncology*, *16*, 1723-1728.

Mulhern, R., Merchant, T., & Gajjar, A. (2004). Late neurocognitive sequelae in survivors of brain tumours in childhood. *Lancet Oncology*, *5*, 399-408.

Nagel, B., Delis, D., Gajjar, A., Mulhern, R., Palmer, S., & Reeves, C. (2006). Early Patterns of Verbal Memory Impairment in Children Treated. *Neuropsychology*, *20*, 105–112.

Nathan, P., Patel, S., & Dilley, K. (2007). Guidelines for identification of, advocacy for, and intervention in neurocognitive problems in survivors of childhood cancer: A report from the Children's Oncology Group. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, *161*, 798-806.

Packer, R., Sutton, L., & Atkins, T. (1989). A prospective study of cognitive function in children receiving whole-brain radiotherapy and chemotherapy: 2-years results. *Journal of Neurosurgery*, *70*, 707-713.

- Pascalis, O., de Haan, M., Nelson, C., & de Schonen, S. (1998). Long-Term Recognition Memory for Faces Assessed by Visual Paired Comparison in 3- and 6-Month-Old Infants. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 24, 249-260.
- Patel, S., Mullins, W., O'Neil, S., & Wilson, K. (2011). Neuropsychological differences between survivors of supratentorial and infratentorial brain tumours. *Journal of Intellectual Disability Research*, 55, 30-40.
- Petermann, F., & Petermann, U. (2010). *Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder - IV (HAWIK-IV)*. Göttingen : Hogrefe.
- Pinel, J., & Pauli, P. (2007). *Biopsychologie*. München: Pearson Studium.
- Reimers, T., Ehrenfels, S., & Mortensen, E. (2003). Cognitive deficits in long-term survivors of childhood brain tumors: identification of predictive factors. *Medical and Pediatric Oncology*, 40, 26-34.
- Reyna, V., & Brainerd, C. (1995). Fuzzy-Trace Theory: An interim synthesis. *Learning and Individual Differences*, 7, 1-75.
- Ris, D., & Noll, R. (1994). Long-term neurobehavioral outcome in pediatric brain-tumor patients: review and methodological critique. *Journal of Clinical Experimental Neuropsychology*, 16, 21-24.
- Rovee-Collier, C. (1999). The Development of Infant Memory . *Current Directions in Psychological Science*, 8, 80-85.
- Rupp, B. (2010). IQ und kognitive Leistungen von pädiatrischen PatientInnen mit Medulloblastom. Unveröffentlichte Diplomarbeit: Universität Wien.
- Schellig, D., Drechsler, R., Heinemann, D., & Sturm, W. (2009). *Handbuch neuropsychologischer Testverfahren. 1. Aufmerksamkeit, Gedächtnis und exekutive Funktionen*. Göttingen: Hogrefe.
- Schmid, C., Zoelch, C., & Roebers, C. (2008). Das Arbeitsgedächtnis von 4- bis 5-jährigen Kindern. Theoretische und empirische Analyse seiner Funktionen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 40, 2-12.
- Schmid, I. (2011). *Arbeitsgedächtnis und Schulleistungen in Mathematik und Schriftsprache bei älteren Grundschulern*. Unveröffentlichte Dissertation: Georg-August-Universität Göttingen.

- Schneider, W., & Berger, N. (2014). Gedächtnisentwicklung im Kindes- und Jugendalter. In L. Ahnert, *Theorien in der Entwicklungspsychologie* (S. 202-233). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Schneider, W., & Büttner, G. (2008). Entwicklung des Gedächtnisses bei Kindern und Jugendlichen. In R. Oerter, & L. Montada, *Entwicklungspsychologie* (S. 480-501). Weinheim Basel : Beltz.
- Schneider, W., & Pressley, M. (1997). Metamemory. In W. Schneider, & M. Pressley, *Memory Development between two and twenty* (S. 192-230). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schneider, W., & Sodian, B. (1997). Memory Strategy Development: Lessons from Longitudinal Research. *Developmental Review, 17*, 442-461.
- Schuchardt, K. (2008). *Arbeitsgedächtnis und Lernstörungen. Dissertation.* Unveröffentlichte Dissertation: Georg-August-Universität Göttingen.
- Schuchardt, K., Kunze, J., Grube, D., & Hasselhorn, M. (2006). Arbeitsgedächtnisdefizite bei Kindern mit schwachen Rechen- und Schriftsprachleistungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 20*, 261-268.
- Seitz-Stein, K., Schumann-Hengsteler, R., Zoelch, C., Grube, D., Mähler, C., & Hasselhorn, M. (2012). Diagnostik der Funktionstüchtigkeit des Arbeitsgedächtnisses bei Kindern zwischen 5 und 12 Jahren: Die Arbeitsgedächtnisbatterie AGTB 5-12. In M. Hasselhorn, & C. Zoelch, *Funktionsdiagnostik des Arbeitsgedächtnisses* (S. 1-22). Göttingen: Hogrefe.
- Shing, Y., Werkle-Bergner, M., Brehmer, Y., Müller, V., Li, S., & Lindenberger, U. (2010). Episodic memory across the lifespan: The contributions of associative and strategic components. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 34*, 1080-1091.
- Slavc, I., Peyrl, A., & Azizi, A. (2012). Primäre ZNS-Tumore im Kindes- und Jugendalter. *Pädiatrie & Pädologie, 47*, 8-11.
- Spiegler, B., Bouffet, E., Greenberg, M., Rutka, J., & Mabbott, D. (2004). Change in Neurocognitive Functioning After Treatment With Cranial Radiation in Childhood. *Journal of Clinical Oncology, 22*, 706-713.

- Statistik Austria. (2013). *Krebserkrankungen - Gehirn, Zentralnervensystem*. Von [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/gesundheit/krebserkrankungen/gehirn\\_ze\\_ntralnervensystem/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/gesundheit/krebserkrankungen/gehirn_ze_ntralnervensystem/index.html), last modified date: 14.11.2013
- Tallen, G., Henze, G., Creutzig, U., Dworzak, M., & Klingebiel, T. (2009). Auswirkungen der EU-Direktive für klinische Studien auf Kinder und Jugendliche mit Krebserkrankung in Europa. *Forum 2010*, 25, 42–48.
- Thallen, G. (2011). *Was ist Krebs?* [http://www.kinderkrebsinfo.de/patienten/fragen\\_zu\\_krebs/was\\_ist\\_krebs/index\\_ger.html](http://www.kinderkrebsinfo.de/patienten/fragen_zu_krebs/was_ist_krebs/index_ger.html), last modified date: 15.03.2011.
- Thallen, G. (2012). *Was ist ein solider Tumor?* [http://www.kinderkrebsinfo.de/patienten/fragen\\_zu\\_krebs/was\\_ist\\_ein\\_solider\\_tumor/index\\_ger.html](http://www.kinderkrebsinfo.de/patienten/fragen_zu_krebs/was_ist_ein_solider_tumor/index_ger.html), last modified date: 11.07.2012.
- Thallen, G., & Yiallourous, M. (2011). *Therapieoptimierungsstudien - was ist das?* [http://www.kinderkrebsinfo.de/patienten/behandlung/pohkinderkrebsinfotherapiestudien/index\\_ger.html](http://www.kinderkrebsinfo.de/patienten/behandlung/pohkinderkrebsinfotherapiestudien/index_ger.html), last modified date: 17.01.2011.
- Thallen, G., & Yiallourous, M. (2012). *Ependymom (Kurzinformation)*. [http://www.kinderkrebsinfo.de/sites/kinderkrebsinfo/content/e9031/e10566/e40955/e16423/e41782/Ependymom-Kurzinfo\\_12032012\\_ger.pdf](http://www.kinderkrebsinfo.de/sites/kinderkrebsinfo/content/e9031/e10566/e40955/e16423/e41782/Ependymom-Kurzinfo_12032012_ger.pdf), last modified date: 13.03.2012.
- Thallen, G., & Yiallourous, M. (2013). *Medulloblastom und ZNS-PNET (Kurzinformation)*. [http://www.kinderkrebsinfo.de/sites/kinderkrebsinfo/content/e9031/e10566/e51415/e16325/e52514/Medulloblastom\\_Kurzfassung2013\\_ger.pdf](http://www.kinderkrebsinfo.de/sites/kinderkrebsinfo/content/e9031/e10566/e51415/e16325/e52514/Medulloblastom_Kurzfassung2013_ger.pdf), last modified date: 21.03.2013.
- Thöne-Otto, A., & Markowitsch, H. (2004). *Gedächtnisstörungen nach Hirnschäden*. Göttingen: Hogrefe.
- Timmann, D., & Daum, I. (2007). Cerebellar contributes to cognitive functions: A progress report after two decades of research. *The Cerebellum*, 6, 159-162.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving, & W. Donaldson, *Organization of memory* (S. 381-441). New York: Academic Press

- Turner, C., Rey-Casserly, C., Liptak, C., & Chordas, C. (2009). Late Effects of Therapy for Pediatric Brain Tumor Survivors. *Journal of Child Neurology*, 1455-1463.
- Turner, C., Rey-Casserly, C., Liptak, C., & Chordas, C. (November 2009). Late Effects of Therapy for Pediatric Brain Tumor Survivors. *Journal of Child Neurology*, 24, 1455-1463.
- Ullrich, N., & Embry, L. (2012). Neurocognitive Dysfunction in Survivors of Childhood Brain Tumors. *Seminars in Pediatric Neurology*, 19, 35-42.
- Vakil, E., Blachstein, H., Wertman-Elad, R., & Grennstein, Y. (2012). Verbal learning and memory as measured by the Rey-Auditory Verbal Learning Test: ADHD with and without learning disabilities. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 18, 449-466.
- Wechsler, D. (2003). *The Wechsler Intelligence Scale for Children, Fourth Edition*. New York: The Psychological Cooperation.
- Weidlich, S., Derouiche, A., & Hartje, W. (2011). *Diagnosticum für Cerebralschädigung – II*. Bern: Huber.
- Weiler, L. (2010). *Über die Struktur differenzierter Aufmerksamkeitskonstrukte bei Kindern mit Hirntumoren*. Unveröffentlichte Diplomarbeit: Universität Wien.
- Weltgesundheitsorganisation. (1991). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen. ICD-10, Kapitel V (F). Diagnostische Kriterien für Forschung und Praxis*. Bern: Huber.
- Yiallourous, M., & Thallen, G. (2013a). *Hochmaligne Gliome (Kurzinformation)*. [http://www.kinderkrebsinfo.de/sites/kinderkrebsinfo/content/e9031/e10566/e25383/e19510/e41776/hochmaligneGliome\\_Kurzinfo27062013\\_ger.pdf](http://www.kinderkrebsinfo.de/sites/kinderkrebsinfo/content/e9031/e10566/e25383/e19510/e41776/hochmaligneGliome_Kurzinfo27062013_ger.pdf), last modified date: 27.06.2013.
- Yiallourous, M., & Thalles, G. (2013b). *Niedrigmaligne Gliome (Kurzinformation)*. [http://www.kinderkrebsinfo.de/erkrankungen/zns\\_tumoren/pohpatinfong120070725/index\\_ger.html](http://www.kinderkrebsinfo.de/erkrankungen/zns_tumoren/pohpatinfong120070725/index_ger.html), last modified date: 28.06.2013.
- Zimmermann, P., & Fimm, B. (2007). *Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung*. Herzogenrath: Psytest.

Zimmermann, P., Gondan, M., & Fimm, B. (2004). *Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung für Kinder (KITAP)*. Herzogenrath: Psytest.

Zoelch, C. (2005). *Zur Messung sich entwickelnder zentral-exekutiver Basisprozesse bei Vor- und Grundschulkindern mit der Random Generation Aufgabe*. Unveröffentlichte Dissertation, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt.

Zoelch, C., & Mähler, C. (2012). Zur Diagnostik von Arbeitsgedächtnisprozessen bei 3- bis 6-jährigen Kindergartenkindern. Diagnostik der Funktionstüchtigkeit des Arbeitsgedächtnisses bei Kindern zwischen 5 und 12 Jahren: Die Arbeitsgedächtnisbatterie AGTB 5-12. In M. Hasselhorn, & C. Zoelch, *Funktionsdiagnostik des Arbeitsgedächtnisses* (S. 1-22). Göttingen: Hogrefe.

## IV. Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: DAS MULTIMODALE MODELL DES ARBEITSGEDÄCHTNISSES MIT SEINEN VERSCHIEDENEN KOMPONENTEN (AUS LOGIE, 2011, S.241).....	25
ABBILDUNG 2: DAS UM VIER FUNKTIONSMERKMALE ERWEITERTE ZWEI-KOMPONENTEN-MODELL DES PHONOLOGISCHEN ARBEITSGEDÄCHTNISSES SENSU BADDELY (AUS HASSELHORN, GRUBE, & MÄHLER, 2000, S.174).....	26
ABBILDUNG 3: INHALTLICHE GEDÄCHTNISMODELLE NACH MARKOWITSCH (2009) .....	30
ABBILDUNG 4: KAUSALMODELL ZUR VORHERSAGE VON GEDÄCHTNISLEISTUNGEN IN SEMANTISCHEN KATEGORISIERAUFGABEN (SORT-RECALL) BEI ZWEI UNTERSCHIEDLICHEN ITEMS-SETS: (A) STANDARDBEDINGUNG UND (B) BEREICH FUßBALL (AUS SCHNEIDER & BERGER, 2014, S.224).....	41
ABBILDUNG 5: INVO-MODELL DER KOGNITIVEN UND MOTIVATIONAL-VOLITIONALEN INDIVIDUELLEN VORAUSSETZUNGEN ERFOLGREICHEN LERNENS (AUS HASSELHORN & GOLD, 2009, S.68) .....	44
ABBILDUNG 6: HISTOGRAMM UND NORMALVERTEILUNGSDIAGRAMM DER ALTERSVERTEILUNG ZUM TESTZEITPUNKT .....	77
ABBILDUNG 7: DESKRIPTIVE BESCHREIBUNG DER UNTERTESTS ZUR PHONOLOGISCHEN SCHLEIFE MITTELS DER KATEGORIEN UNTERDURCHSCHNITTLICH (T-WERTE $\leq 43$ ), DURCHSCHNITTLICH (T-WERTE VON 44-56) UND ÜBERDURCHSCHNITTLICH (T-WERTE $\geq 57$ ) .....	99
ABBILDUNG 8: DESKRIPTIVE BESCHREIBUNG DER UNTERTESTS ZUR ZENTRALEN EXEKUTIVE MITTELS DER KATEGORIEN UNTERDURCHSCHNITTLICH (T-WERTE $\leq 43$ ), DURCHSCHNITTLICH (T-WERTE VON 44-56) UND ÜBERDURCHSCHNITTLICH (T-WERTE $\geq 57$ ) .....	103
ABBILDUNG 9: DESKRIPTIVE DARSTELLUNG DER UNTERTESTS ZUM AUDITIVEN LANGZEITGEDÄCHTNIS MITTELS DER KATEGORIEN UNTERDURCHSCHNITTLICH (T-WERTE $\leq 43$ ), DURCHSCHNITTLICH (T-WERTE VON 44-56) UND ÜBERDURCHSCHNITTLICH (T-WERTE $\geq 57$ ) .....	108
ABBILDUNG 10: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER VERGANGENEN DAUER SEIT DER DIAGNOSE DES HIRNTUMORS (IN MONATEN) UND DES ALTERS BEI DER DIAGNOSESTELLUNG (IN JAHREN) (N=21) .....	112
ABBILDUNG 11: DARSTELLUNG DER MITTELWERTE IN DEN GEDÄCHTNISUNTERTESTS ANHAND DER LOKALISATIONSGRUPPEN INFRATENTORIELL, SUPRATENTORIELLE MITTELLINIE UND SUPRATENTORIELL .....	117
ABBILDUNG 12: VERGLEICH BEZÜGLICH DES STRATEGIEGEBRAUCHS UND DEM ERINNERN ZWISCHEN JÜNGEREN UND ÄLTEREN KINDERN (IN % UND ANZAHL) .....	120

## V. Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: KLASSIFIKATION DER WICHTIGSTEN ZNS-TUMORE BEI KINDERN NACH LOKALISATION (AUS SLAVC, PEYRL & AZIZI, 2012, S.8) .....	15
TABELLE 2: DEFINITION UND HÄUFIGKEITEN PÄDIATRISCHER HGG (AUS KRAMM, ET AL., 2008, S.1202) .....	17
TABELLE 3: EINFLUSS DER MOTOREN DER GEDÄCHTNISENTWICKLUNG IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER (NACH LEPACH & PETERMANN, 2008) .....	39
TABELLE 4: GEGENÜBERSTELLUNG VON STUDIENERGEBNISSEN ZUM GEDÄCHTNIS ANHAND DER TUMORLOKALISATIONEN "HINTERE SCHÄDELGRUBE" UND "DRITTER VENTRIKEL" .....	56
TABELLE 5: UNTERSCHIEDE ZWISCHEN SPEICHER- UND ABRUFSTÖRUNGEN (AUS LEPACH & PETERMANN, 2007, S.756) .....	64
TABELLE 6: AUSGEWÄHLTE PSYCHOLOGISCH-DIAGNOSTISCHE VERFAHREN ANHAND DER VON IHNEN GEMESSENEN GEDÄCHTNISFUNKTIONEN FÜR DEN ALTERSBEREICH VON SECHS BIS 16 JAHREN.....	71
TABELLE 7: DESKRIPTIVE STATISTIK DER ALTERSVERTEILUNG ZUM TESTZEITPUNKTES FÜR N=21.....	77
TABELLE 8: GESCHLECHTERVERTEILUNG IN DER GESAMTSTICHPROBE .....	78
TABELLE 9: HÄUFIGKEITSVORTEILUNG DER UNTERSCHIEDLICHEN TUMORARTEN INNERHALB DER STICHPROBE (N=21) .....	79
TABELLE 10: HÄUFIGKEITSVORTEILUNG DER UNTERSCHIEDLICHEN BEHANDLUNGSARTEN INNERHALB DER STICHPROBE (N=21)...	80
TABELLE 11: ZUSAMMENGESTELLTE GEDÄCHTNISTESTBATTERIE .....	81
TABELLE 12: ANZAHL DER STICHPROBENGRÖÖE NACH UNTERTEST .....	94
TABELLE 13: ERGEBNISSE DER EINSTICHPROBEN T-TESTS ZUR ÜBERPRÜFUNG DER ABWEICHUNG DER VIER UNTERTESTS ZUR PHONOLOGISCHEN SCHLEIFE MIT DEM POPULATIONSMITTELWERT ( $\mu=50$ ) UND EFFEKTE DER ABWEICHUNGEN IN EINHEITEN DER STANDARDABWEICHUNG ( $\sigma=10$ ).....	97
TABELLE 14: ERGEBNISSE DES T-TEST FÜR VERBUNDENE STICHPROBEN ZUR ÜBERPRÜFUNG DER VERARBEITUNGSPRÄZISION (PAAR 1), DES WORTLÄNGENEFFEKTS (PAAR 2) UND DES STIMULUSMATERIALS (PAAR 3) .....	97
TABELLE 15: ERGEBNISSE DER EINSTICHPROBEN T-TESTS ZUR ÜBERPRÜFUNG DER ABWEICHUNG DER DREI UNTERTESTS ZUR ZENTRALEN EXEKUTIVE MIT DEM POPULATIONSMITTELWERT ( $\mu=50$ ) UND EFFEKTE DER ABWEICHUNGEN IN EINHEITEN DER STANDARDABWEICHUNG ( $\sigma=10$ ) .....	103
TABELLE 16: ERGEBNISSE DER EINSTICHPROBEN T-TESTS ZUR ÜBERPRÜFUNG DER ABWEICHUNG DER ZWEI UNTERTESTS ZUM VISUELLEN LANGZEITGEDÄCHTNIS MIT DEM POPULATIONSMITTELWERT ( $\mu=50$ ) UND EFFEKTE DER ABWEICHUNGEN IN EINHEITEN DER STANDARDABWEICHUNG ( $\sigma=10$ ).....	106
TABELLE 17: ERGEBNISSE DER EINSTICHPROBEN T-TESTS ZUR ÜBERPRÜFUNG DER ABWEICHUNG DER ZWEI UNTERTESTS ZUM AUDITIVEN LANGZEITGEDÄCHTNIS MIT DEM POPULATIONSMITTELWERT ( $\mu=50$ ) UND EFFEKTE DER ABWEICHUNGEN IN EINHEITEN DER STANDARDABWEICHUNG ( $\sigma=10$ ).....	108
TABELLE 18: VERTEILUNG DER LOKALISATION, BEHANDLUNG UND KOMPLIKATIONEN (MIT * GEKENNZEICHNET) INNERHALB DER STICHPROBE (N=19) .....	116
TABELLE 19: KREUZTABELLE VERHALTENSPROBE „STRATEGIE“ VS. „ERINNERN“ .....	119
TABELLE 20: KREUZTABELLE <i>WÖRTER LERNEN DELAY</i> VS. VERHALTENSPROBE „ERINNERN“ .....	121
TABELLE 21: DESKRIPTIVE DARSTELLUNG DES AUTOBIOGRAFISCHEN GEDÄCHTNISSES IN ZUSAMMENHANG MIT DEM ALTER UND AUFFÄLLIGEN LEISTUNGEN IM UNTERTEST <i>WÖRTER LERNEN DELAY</i> .....	122
TABELLE 22: MITTELWERT, STANDARDABWEICHUNG, SCHIEFE UND KURTOSIS DER GEDÄCHTNISUNTERTESTS (T-WERTE) .....	149
TABELLE 23: DESKRIPTIVE STATISTIK DER DAUER SEIT UND DES ALTERS BEI DIAGNOSE (IN MONATEN) .....	150

TABELLE 24: DESKRIPTIVE DARSTELLUNG DER FEHLENDEN DATEN (MISSING) ANHAND DES INTELLIGENZNIVEAUS (NORM 85-115) UND DER AUFMERKSAMKEIT (AUFFÄLLIG $PR < 25$ ) .....	150
TABELLE 25: DESKRIPTIVE DARSTELLUNG DER MITTELWERTUNTERSCHIEDE BEZÜGLICH DER TUMORLOKALISATIONEN.....	151
TABELLE 26: ERGEBNISSE DER RANGVARIANZANALYSE ZUR DARSTELLUNG DER UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN LOKALISATIONSGRUPPEN .....	152

## **VI. Anhang**

Tabelle 22: Mittelwert, Standardabweichung, Schiefe und Kurtosis der Gedächtnisuntertests (T-Werte)

Tabelle 23: Deskriptive Statistik der Dauer seit und des Alters bei Diagnose (in Monaten)

Tabelle 24: Deskriptive Darstellung der fehlenden Daten (Missing) anhand des Intelligenzniveaus (Norm 85-115) und der Aufmerksamkeit (Auffällig PR<25)

Tabelle 25: Deskriptive Darstellung der Mittelwertunterschiede bezüglich der Tumorlokalisationen

Tabelle 26: Ergebnisse der Rangvarianzanalyse zur Darstellung der Unterschiede zwischen den Lokalisationsgruppen

Zusammenfassung / Abstract

Lebenslauf

**Tabelle 22: Mittelwert, Standardabweichung, Schiefe und Kurtosis der Gedächtnisuntertests (T-Werte)**

Variable	n	Mittelwert	Standardabweichung	Schiefe		Kurtosis	
				Statistik	Standardfehler	Statistik	Standardfehler
Ziffernspanne vorwärts	21	49,38	8,73	-0,098	0,501	-0,518	0,972
Ziffernspanne rückwärts	21	49,86	9,61	-0,162	0,501	0,121	0,972
Muster Lernen	19	51,32	7,3	0,128	0,524	-1,098	1,014
Muster Lernen Delay	17	51,88	7,11	0,190	0,550	-0,662	1,063
Muster Lernen Wiedererkennung	17	47,65	11,71	-0,931	0,550	0,745	1,063
Wörter Lernen	21	51,43	12,14	0,349	0,501	-0,939	0,972
Wörter Lernen Delay	21	45,67	10,93	0,570	0,501	-0,209	0,972
Wörter Lernen Wiedererkennung	21	43,05	11,42	-0,265	0,501	1,205	0,972
Räumliches Positionieren	20	52,70	6,66	-0,249	0,512	-0,447	0,992
Geschichte Merken	21	42,19	11,79	-0,054	0,501	0,428	0,972
Kunstwörter nachsprechen	17	54,71	11,66	-0,078	0,550	-0,966	1,063
Kunstwörter nachsprechen nicht moduliert	17	54,41	11,39	-0,101	0,550	-0,831	1,063
Kunstwörter nachsprechen moduliert	17	54,12	10,24	-0,088	0,550	-0,966	1,063
Wortspanne einsilbig	16	45,50	8,33	-0,205	0,564	-0,468	1,091
Wortspanne dreisilbig	16	49,56	12,37	-0,232	0,564	-0,977	1,091
Stroop	17	45,94	12,61	0,306	0,550	-0,684	1,063
Objektspanne	16	46,69	9,42	-0,013	0,564	-0,151	1,091

**Tabelle 23: Deskriptive Statistik der Dauer seit und des Alters bei Diagnose (in Monaten)**

Variable	n	Mittelwert	Standardabweichung	Schiefe		Kurtosis	
				Statistik	Standardfehler	Statistik	Standardfehler
Dauer seit Diagnose	19	33,33	47,35	2,433	0,524	6,76	1,014
Alter bei Diagnose	19	94,42	48,69	0,115	0,524	0,078	1,014

**Tabelle 24: Deskriptive Darstellung der fehlenden Daten (Missing) anhand des Intelligenzniveaus (Norm 85-115) und der Aufmerksamkeit (Auffällig PR<25)**

		IQ				Aufmerksamkeit	
		Hoch	Norm	Niedrig	Missing	Unauffällig	Auffällig
	$N_{Ges}$	1	12	6	2	14	7
<b>Untertests</b>	Missing	1	5	2	1	5	3
<b>Räumliches Positionieren</b>	1 von 21	0	0	1	0	0	1
<b>Muster Lernen</b>	2 von 21	0	1	0	1	1	1
<b>Muster Lernen Delay</b>	4 von 21	0	3	0	1	3	1
<b>Muster Lernen Wiedererkennung</b>	4 von 21	0	3	0	1	3	1
<b>Kunstwörter nachsprechen</b>	4 von 21	1	2	1	0	2	2
<b>Stroop</b>	4 von 21	1	2	1	0	2	2
<b>Wortspanne einsilbig</b>	5 von 21	1	2	2	0	2	3
<b>Wortspanne dreisilbig</b>	5 von 21	1	2	2	0	2	3
<b>Objektspanne</b>	5 von 21	1	2	2	0	2	3

**Tabelle 25: Deskriptive Darstellung der Mittelwertunterschiede bezüglich der Tumorlokalisationen**

Lokalisation	Supratentoriell			Supratentorielle Mittellinie			Infratentoriell		
	n	Mittelwert	SD	n	Mittelwert	SD	n	Mittelwert	SD
<i>Ziffernspanne vorwärts</i>	7	52,71	8,65	5	47,80	11,64	7	45,71	7,02
<i>Ziffernspanne rückwärts</i>	7	51,14	12,62	5	49,40	9,81	7	48,57	8,85
<i>Muster Lernen</i>	5	55,00	9,82	5	53,80	6,98	7	48,29	5,28
<i>Muster Lernen Delay</i>	5	56,40	7,89	5	52,80	5,89	6	49,17	5,53
<i>Muster Lernen Wiedererkennung</i>	5	48,20	5,63	5	57,60	6,58	6	43,00	15,11
<i>Wörter Lernen</i>	7	53,43	11,09	5	57,40	12,01	7	44,57	13,10
<i>Wörter Lernen Delay</i>	7	44,00	11,73	5	55,00	12,21	7	40,00	5,45
<i>Wörter Lernen Wiedererkennung</i>	7	45,00	4,47	5	54,80	8,76	7	34,14	11,04
<i>Räumliches Positionieren</i>	7	53,71	8,78	5	53,20	6,69	6	50,33	5,43
<i>Geschichte Merken</i>	7	42,71	12,80	5	50,00	10,22	7	37,00	11,76
<i>Kunstwörter nachsprechen</i>	5	61,40	8,08	4	52,25	16,39	6	47,50	7,37
<i>Wortspanne einsilbig</i>	5	46,00	9,62	4	49,50	7,85	5	42,60	7,54
<i>Wortspanne dreisilbig</i>	5	52,20	11,92	4	55,75	9,03	5	42,20	14,96
<i>Stroop</i>	5	46,60	3,78	4	43,00	19,79	6	42,50	12,44
<i>Objektspanne</i>	5	44,80	11,39	4	47,00	10,49	5	45,40	5,18

**Tabelle 26: Ergebnisse der Rangvarianzanalyse zur Darstellung der Unterschiede zwischen den Lokalisationsgruppen**

Lokalisation Untertests	Supratentoriell	n	Supratentorielle Mittellinie	n	Infratentoriell	n	$\chi^2$	Exakte Sig.
<i>Muster Lernen</i>	11,30	5	10,3	5	6,43	7	3,20	0,210
<i>Muster Lernen Delay</i>	10,9	5	8,70	5	6,33	6	2,55	0,300
<i>Muster Lernen Wiedererkennung</i>	7,50	5	12,60	5	5,92	6	5,75	0,049
<i>Wörter Lernen</i>	11,14	7	13,00	5	6,71	7	4,11	0,128
<i>Wörter Lernen Delay</i>	9,07	7	14,20	5	7,93	7	3,95	0,139
<i>Wörter Lernen Wiedererkennung</i>	10,14	7	16,60	5	5,14	7	12,18	0,000
<i>Ziffernspanne vorwärts</i>	12,43	7	9,40	5	8,00	7	2,26	0,337
<i>Kunstwörter nachsprechen</i>	11,30	5	7,75	4	5,42	6	4,76	0,088
<i>Wortspanne einsilbig</i>	7,90	5	9,13	4	5,80	5	1,48	0,501
<i>Wortspanne dreisilbig</i>	8,40	5	9,25	4	5,20	5	2,45	0,311
<i>Räumliches Positionieren</i>	10,57	7	10,30	5	7,58	6	1,17	0,578
<i>Stroop</i>	9,70	5	6,75	4	7,42	6	1,15	0,585
<i>Objektspanne</i>	7,20	5	8,50	4	7,00	5	0,33	0,864
<i>Ziffernspanne rückwärts</i>	9,93	7	10,60	5	9,64	7	0,09	0,961
<i>Geschichte Marken</i>	10,00	7	13,60	5	7,43	7	3,53	0,175

## Zusammenfassung

Hintergrund: Durch die kontinuierliche Verbesserung der Behandlungsmethoden bei Hirntumorerkrankungen im Kindes- und Jugendalter in den letzten Jahrzehnten, steigen auch die Überlebensraten stetig an. Infolgedessen, rücken Langzeitfolgen der Erkrankung und Behandlung, wie kognitive Beeinträchtigungen, mehr in den Fokus. Das Gedächtnis ist dabei von besonderer Bedeutung, da es eine wichtige Rolle bei der Generierung von Wissen und neuen Fähigkeiten darstellt und somit schulische Leistungen sowie die weitere Laufbahn der Kinder beeinflusst.

*Methoden:* Es wurden 21 Kinder mit einem Hirntumor mit Hilfe der spezifischen Gedächtnisverfahren AGTB 5-12 und BASIC MLT und den Intelligenzverfahren AID 2 und HAWIK IV untersucht. Zudem wurde explorativ eine Verhaltensprobe durchgeführt. Anhand von einfachen T-Tests wurden Abweichungen in den einzelnen Gedächtnisleistungen im Vergleich zum Populationsmittelwert überprüft. Mögliche Risikofaktoren wurden mittels exakter Fisher-Tests und Rangvarianzanalysen analysiert. Die Ergebnisse aus der Verhaltensprobe wurden mithilfe von exakten Fisher-Tests betrachtet.

*Ergebnisse:* Die Ergebnisse zeigen, dass Kinder mit einem Hirntumor sich signifikant und bedeutsam hinsichtlich der automatischen Aktivierung des auditiven Rehearsals, dem Merken und Abrufen von kontextbezogenen auditiven Inhalten sowie hinsichtlich der Einspeicherung von auditiven Inhalten ins Langzeitgedächtnis von der Norm unterscheiden. Bedeutsame, aber nicht generalisierbare Unterschiede zeigen sich zusätzlich hinsichtlich der zentralen Exekutive, welche die Steuerinstanz des Arbeitsgedächtnisses darstellt. Keine Beeinträchtigungen weisen sie hingegen bezüglich der visuellen Gedächtnisteilfunktionen sowie im auditiven Lernen auf. Mögliche Einflussfaktoren konnten nicht hinreichend untersucht werden. Jedoch ist zu beachten, dass eventuelle sich entwickelnde Beeinträchtigungen unterschätzt werden, da die Tumordiagnose in der Stichprobe relativ kurz zurücklag (Md= 29 Monate; QA= 37 Monate).

*Diskussion und Schlussfolgerung:* Die Studie verdeutlicht, wie wichtig es ist, die Gedächtnisleistungen differenziert zu erfassen, da gezeigt werden konnte, dass Kinder mit einem Hirntumor hinsichtlich einzelner Gedächtnisteilleistungen beeinträchtigt sind, während andere Gedächtnisteilleistungen sich nicht von der Norm unterscheiden. Insbesondere auditive Bereiche des Gedächtnisses sind betroffen, während visuelle Gedächtnisleistungen intakt scheinen und sich somit als Kompensationsstrategie anbieten.

## **Abstract**

*Purpose:* Due to enhancements in international classification of procedures in medicine, survival rate of children with brain tumor have increased and long-term effects become a focus of attention. The crucial role of memory in daily life and school points out the importance to learn more about the memory functions in “survivors” of brain tumor. This thesis aims to explain the function of memory in a very detailed way, so that problems for children with brain tumor could be detected and described.

*Methods:* In this study 21 children with brain tumor were examined using two different memory and learning tests, AGTB 5-12 and BASIC MLT, as well as two Intelligence Scales, AID 2 and HAWIK IV. Furthermore, an unstandardized task was used to explore new perceptions. The differences of memory in children with brain tumor compared to normative data were identified by one-sample t-tests. Risk factors of restricted memory were examined by Kruskal–Wallis one-way analysis of variance by ranks. To analyze the results of the unstandardized task, Fisher’s exact tests were used.

*Results:* Results reveal that children with brain tumor are impaired in automatic activation of their subvocal rehearsal process, in contextual learning and concerning their auditory long-term memory. Furthermore the effect sizes pointed out an important, but not generalizable impairment concerning their central executive which is the controlling system of the working memory. It seems that children with brain tumor have no problems in visual memory as well as in verbal learning. However, results have to be considered under the restriction of a short duration concerning detection of tumor.

*Conclusion:* The results emphasize the importance of a differentiated assessment of memory, due to the fact that the study pointed out that some parts of memory are impaired while others seem to be unimpaired. Considering that visual memory seems to be unimpaired, it can be used for compensation.

## CURRICULUM VITAE VON NEELTJE OBERGFELL

### PERSÖNLICHE DATEN

NAME NEELTJE THERESE ANTONIA OBERGFELL  
STAATSANGEHÖRIGKEIT DEUTSCHLAND

### BILDUNG

10/2010 [UNIVERSITÄT WIEN](#)  
DIPLOMSTUDIUM PSYCHOLOGIE – ZWEITER ABSCHNITT  
03/2008 – 07/2010 [UNIVERSITÄT WIEN](#)  
DIPLOMSTUDIUM PSYCHOLOGIE – ERSTER ABSCHNITT  
09/1998 – 06/2007 [THOMAS-STRITTMATTER-GYMNASIUM](#), ST.GEORGEN  
FACHRICHTUNG: NATURWISSENSCHAFTEN  
ABSCHLUSS: MATURA

### PRAXISERFAHRUNG

SEIT 03/2013 [KINDER- UND JUGENDPSYCHOLOGISCHEN PRAXIS VON FRAU DR. KOCH](#)  
*BÜROKRAFT*  
TUTORIN BEI LEHRVERANSTALTUNG AN DER UNIVERSITÄT WIEN, BETREUUNG VON  
MULTIPLE CHOICE PRÜFUNGEN, GUTACHTENKORREKTUREN, UNTERSTÜTZUNG BEI  
ORGANISATORISCHEN TÄTIGKEITEN, BUCHHALTUNG

08/2013 – 09/2013 [SCHUHFRIED](#)  
*PRAKTIKUM*  
RECHERCHE UND ZUSAMMENFASSUNG WISSENSCHAFTLICHER TEXTE ZU  
TESTKONZEPTEN, ERSTELLUNG KUNDESPEZIFISCHER ERGEBNISREPORTS, RECHERCHE  
ZUR ERWEITERUNG DES UNIVERSITÄTSNETZWERKS, AUSWERTUNGEN FÜR  
VALIDIERUNGSSTUDIEN, ASSISTENZ BEI KUNDENVORTRAG

02/2012 – 01/2013 [UNIVERSITÄTSKLINIK FÜR KINDER- UND JUGENDHEILKUNDE](#)  
*WISSENSCHAFTLICHES PRAKTIKUM IM BEREICH DER PÄDIATRISCHEN NEURO-ONKOLOGIE*  
DATENVERARBEITUNG UND -AUFBEREITUNG, LITERATURRECHERCHE, KONZIPIEREN VON  
PATIENTENSCHULUNGEN, ERSTELLEN VON ARBEITSMATERIALIEN, VORBEREITEN  
WISSENSCHAFTLICHER ARTIKEL UND VORTRÄGE

10/2011 – 03/2012  
BESUCHSDIENST BEI EINER FRAU MIT AUTISMUS UND KOGNITIVER BEHINDERUNG  
AKTIVITÄTEN, BETREUUNG

10/2011 – 02/2012

[FAKULTÄT DER PSYCHOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT WIEN](#)

*STUDENT ADVISOR FÜR STUDIENANFÄNGER UND STUDIENANFÄNGERINNEN*

AUFBAU VON STRUKTUR- UND ORIENTIERUNGSWISSEN ZUM STUDIUM UND  
BERUFSBILD, AUFBAU METAFACHLICHER KOMPETENZEN

06/2011 – 09/2011

[KOLPINGHAUS GEMEINSAM LEBEN](#)

*6-WOCHEN-PRAKTIKUM*

DIAGNOSTIK, PSYCHOLOGISCHE GESPRÄCHE, KOGNITIVES TRAINING, AKTIVIERUNG

## KONGRESSBEITRÄGE

RUPP, B., OBERGFELL, N., & LEISS, U. (2013). AUFMERKSAMKEIT BEI KINDERN UND JUGENDLICHEN MIT NF1. *SYMPOSIUM ZUR AUFMERKSAMKEIT BEI KINDERN UND JUGENDLICHEN. UNIVERSITÄTSKLINIK FÜR KINDER UND JUGENDHEILKUNDE 19.01.2013, WIEN.*

## FÖRDERMATERIALIEN

LEISS, U., & OBERGFELL, N. (IN PREP.). *SPIELEND LERNEN. FÖRDERMATERIALIEN FÜR KINDER UND JUGENDLICHE. UNIVERSITÄTSKLINIK FÜR KINDER UND JUGENDHEILKUNDE, WIEN.*