

Aus dem Institut für Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie

(Direktor: Herr Prof. Dr. Michael Siniatchkin)

im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel

an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Einfluss kognitiver Leistungen  
auf den individuellen Gewinn durch Schlaf für  
die deklarative Gedächtniskonsolidierung  
bei Kindern**

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde der Medizin

der Medizinischen Fakultät

der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

**Maria Katharina Slenczek**

aus Buxtehude

**Kiel 2018**

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Michael Siniatchkin

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Thorsten Bartsch

Tag der mündlichen Prüfung: 07.10.2019

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 19.07.2019

gez.:

(Vorsitzender der Prüfungskommission)

# Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Siniatchkin für die Betreuung und Begleitung dieser Arbeit.

Ganz besonders möchte ich mich bei Frau Dr. Navah E. Kadish für die Geduld und Unterstützung bei der Anfertigung dieser Dissertation bedanken. Auch gilt mein Dank Herrn PD Dr. Alexander Prehn-Kristensen für die vielen Anregungen. Des Weiteren möchte ich mich bei Katrin und Maninder für die gemeinsame Datenerhebung bedanken.

Christian und Enzo danke ich für die emotionale Unterstützung und Begleitung während dieser Zeit.

Meiner Familie, insbesondere meinen Eltern und Großeltern, sei diese Dissertation als Dank für die liebevolle und dauerhafte Unterstützung während des Studiums und der Promotion gewidmet.

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	IV
1 Einleitung.....	1
1.1 Grundlagen des Gedächtnisses .....	1
1.2 Schlaf und Gedächtnis .....	4
1.3 Netzwerktheorie.....	5
1.4 Encodierung.....	6
1.5 Schlafabhängige Gedächtniskonsolidierung bei Kinder .....	6
1.6 Matthäus-Effekt.....	8
1.7 Kognition und Neuropsychologie .....	9
1.8 Fragestellung .....	10
1.8.1 Hypothesen .....	11
2 Material und Methoden .....	12
2.1 Studienbeschreibung.....	12
2.2 Stichprobe .....	13
2.2.1 Einschlusskriterien.....	13
2.2.2 Ausschlusskriterien.....	13
2.2.3 Strengths and Difficulties-Questionnaire .....	14
2.3 Neuropsychologische Testverfahren.....	15
2.3.1 Kurzform des Hamburger Wechsler Intelligenztests/ Wechsler Intelligence Score for Children (WISC- IV) .....	15
2.3.2 Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT).....	16
2.3.3 Medical College of Georgia Complex Figures .....	17
2.3.4 Block Tapping Test.....	17
2.3.5 Boston Naming Test .....	17
2.3.6 Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT-4).....	18
2.3.7 Unberücksichtigte Tests .....	18
2.4 Gedächtniskonsolidierung.....	19
2.4.1 Bedingungsabfolge .....	19
2.4.2 Psychomotor Vigilance Task.....	20
2.4.3 Lerndurchgang.....	20
2.4.4 Verzögerter Abruf.....	22
2.4.5 Randomisierung.....	23

2.4.6	Testzeitpunkt und Schlaftagebuch .....	23
2.5	Statistische Auswertung .....	24
2.5.1	Baseline-Korrektur.....	24
2.5.2	Benefit Berechnung.....	25
2.6	Pfadanalyse .....	26
3	Ergebnisse.....	28
3.1	Gedächtniskonsolidierung von Wort- und Bildpaaren.....	28
3.1.1	Wortpaarerinnerung .....	28
3.1.2	Bildpaarerinnerung.....	29
3.1.3	Zusammenhang zwischen Lern- und Abrufleistung .....	30
3.2	Einfluss der Bedingungsabfolge.....	31
3.2.1	Wortpaaraufgabe .....	31
3.2.2	Bildpaaraufgabe .....	31
3.3	Explorative Korrelationen.....	32
3.3.1	Einzelkorrelationen Sprachdomäne .....	32
3.3.2	Einzelkorrelation Aufmerksamkeit und Arbeitstempo.....	33
3.3.3	Einzelkorrelation nonverbales Arbeitsgedächtnis.....	34
3.3.4	Einzelkorrelation verbales Arbeitsgedächtnis .....	35
3.3.5	Einzelkorrelation Verbalgedächtnis.....	35
3.3.6	Einzelkorrelation visuelles Gedächtnis.....	36
3.3.7	Einzelkorrelation visuell-räumliches Denken .....	37
3.4	Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Domänen auf den Gewinn durch Schlaf .....	38
3.4.1	Interkorrelationen der neuropsychologischen Tests .....	38
3.4.2	Grafische Darstellung der Ergebnisse der Pfadanalyse.....	38
3.4.3	Ergebnis Wortpaare.....	39
3.4.4	Ergebnis Bildpaare.....	40
3.4.5	Vergleich des Wort- und Bildpaare Benefits .....	41
4	Diskussion.....	42
4.1	Ausblick.....	47
5	Zusammenfassung.....	49
6	Literaturverzeichnis.....	51
7	Anhang.....	55
7.1	Abbildungsverzeichnis.....	55
7.2	Tabellenverzeichnis .....	56
7.3	Ergebnisse des Kolmogorov- Smirnov Tests auf Normalverteilung .....	58

7.4	Tabellarische Ergebnisse der Pfadanalysen zum Einfluss kognitiver Leistungen auf die Gedächtniskonsolidierung.....	59
7.4.1	Interkorrelation der neuropsychologischen Testparameter .....	60
7.5	Explorative Betrachtung der Pfadanalyse unter Berücksichtigung des visuellen-räumlichen Arbeitsgedächtnisses (Block Tapping).....	61
7.5.1	Interkorrelation der neuropsychologischen Testparameter .....	62
7.5.2	Grafiken zur explorativen Pfadanalyse unter Berücksichtigung des visuellen- Arbeitsgedächtnisses (Block Tapping).....	62
7.6	Case Report File- Vorlage der DESIRE Studie .....	64
7.7	Schlaftagebuch .....	75
7.8	Bildpaaraufgaben.....	76
7.9	Wortpaarlisten.....	78
7.10	Positives Ethikvotum .....	81
7.11	Einverständniserklärung Eltern/ Kind.....	83
7.12	Lebenslauf .....	88

## Abkürzungsverzeichnis

ADHS	Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitäts-Störung
ca.	circa
CLS	Complementary Learning System
CRF	Case Report File
EEG	Elektroenzephalografie
EU	Europäische Union
IMPS	Institut für Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie
IQ	Intelligenzquotient
KZG	Kurzzeitgedächtnis
LZG	Langzeitgedächtnis
MCGCF	Medical Collage of Georgia Complex Figure
PPVT	Peabody Picture Vocabulary Test
PSG	Polysomnographie
PVT	Psychomotor Vigilance Test
REM	Rapid Eye Movement
SWS	Slow Wave Sleep
u.a.	unter anderem
UKSH	Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
Vgl.	Vergleiche
VLMT	Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest
WISC	Wechsler Intelligent Score for Children
z.B.	zum Beispiel
ZN	Zahlen nachsprechen des WISC
ZST	Zahlen-Symbol-Test des WISC

# 1 Einleitung

Lernen und Erinnern sind essentielle Voraussetzungen für den Erfolg eines Individuums im gesamten Leben und Voraussetzung für eine Anpassung an eine sich ändernde Umwelt (Rasch und Born, 2013). Dies gilt sowohl für Tiere als auch für Menschen. Aber es gibt Unterschiede in den Fähigkeiten des Erinnerns. Dafür können Krankheiten wie z.B. Demenz ursächlich sein, aber auch individuelle Unterschiede können dies begründen.

Das Gedächtnis und seine Bildung sind ein hochkomplexes System, das schon lange im Interesse der Forschung liegt. Verschiedenste Faktoren haben aber auch beim Gesunden Einfluss auf das Lernen und Erinnern. Auch unterliegen die Art und die Einflussfaktoren auf das Lernen und Erinnern im Laufe des Lebens einem ständigen Wandel. Das größer werdende Wissen über die ablaufenden Prozesse kann in Zukunft Hilfestellung für das Verständnis und die Behandlung von Erkrankungen sein, die das Lernen und das Erinnern betreffen. Des Weiteren könnte dieses Wissen Einfluss auf pädagogische Konzepte haben und die optimale Nutzung der Fähigkeiten des Gehirns verbessern.

## 1.1 Grundlagen des Gedächtnisses

Die wissenschaftlichen Vorstellungen über die Bildung des Gedächtnisses beschreiben ein mehrstufiges Geschehen. Die Modellvorstellungen dazu wurden im Laufe der Zeit immer komplexer und differenzierter. Nach dem weit verbreiteten „Drei-Speicher-Modell“ nach Atkinson und Shiffrin von 1968 beginnt dieses mit dem sensorischen Gedächtnis. Hier werden Informationen unbewusst für 1 bis 2 Sekunden aufgenommen. Das ikonische Gedächtnis tut dies für visuelle Eindrücke, das Echogedächtnis für auditive Reize. Die von unseren Sinnen aufgenommenen Reize werden nun encodiert. Dabei bekommen sie einen Bedeutungszusammenhang und werden uns in unserem Kurzzeitgedächtnis bewusst. Hier verbleibt die Information für ca. 20 Sekunden. Die Menge an Informationen, die unser Kurzzeitgedächtnis (KZG) aufnehmen kann ist begrenzt und von vielen Faktoren wie unter anderem Alter und Konzentration abhängig. Gleichzeitig ist das KZG sehr empfindlich gegenüber Störungen und Ablenkungen von außen. Die Informationen aus dem KZG werden



durch den Prozess der Konsolidierung (Festigung) ins Langzeitgedächtnis (LZG) überführt. Die Zeit, die die Informationen hier gespeichert bleiben, ist unterschiedlich und teilweise unbegrenzt (Atkinson und Shiffrin, 1968). Das LZG unterteilt sich in ein deklaratives (explizites) Gedächtnis und in ein non-deklaratives (prozedurales, implizites) Gedächtnis. Im deklarativen Gedächtnis werden einerseits persönliche episodische, also biographische Informationen gespeichert, und andererseits semantische Fakten, wie die Bedeutung von Wörtern und Allgemeinwissen. Im non-deklarativen Gedächtnis hingegen werden sensomotorische Informationen oder auch konditioniertes Verhalten gespeichert (Squire und Zola, 1996).

1974 erweiterte und modifizierte Baddeley das Modell der Gedächtnisbildung um den Begriff des Arbeitsgedächtnisses (AG). Er postulierte, dass es sich bei der Gedächtnisbildung um einen aktiven Prozess des Speicherns und Manipulierens von Informationen handelt. Beim KZG handele es sich um eine aktive Arbeitsfläche, in der Verbindungen von den neuen Informationen zu schon vorhandenem Wissen hergestellt würden (Baddeley, 2007).

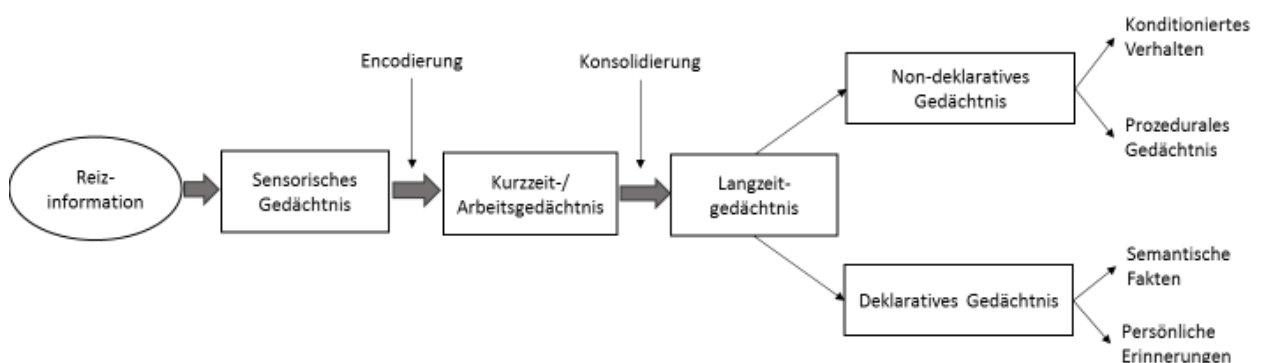


Abbildung 1.1.: vereinfachte schematische Darstellung der Gedächtnisbildung

Auch im Gehirn gibt es strukturell unterschiedliche Bereiche, die während der Gedächtnisbildung nacheinander oder gleichzeitig aktiv sind. So beschrieb Marr 1971 das 2-Speicher Modell. Beim Lernen von deklarativen Gedächtnisinhalten stelle der Hippocampus ein schnell lernendes Netzwerk dar, das schnell speichere, aber auch genauso schnell vergessen könne. Der Neokortex, als langsam lernendes Netzwerk, abstrahiere und integriere die neuen Gedächtnisinhalte mit Hilfe von Wiederholungen und speichere so langfristig (Marr, 1971; Rasch und Born, 2013).

Die wohl berühmteste Fallstudie zum Gedächtnis ist der Patient H.M.. Dem US-Amerikaner Henry Molaison wurde 1953 im Alter von 27 Jahren aufgrund von konservativ therapierefraktären epileptischen Anfällen beide medialen Temporallappen, zweidrittel des Hippocampus, der Gyrus parahippocampalis und die Amygdala entfernt. Daraufhin litt H.M. an einer schweren anterograden Amnesie und eine kurze Zeit vor der Operation betreffende, retrograde Amnesie. Bis zu seinem Tod mit 82 Jahren wurden diverse neuropsychologische Experimente und MRT Untersuchungen mit H.M. durchgeführt sowie das Gehirn selbst nach seinem Tod histologisch untersucht. Die Experimente konnten u.a. eindeutig zeigen, dass mehrere Gedächtnissysteme (deklaratives vs. non-deklaratives) existieren, da H.M. weiterhin u.a. motorische Aufgaben erlernen, aber kein neues semantisches Wissen bilden konnte. Außerdem zeigt sein Vermögen, sich an Kindheitsereignisse zu erinnern, aber nicht an das Geschehen des Vortages, dass die Bildung und der Abruf von Langzeiterinnerungen von verschiedenen Hirnregionen abhängig ist (Squire, 2009). Auch die Untersuchungen von Graf und Kollegen an weiteren Amnesie Patienten konnte die Bedeutung des Hippocampus für das Lernen von deklarativen Gedächtnisinhalten unterstreichen. Non-deklarative Informationen hingegen würden Hippocampus-unabhängig konsolidiert (Graf, Squire und Mandler, 1984).

Eine Weiterentwicklung des zuvor beschriebenen 2-Speicher Modells nach Marr stellt das Complementary Learning System (CLS) von McClelland und Kollegen (1995) dar. Es besagt, dass neue Informationen initial getrennt von existierendem Wissen gespeichert und im Laufe der Zeit einsortiert werden. Dabei stellt der Hippocampus den ersten Ort der Informationsspeicherung dar. Hier liegen die Informationen einzeln und kontextspezifisch vor. Erst nach einiger Zeit gehen die Informationen aus dem Hippocampus in den Neokortex über, in dem sich die Informationen überlappen und miteinander verbinden. Davis und Gaskell übertrugen 2009 dieses Modell auch auf das Erlernen von Sprache (Lindsay und Gaskell, 2010; O'Reilly et al., 2014; Kumaran, Hassabis und McClelland, 2016). Die Zeit, die es braucht, damit eine Information Hippocampus-unabhängig abgerufen werden kann, hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie bereits vorhandene Schemata und Vorwissen oder dem Inhalt des Erlernenen und kann zwischen einem Tag und mehreren Monaten oder Jahren liegen (Rasch und Born, 2013; James et al., 2017).

## 1.2 Schlaf und Gedächtnis

Schlaf ist definiert als ein natürlicher und reversibler Zustand ohne Bewusstsein, in dem es eine verminderte Reaktion auf äußere Stimuli gibt (Rasch und Born, 2013). Allerdings stellt Schlaf keinen passiven Zustand des Nichts-Tuns dar, sondern nimmt einen aktiven Prozess bei vielen Körperfunktionen ein. Schlaf spielt u.a. eine Rolle in Zellheilungsprozessen, im Immunsystem, bei metabolischen Vorgängen sowie in der Thermoregulation (Rasch und Born, 2013). Dies alles wäre, allerdings auch ohne den Zustand der Bewusstlosigkeit möglich, sodass sich schlussfolgern lässt, dass Schlaf hauptsächlich für das Gehirn da sei (Hobson, 2005). So stelle der Schlaf vor allem für die Konsolidierung bei der Gedächtnisbildung einen optimalen Zeitpunkt dar. Ohne den Einfluss von äußeren Störfaktoren können die noch labilen Gedächtnisinhalte in das LZG durch Stärkung und Integration in bereits bestehende Netzwerke übertragen werden (Rasch und Born, 2013).

Diverse Studien in den letzten hundert Jahren haben sich mit dem Thema Schlaf und Gedächtnis befasst. Schon 1885 veröffentlichte Ebbinghaus eine Reihe von Studien, die er an sich selbst durchgeführt hatte. So beschrieb er nicht nur das zunehmende Vergessen von sinnlosen Wortpaaren im Verlauf der Zeit, sondern auch, dass weniger Wortpaare in einem Zeitraum mit Schlaf vergessen würden als ohne Schlaf. Jenkins und Dallenbach zeigten 1924 weiter in einer systematischen Studie an zwei Probanden, dass Schlaf nach einer Lernphase von sinnlosen Silben, die Vergessenheitsrate im Gegensatz zu einer Wachphase deutlich verringert (Jenkins und Dallenbach, 1924). Zuerst ging die Wissenschaft davon aus, dass Schlaf nur eine passive Rolle durch das Verhindern von Störungen bei der Gedächtnisbildung hat. Mittlerweile hat sich durch unzählige Studien gezeigt, dass Schlaf eine aktive Rolle bei der Gedächtnisbildung einnimmt (Rasch und Born, 2013).

Yarush und Kollegen fanden heraus, dass das deklarative Gedächtnis vom Slow-Wave-Sleep (SWS) profitiert (Yaroush, Sullivan und Ekstrand, 1971). Aus weiteren Studien konnte dann die „Dual Process Hypothesis“ entwickelt werden, die besagt, dass SWS besonders förderlich für das deklarative Gedächtnis sei und REM Schlaf für das non-deklarative (Rasch und Born, 2013). Gemeinsam mit der „Sequential Hypothesis“, die einen Zyklus aus SWS und REM Schlaf als wichtigen Faktor für die Gedächtnisformation sieht, deuten diese Theorien unter vielen anderen auf die aktive Rolle von Schlaf bei der Gedächtniskonsolidierung hin (Rasch und Born, 2013). So postuliert die „Active System Consolidation Theory“ eine Reaktivierung der

vorübergehend im Hippocampus gespeicherten deklarativen Informationen während des Schlafes, um diese in ein bestehendes Netzwerk im Neokortex, dem Langzeitspeicher, zu integrieren (Wilhelm, Prehn-Kristensen und Born, 2012).

Die wissenschaftlichen Vorstellungen zur Gedächtniskonsolidierung im Schlaf werden immer komplexer, denn nicht nur die in dieser Arbeit erwähnten Faktoren wie z.B. Schlafphasen, sondern viele weitere z.B. auch die Genetik oder neurochemische Prozesse haben Einfluss auf die Konsolidierung im Schlaf. Auch die Aktivität des Hippocampus bei vorherigen Lernerfahrungen scheint eine Rolle zu spielen, genauso wie die Theta-Aktivität in der Achse von Hippocampus und Präfrontalem Kortex bei der Encodierung (Rasch und Born, 2013).

### 1.3 Netzwerktheorie

Wir erinnern uns deutlich besser an den Inhalt eines Gespräches oder Vortrages, wenn wir mit dem Thema vertraut sind, die Informationen des Vortrages scheinen besser gespeichert zu werden. Dieses Phänomen lässt sich anhand der Netzwerktheorie des Gehirns erklären. Tse und Kollegen (2007) konnten an Ratten zeigen, dass die Qualität und die Geschwindigkeit der Konsolidierung vom bereits existierenden Netzwerk aus Vorwissen bzw. Vorerfahrungen abhängig sind, was sie als bekanntes „Schema“ bezeichnen. Durch chirurgische Läsionen am Hippocampus von Ratten konnten Tse und Kollegen außerdem zeigen, dass dieses „Schema“ außerhalb des Hippocampus, am wahrscheinlichsten im Neokortex, zu lokalisieren ist und dass eine Hippocampus-unabhängige Konsolidierung extrem schnell geschehen kann und oftmals innerhalb von weniger als 48 Stunden stattfindet (Tse et al., 2007).

Neuere Vorstellungen zum bereits oben beschriebenen CLS Modell besagen, dass die Konsolidierung im Neokortex, anders als bisher gedacht, nicht langsamer an sich, sondern maßgeblich abhängig vom Vorwissen ist, da neue Informationen, die den bereits bekannten gleichen, weniger Interferenzen verursachen (Kumaran, Hassabis und McClelland; 2016 James et al., 2017).

Lewis und Durrant postulierten 2011 mit ihrem information Overlap to Abstract (iOtA) Model Ähnliches. Sie sagen, dass schon beim Encodieren neuer Gedächtnisinhalte relevantes schematisches Wissen aktiviert wird. Im Schlaf werden diese dann erneut reaktiviert. Je höher

die Übereinstimmung zwischen neuen Informationen und bereits existierendem Wissen, desto weniger neue neuronale Verbindungen müssen geschaffen werden (James et al., 2017).

## 1.4 Encodierung

Ob die Konsolidierung von Gedächtnisinhalten gelingt, hängt maßgeblich von der Encodierung der Inhalte ab. So zeigten in Studien, diejenigen erwachsenen Probanden eine gute Konsolidierungsleistung, die die initiale Encodierung der Aufgabe schon gut konnten (Tucker und Fishbein, 2008). Außerdem scheinen unter anderem auch die Art des Lernens und die Aufgabenstellung ein entscheidender Faktor für den Erfolg beim Konsolidieren im Schlaf zu sein. So zeigte sich in einer Studie von Ashton und Kollegen zwar ein Gewinn bei Wortpaaraufgaben, aber nicht bei kategoriellern Lernen. Hier war ein Gewinn nur zu sehen, wenn es einen zweiten Lerndurchgang nach dem Schlaf gab (Ashton, Jefferies und Gaskell, 2018). Auch das Wissen um die Relevanz der Informationen bei der Encodierung, also die Motivationslage etwas zu lernen, beeinflusst die Konsolidierungsleistung (Stickgold, 2009; Wilhelm et al., 2011). Dies alles unterstreicht die Bedeutung der Encodierung und passt zu der Theorie der „Active System Consolidation“, dass es während des Schlafes zu einer Reaktivierung der bei der Encodierung aktivierten und veränderten Netzwerke kommt (Wilhelm, Prehn-Kristensen und Born, 2012). So muss also einer erfolgreichen Konsolidierung auch eine gelungene Encodierung vorhergehen. Für diese Encodierung scheint das Arbeitsgedächtnis ein wichtiger Faktor zu sein. So konnte bei erwachsenen Probanden ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen den Leistungen der Gedächtniskonsolidierung von Wörtern und des Arbeitsgedächtnisses gezeigt werden (Fenn und Hambrick, 2012). Diese Erkenntnisse passen in die Theorie von Baddeley und dem Arbeitsgedächtnis als aktive Arbeitsfläche bei der Gedächtnisbildung (Baddeley, 2007).

## 1.5 Schlafabhängige Gedächtniskonsolidierung bei Kindern

Da verschiedene Studien den Einfluss des SWS auf die Konsolidierung von deklarativen Gedächtnisinhalten zeigten (Marshall und Born, 2007; Rasch et al., 2007), wurde hypothesiert,

dass Kinder mehr vom Schlaf bei der Konsolidierung profitieren als Erwachsene, denn Kinder zeigen natürlicherweise einen höheren Anteil an SWS (Wilhelm, Prehn-Kristensen und Born, 2012).

Backhaus und Kollegen konnten 2007 als erstes auch bei Kindern zeigen, dass Schlaf einen positiven Effekt auf die deklarative Gedächtnisleistung hat. In einer Studie mit 27 9-12-jährigen Kindern wurde die Erinnerungsleistung an 40 Wortpaare nach einem Zeitraum von ca. 12 Stunden mit und ohne Schlaf getestet. Die Reihenfolge für den Konsolidierungszeitraum war dabei entweder „Tag-Nacht“ oder „Nacht-Tag“. Es zeigte sich eine signifikant bessere Erinnerungsleistung nach einem Zeitraum mit Schlaf im Gegensatz zum Zeitraum ohne Schlaf. Dabei spielte es keine Rolle, ob der Schlaf direkt nach der Lernphase oder erst nach der Wachphase lag. Des Weiteren korrelierte die Erinnerungsleistung positiv zu der Zeit im Non-REM Schlaf und negativ zu der Zeit des REM Schlafes (Backhaus et al., 2008).

Auch Wilhelm et al. konnten ähnliche Ergebnisse 2008 in einer Studie an Kindern und Erwachsenen präsentieren. Hier wurden allerdings nicht nur Wortpaare erinnert, sondern auch eine „2D Location Task“ nach Rasch verwendet, die mit dem Gesellschaftsspiel „Memory“ vergleichbar ist. Überraschenderweise zeigten Kinder und Erwachsene ähnliche Gedächtnisleistungen nach dem Schlaf, obwohl die SWS Zeit der Kinder durchschnittlich doppelt so hoch war. Wilhelm interpretierte das unterschiedliche Vorwissen von Erwachsenen und Kindern als ursächlich. So profitieren Erwachsene von einem größeren bereits vorhandenen Netzwerk und kompensieren so den Nachteil der geringeren SWS Zeit (Wilhelm, Diekelmann und Born, 2008).

Auch in dem Bereich des Erlernens von neuen bisher unbekanntem Wörtern konnte, wie bei den Wortpaaren bei Backhaus, von Henderson gezeigt werden, dass ein Zeitraum mit Schlaf die Gedächtnisleistung verbessert. Des Weiteren sei aber auch semantisches Wissen über die neuen Wörter notwendig, um sie besser zu behalten. So erinnerten 5 bis 9-jährige Wissenschaftsbegriffe wie „Hippocampus“ besser, wenn sie die Information bekamen, was ein Hippocampus sei. Ein „Schema“ fördere also auch die Gedächtniskonsolidierung von bisher unbekanntem Worten über Nacht (Henderson, Weighall und Gaskell, 2013).

## 1.6 Matthäus-Effekt

Der Matthäus-Effekt („Matthew Effect“) ist eine These des Soziologen Robert K. Merton und besagt, dass bisheriger Erfolg zu weiterem Erfolg führt. Er beschrieb, dass viel zitierte Autoren noch mehr zitiert werden (Merton, 1968). Der Begriff kommt aus dem Matthäus Evangelium in dem steht „Denn wer da hat, dem wird gegeben, dass er die Fülle habe; wer aber nicht hat, dem wird auch das genommen, was er hat.“ Mt 25,29. 1986 übertrug Stanovich den Begriff Matthäus-Effekt aus der Soziologie in die Psychologie (Stanovich, 1986). Er beschrieb, dass Kinder, die bereits gut lesen können, diese Fähigkeit stärker verbessern als Kinder, die von Anfang an bereits schlechter lesen konnten und bezeichnete dies als „the rich get richer“.

Auch im Bereich der Gedächtniskonsolidierung wird der Begriff von einigen Autoren verwendet, da sich der Matthäus-Effekt auch hier in einigen Studien bei Erwachsenen und Kindern zeigt (James et al., 2017). So kam es bei Erwachsenen nur zu einer Zunahme der Retentionsleistung (Behaltensleistung) von Fantasiewörtern und Bildern mit Hilfe von Cueing in der Nacht (damit ist eine Darbietung von Hinweisreizen gemeint, hier Tonaufnahmen über Lautsprecher), wenn die Bilder und Begriffe schon vor dem Versuch bekannt waren. Waren die Bilder und Wörter völlig unbekannt, zeigte sich keine Zunahme der Retentionsleistung über Nacht (Groch et al., 2017). So stützen auch diese Studien die Relevanz von Vorwissen als wichtigen Faktor für die erfolgreiche Konsolidierungsleistung.

Auch bei Kindern zeigt sich im Bereich des Erlernens neuer Wörter in bestimmten Studiendesigns ein Matthäus-Effekt. Henderson und Kollegen präsentierten Kindern Fantasiewörter (z.B. daffodat) in eine Geschichte eingebettet und fragten diese bisher unbekanntes Wörter nach einer Nacht mit Schlaf wieder ab. Sie fanden dabei heraus, dass Kinder mit einem besseren Wortschatz, getestet einmal durch den Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT) und in einer anderen Studie durch den Wortschatztest des WISC, eine stärkere intraindividuelle Zunahme des Behaltens über Nacht aufweisen, als Kinder mit schlechteren Leistungen in diesen kognitiven Sprachtests. Die Autoren schlussfolgerten, dass Kinder mit einem besseren expressiven Wortschatz sensibler für die neuen Wörter sind und das vorhandene semantische Netzwerk größer ist und sie es besser aktivieren können. Gleichzeitig wächst das Netzwerk weiter und die guten Kinder werden noch besser (Brown et al., 2012; Henderson et al., 2015; James et al., 2017).

Neuere Studien zeigen aber auch für den Matthäus-Effekt bei der Gedächtniskonsolidierung ein inkonstantes Bild. In einer Studie von Henderson und Kollegen aus dem Jahr 2018 hörten Kinder ein Fantasiewort entweder in einer mehrmals vorgetragenen Geschichte oder das gleiche Wort in verschiedenen Geschichten. Dabei profitierten die Kinder mit einem besseren Sprachschatz nur noch dann von der Konsolidierung über Nacht, wenn sie das Fantasiewort in verschiedenen Geschichten hörten. Bei der Präsentation des neuen Wortes in der gleichen, mehrmals vorgetragenen Geschichte konsolidierten Kinder mit einem größeren Sprachschatz über Nacht sogar schlechter (Henderson und James, 2018).

## 1.7 Kognition und Neuropsychologie

Da es sich bei dieser Arbeit um eine Promotion aus dem Fach der Humanmedizin handelt, sollen im Folgenden zum besseren Verständnis kurz die Begriffe „Kognition“ und „Neuropsychologie“ erläutert werden. Der Begriff Kognition kann generell als Sammelbegriff für bewusste und unbewusste informationsverarbeitende Prozesse höherer Lebewesen verstanden werden. Die Bezeichnung von kognitiven Leistungen oder Domänen kann dabei als eine Kategorisierung dieser Prozesse in u.a. Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Problemlösung oder Sprachvermögen angesehen werden (Kluwe, Lexikon der Psychologie).

Laut Gesellschaft für Neuropsychologie (GNP) beschäftigt sich das Fachgebiet der Neuropsychologie mit den Funktionen des Gehirns und untersucht dabei insbesondere Störungen dieser Funktionen. Gemessen werden kognitive Leistungsfähigkeiten und psychischen Funktionen durch neuropsychologische Testverfahren. Dabei handelt es sich um standardisierte Prüfverfahren, die den Gütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität entsprechen sollen. Bei der Erstellung der Test werden eine große Anzahl hirngesunde Personen untersucht und aufgrund dieser Ergebnisse Normwerte für die entsprechenden Altersgruppen erstellt. Diese Normwerte werden u.a. in T-Werten oder Prozenträngen angegeben. Bei Intelligenztests ist der sogenannte IQ (Intelligenzquotient) üblich. Oftmals werden Tests für einzelne Länder angepasst (z.B. bei Sprachtests).



## 1.8 Fragestellung

Zusammenfassend zeigt die aktuelle Studienlage, dass sowohl Kinder als auch Erwachsene bei der Konsolidierung von deklarativen Gedächtnisinhalten vom Schlaf profitieren. Weiter zeigen die Studien, dass es gleichzeitig ein bestehendes semantisches Netzwerk im Gehirn zur erfolgreichen Konsolidierung braucht. Schließlich scheint es beim Erlernen von bisher unbekanntem Wörtern bei Kindern sogar einen Matthäus-Effekt zu geben (James et al., 2017). Das bedeutet, dass diejenigen Kinder mehr vom Schlaf profitieren, die bereits ein größeres, durch kognitive Tests operationalisiertes, sprachliches Netzwerk haben. Dieses Bild zeigt sich aber aktuell je nach Studiendesign noch inkonstant (Henderson und James, 2018).

Zur Validierung der bisherigen Studienergebnisse soll zu Beginn dieser Arbeit der unter 1.5 beschriebene Gewinn durch Schlaf für die Konsolidierungsleistung bei Kindern repliziert werden. Aufgrund der Vorstellung von der hohen Bedeutung eines semantischen Netzwerkes für die Konsolidierung von deklarativen Gedächtnisinhalten (vgl. 1.3; Tse et al., 2007; Wilhelm, Diekelmann und Born, 2008) wird des Weiteren hypothesiert, dass sich der unter 1.6 beschriebene Matthäus-Effekt auch bei der Konsolidierung von Wort- und Bildpaaren zeigt. Dies wurde beides bisher noch nicht untersucht. So wird angenommen, dass Kinder mit guten Leistungen in den Tests zu sprachlichen Fähigkeiten eine bessere Erinnerungsleistung über Tag und einen stärkeren Gewinn aus einem Zeitraum mit Schlaf für die Gedächtniskonsolidierung von Wortpaaren zeigen. Analog wird dieses Prinzip auch für die Konsolidierung von Bildpaaren erwartet. Hier wird ein starker Zusammenhang für die Konsolidierungsleistung und den Leistungen in Aufgaben des visuellen Gedächtnisses angenommen.

In einer explorativen Analyse, die den Hauptbestandteil dieser Arbeit bildet, soll untersucht werden, inwiefern Leistungen in unterschiedlichen kognitiven Domänen Einfluss auf eine erfolgreiche Gedächtniskonsolidierung im Schlaf gegenüber der Erinnerungsleistung von deklarativen Lerninhalten über Tag haben. Dafür werden einmal die Ergebnisse von verschiedenen neuropsychologischen Tests und die Erinnerungsleistungen über Tag betrachtet sowie auf der anderen Seite der intraindividuelle Zuwachs an behaltenen Wort- und Bildpaaren über Nacht. Des Weiteren soll untersucht werden, inwiefern sich der Einfluss der verschiedenen kognitiven Domänen dabei auf Wort- und Bildpaarkonsolidierung unterscheidet.

### 1.8.1 Hypothesen

Die folgenden Hypothesen dienen als Leitfaden und Verdeutlichung der Ausgangsannahmen, auf denen das in dieser Arbeit entwickelte Modell beruht. Da in dieser Arbeit aber hauptsächlich eine explorative Analyse von Einflussfaktoren erstellt wird, erscheint für diesen Teil keine Aufstellung von statistischen Hypothesen.

- 1) Über Nacht behalten Kinder mehr deklarative Lerninhalte, sowohl Wort- als auch Bildpaare, als über Tag.

H0:  $\mu_T = \mu_N$                       Es sei:  $\mu_T =$  Erinnerungsleistung über Tag

H1:  $\mu_T < \mu_N$                        $\mu_N =$  Erinnerungsleistung über Nacht

- 2) Kinder mit gutem Wortwissen haben einen höheren Gewinn an Erinnerungsleistung von Wortpaaren über Nacht im Vergleich zum Tag als Kinder mit schlechteren Testergebnissen.

H0:  $p_w \leq 0$                       Es sei:  $p_w =$  Zusammenhang zwischen dem Gewinn von

H1:  $p_w > 0$                       Schlaf für die Erinnerungsleistung von Wortpaaren und der sprachlichen Testleistung

- 3) Kinder mit guten Testergebnissen für das visuelle Gedächtnis, haben einen höheren Gewinn an Erinnerungsleistung von Bildpaaren über Nacht im Vergleich zum Tag als Kinder mit schlechteren Testergebnissen.

H0:  $p_B \leq 0$                       Es sei:  $p_B =$  Zusammenhang zwischen dem Gewinn von

H1:  $p_B > 0$                       Schlaf für die Erinnerungsleistung von Bildpaaren und der visuellen Gedächtnis Testleistung

- 4) Explorative Analyse des Einflusses unterschiedlicher kognitiver Domänen, repräsentiert durch die Ergebnisse in verschiedenen neuropsychologischen Tests, auf den intraindividuellen Benefit von Schlaf auf die Erinnerungsleistung von Wort- und Bildpaaren.

- 5) Explorative Betrachtung des Unterschieds zwischen dem Einfluss kognitiver Domänen auf den intraindividuellen Benefit von Schlaf bei Wort- und Bildpaaren.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Studienbeschreibung

Die untersuchte Stichprobe dieser Doktorarbeit ergibt sich aus der Kontrollgruppe der DESIRE Studie am Institut für Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie (IMPS) des Universitätsklinikum Schleswig-Holstein (USKH) der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. DESIRE steht für „Strategies for Innovative Research to Improve Diagnosis, Prevention and Treatment In Children with Difficult to Treat Epilepsy“ und ist eine multizentrische, europaweite und EU geförderte Studie (Project ID: Health-F2-602531-2013). In Kiel werden dabei die Zusammenhänge zwischen epileptischer Aktivität und kognitiven Funktionen bei Kindern mit epileptischer Enzephalopathie untersucht.

Für die Kontrollgruppe dieser Studie wurden Kinder über Aufrufe in lokalen Medien (Zeitungs- und Internetanzeigen) sowie über ausgehangene Flugblätter und „Mund zu Mund Propaganda“ der Probanden rekrutiert.

Als Vergütung der Teilnahme bekamen die Kinder pro Termin einen Gutschein für ein Einkaufscenter oder einen Kinogutschein im Wert von 5€.

Nach einem Aufklärungsgespräch mit Eltern und Kindern unterschrieben die Probanden sowie die Erziehungsberechtigten eine Einverständniserklärung. Der Studienablauf entspricht der Reihenfolge, in dem die Untersuchungen im Laufe dieser Arbeit beschrieben werden. Die erhobenen Daten wurden durch einen Teilnehmercode pseudonymisiert und die Richtlinien des Datenschutzes jederzeit berücksichtigt. In Einklang mit den Kriterien der Deklaration von Helsinki liegt ein positives Ethikvotum der Ethikkommission der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel vor (D460/15). Die Datenerhebung fand zwischen Oktober 2015 und September 2017 in Schleswig-Holstein und Hamburg statt.

## 2.2 Stichprobe

### 2.2.1 Einschlusskriterien

- a) Alter: 6 – 16 Jahre
- b) IQ > 65
- c) Unauffällige orientierend neurologische Untersuchung
- d) Keine aktuelle Medikation
- e) Schriftliches Einverständnis der Erziehungsberechtigten

### 2.2.2 Ausschlusskriterien

- a) Allgemeines kognitives Leistungsniveau unter IQ 65
- b) Epilepsie oder andere neurologische Erkrankungen
- c) Epilepsie in der Familiengeschichte oder eines Verwandten ersten Grades
- d) Autismus-Spektrum Störung

Überprüft wurden die Ein- und Ausschlusskriterien mithilfe einer im Case Report File (CRF) standardisierten Abfrage eines Elternteils zur Entwicklung und Krankheitsgeschichte des Kindes (Vorlage siehe 7.6) sowie einer orientierend neurologisch körperlichen Untersuchung.

Eingeschlossen wurden 30 Kinder im Alter von 6 bis 16 Jahren, wovon 2 Kinder die Untersuchungen aus Motivationsgründen nicht vollständig absolvierten und daher kein vollständiger Datensatz dieser Kinder vorliegt. Von den 28 verbliebenden Kindern waren 17 weiblich (60,7%) und 11 männlich (39,3%). Die Altersspanne der untersuchten Kinder betrug gut 10 Jahre und lag zwischen 6,07 und 16,14 Jahren mit einem Mittelwert von 11,01 Jahren zum Zeitpunkt der Durchführung der Aufgaben der Gedächtniskonsolidierung. Eine Übersicht der Eigenschaften der Stichprobe zeigt Tabelle 2.1.

Tabelle 2.1: Übersicht der Stichprobeneigenschaften

	<b>Stichprobe N=28</b>
<b>Alter (Jahre) M (SD)</b>	11,01 (3,12)
<b>Altersspanne (Jahre) (Min.-Max.)</b>	9,73 (6,07-16,14)
<b>IQ (WISC-IV) M (SD)</b>	102 (11,742)
<b>IQ-Spanne (WISC-IV)</b>	73-131
<b>Weibliches Geschlecht % (n)</b>	60,7 (18)
<b>Händigkeit Rechtshänder % (n)</b>	71,4 (20)

Die Händigkeit wurde mittels des Edinburgh-Händigkeits-Inventar (Oldfield, 1971) ermittelt. Hier geben die Eltern an, welche Hand in verschiedenen Alltagssituationen vom Kind benutzt wird. Dabei waren in dieser Stichprobe 70,1% Rechtshänder und 21,4% Linkshänder. Bei 2 Kindern (7,1%) gaben die Eltern eine Beidhändigkeit an.

### 2.2.3 *Strengths and Difficulties-Questionnaire*

Zur weiteren Beschreibung der Stichprobe wurde der Strengths and Difficulties-Questionnaire (SDQ) nach Goodman (1997) von den Eltern ausgefüllt. Dieser Fragebogen quantifiziert kindliche Verhaltensaspekte, wobei sowohl Stärken als auch Schwächen betrachtet werden. Die Cut-off-Werte dieses Fragebogens wurden so konzipiert, dass in der Gesamtpopulation 80% der Kinder als unauffällig, 10% als grenzwertig und 10% als auffällig einzustufen sind (Klasen et al., 2003). Die Ergebnisse unserer Stichprobe zeigt Tabelle 2.2. Dabei sind mit 2 von 28 Kindern, 7% unserer Stichprobe auffällig im Gesamtproblemwert. Dieser Wert liegt nahe bei dem von den Testentwicklern angenommenen Verhältnissen von 10% auffälligen Kindern in der Gesamtpopulation. Daher können wir annehmen, dass unsere Stichprobe in diesen hier untersuchten Aspekten als repräsentativ für die Gesamtpopulation gelten kann.

Tabelle 2.2: Übersicht der Ergebnisse des "Strengths and Difficulties- Questionnaire" (SDQ)

	<b>Normal n (%)</b>	<b>Grenzwertig n (%)</b>	<b>Abnormal n (%)</b>
<b>Gesamtproblemwert</b>	26 (93)	0 (0)	2 (7)
<b>Emotionale Probleme</b>	24 (86)	1 (4)	3 (11)
<b>Verhaltensauffälligkeiten</b>	26 (93)	0 (0)	2 (7)
<b>Hyperaktivität</b>	25 (89)	0 (0)	3 (11)
<b>Probleme mit Gleichaltrigen</b>	25 (89)	2 (7)	1 (4)
<b>Prosoziales Verhalten</b>	28 (100)	0 (0)	0 (0)

## 2.3 Neuropsychologische Testverfahren

Zur Erfassung der neuropsychologischen Parameter absolvierten die Kinder eine mehrstündige Testung mit verschiedenen etablierten Testverfahren. Diese wurden entweder in einem Testraum des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein (UKSH) oder bei den Kindern zu Hause in einer ungestörten Umgebung durch den Untersucher durchgeführt. Die Abfolge der Tests war immer gleich und folgte der Reihenfolge, in der die Tests im Verlauf dieser Arbeit vorgestellt werden. Die Durchführung wurde in 2 bis 3 Blöcke unterteilt, sodass die Kinder nicht mehr als 1 Stunde am Stück getestet wurden. Pausen wurden je nach Konzentrationsfähigkeit der Kinder zwischen den einzelnen Testabschnitten individuell eingelegt.

### **2.3.1 *Kurzform des Hamburger Wechsler Intelligenztests/ Wechsler Intelligence Score for Children (WISC- IV)***

Begonnen wurde die neuropsychologische Testung der Kinder mit einer Kurzform der deutschen Version des Wechsler Intelligence Score for Children IV (WISC) des Pearson Verlages (Petermann und Petermann, 2011), der sich aus den folgenden Untertest zusammensetzt: Beim Untertest „Mosaik-Test“ wird das Kind aufgefordert, mit Hilfe von Würfeln eine zweidimensionale Vorlage nachzubauen. Alle Würfel sind gleich und haben 3 verschieden gestaltete Seiten. Hierbei sind jeweils zwei vollständig weiß, zwei vollständig rot und zwei durch eine Diagonale getrennt, halb weiß und halb rot. Für die Lösung jeder Aufgabe gibt es ein festgesetztes Zeitlimit. Der zweite Untertest war „Gemeinsamkeiten finden“. Hier wurde das Kind aufgefordert zu zwei Wörtern einen Oberbegriff zu finden (z.B. Schmetterling & Biene = Insekten). Die Schwierigkeit der Begriffspaare ist dabei ansteigend. Beim Test „Zahlen nachsprechen“ liest der Untersucher eine Zahlenfolge vor, die das Kind nachsprechen soll. Die Länge der Zahlenspanne ist ansteigend. Zuerst werden verschiedene Zahlenspannen vorwärts, dann in umgekehrter Reihenfolge (rückwärts) wiederholt. Als nächstes wurde der „Zahlen-Symbol-Test“ durchgeführt. Hierbei wird der Proband aufgefordert, nach einem vorgegebenen Schlüssel unter eine Zahl ein passendes abstraktes Symbol zu malen. In einem Zeitlimit von 120 Sekunden sollen so viele richtige Zuordnungen wie möglich vorgenommen werden. Für Kinder unter 9 Jahren gibt es eine Version mit einfachen geometrischen Figuren

anstelle von Zahlen. Des Weiteren gibt es den Untertest „Wortschatz“. Hier soll der Proband die Bedeutung eines Begriffes (z.B. Fahrrad) erklären oder ein Synonym dafür finden. Beim „Matrizentest“ wird dem Kind eine unvollständige Matrize vorgelegt. Das Kind soll aus fünf vorgeschlagenen Bildern, das zu der Matrize passende Bild auswählen. Beim letzten Untertest der „Symbolsuche“ soll das Kind innerhalb von 120 Sekunden so oft wie möglich jeweils ein vorgegebenes Symbol mit einer Gruppe von abstrakten Symbolen vergleichen und entscheiden, ob das Zielsymbol in der Gruppe von Suchsymbolen zu finden ist.

Die Rohwerte der einzelnen Untertests zu den verschiedenen Skalen Sprachverständnis (Wortschatz und Gemeinsamkeiten finden), wahrnehmungsgebundenes logisches Denken/fluide Intelligenz (Mosaik- und Matrizentest), Arbeitsgedächtnis (Zahlennachsprechen) und Verarbeitungsgeschwindigkeit (Zahlen-Symbol-Test und Symbolsuche) wurden durch eine Normwerttabelle in altersnormierte Wertepunkte umgerechnet. Anschließend konnte mit Hilfe einer Regressionsformel ein Gesamtintelligenzquotient geschätzt werden.

### **2.3.2 *Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT)***

Beim Verbalen Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT) nach Helmstaedter et al. (2001) wird das deklarative Verbalgedächtnis geprüft. Hierbei können die Supraspanne, die Lernleistung, die Abrufleistung sowie die Wiedererkennungsleistung erfasst werden (Helmstaedter und Durwen, 1990). Den Kindern wird fünfmal hintereinander (Durchgang 1-5) eine Liste mit 15 Substantiven vorgelesen. Nach jedem Durchgang wird der Proband gebeten, die gemerkten Wörter zu wiederholen. Im Anschluss wird eine ebenfalls 15 Substantive beinhaltende Störliste vorgetragen (Durchgang 6) und vom Kind bestmöglich wiederholt. Im Anschluss soll das Kind die behaltenen Wörter der ersten Liste reproduzieren (Durchgang 7). Nach einer 30-minütigen Zeitspanne, in der nicht-verbale Test durchgeführt wurden, wird das Kind überraschend aufgefordert die Wörter der ersten Liste zu wiederholen (verspäteter Abruf). Des Weiteren wird zum Abschluss mit einer aus 50 Wörtern (Wörter der ersten Liste, der Störliste und 20 semantisch und phonematisch ähnliche Wörter) bestehenden Liste die Wiedererkennungsleistung getestet. Für die hier vorliegende Studie wurden die Parallelversionen A und C randomisiert verwendet.

### **2.3.3 Medical College of Georgia Complex Figures**

Die Medical College of Georgia Complex Figures (MCGCF) ist ein Alternativtest zum Rey–Osterrieth Complex Figure Test (ROCF) (Yasugi und Yamashita, 2010). Beide Tests dienen der Erfassung der Fähigkeit zur räumlich visuellen Konstruktion und im zweiten Teil der visuellen Gedächtnisleistung. Dafür muss der Proband ein Bild aus verschiedenen geometrischen Figuren von einer Vorlage abzeichnen. Bei dem verzögerten Abruf wird der Proband nach 30 Minuten gebeten das Bild aus dem Gedächtnis frei aufzuzeichnen. Für diesen Test lagen keine altersnormierten T-Werte vor. Der Vorteil der Verwendung dieses Tests gegenüber dem ROCF liegt jedoch darin, dass viele Kinder der Epilepsiegruppe im Rahmen der DESIRE Studie (siehe 2.1), den ROCF bereits im Rahmen der Diagnosestellung oder ihres Therapiemonitorings kennen gelernt haben könnten. Durch die Verwendung des MCGCF konnte ein Kennen und dadurch ein wohlmöglich besseres Ergebnis der Probanden in diesem Test ausgeschlossen werden.

### **2.3.4 Block Tapping Test**

Beim Block Tapping nach Corsi (1972) wird das räumlich-visuelle Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis geprüft und gilt hierfür als Goldstandard. Der Untersucher tippt eine zunehmende Anzahl an quadratischen Blöcken in vorgegebener Reihenfolge gleichmäßig an. Der Proband wird anschließend aufgefordert, diese Reihenfolge nachzutippen. Zuerst vorwärts (visuelles Gedächtnis) und im zweiten Teil der Aufgabe rückwärts (Arbeitsgedächtnis). Vor allem im höheren Schwierigkeitsgrad fließen auch andere exekutive und verbale Funktionen in das Ergebnis mit ein (Weicker und Hudl, 2017).

### **2.3.5 Boston Naming Test**

Mit dem Boston Naming Test (Kaplan, Goodglass und Weintraub, 1983) wird das konfrontative Benennen von Objekten getestet und bildet die Fähigkeit zur Wortfindung ab. Der Proband bekommt ein 2-dimensionales, schematisches Bild eines Objektes (z.B. Kaktus oder Sphinx) gezeigt und muss dieses eigenständig benennen. Sollte er dies nach 20 Sekunden nicht können, wird ihm eine semantische Hilfestellung gegeben. Sollte er das Objekt weiterhin nicht benennen können, gilt das Item als nicht gelöst. In dieser Studie wurde die deutsche Kurzversion des Testes genutzt, der 30 anstelle von 60 Items umfasst (Metten, 2004).



### **2.3.6 Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT-4)**

Der Peabody Picture Vocabulary Test- 4. Ausgabe (nach L.M. Dunn & D.M. Dunn 2007) misst den rezeptiven Wortschatz von Kindern zwischen 3 Jahren und 0 Monaten bis 16 Jahre und 11 Monaten (Campbell und Dommestrup, 2010). Die hier verwendete deutsche Adaption (nach A. Lenhard, W. Lenhard, R. Segerer, S. Suggate, 2015 erschienen im Pearson Verlag), orientiert sich dabei an der amerikanischen Originalausgabe. Ohne Zeitbegrenzung bekommen die Kinder beim PPVT Items präsentiert. Diese Items bestehen jeweils aus 4 Bildern und einem vom Untersucher gesprochenen Wort. Das Kind muss aus den 4 Bildern, dasjenige herausuchen, das am besten zu dem gesprochenen Wort passt. Die Schwierigkeit der Items ist im Testverlauf ansteigend. Der Test besteht aus insgesamt 228 Items, wobei jedoch an einem altersspezifischen Item gestartet wird. Abgebrochen wird der Test, sobald in einer Itemgruppe von 12 mindestens 8 falsch zugeordnet werden. Die T-Werte der einzelnen Altersstufen wurden aus der Normwerttabelle des Handbuchs entnommen.

### **2.3.7 Unberücksichtigte Tests**

Bei der Datenerhebung im Rahmen der DESIRE Studie wurden zusätzlich noch einige neuropsychologische Tests mehr durchgeführt, die in dieser Arbeit nicht berücksichtigt und diskutiert werden sollen, da sie nicht relevant für die hier betrachtete Fragestellung und das beschriebene Modell scheinen. Zu diesen Tests gehören der Zürcher Lesetest (M. Linder und H. Grisseemann, 2015, Hans Huber), die ELFE 1-6 (W. Lenhard und W. Schneider, 2006), der GoNoGo Untertest aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) (nach Zimmermann, P. und B. Fimm aus Psytest von 1993) und der Epitrack junior® (nach C. Hemstaedter).

Erwähnt werden soll dies, da sich so die lange Testdauer der Neuropsychologie und Aufteilung in mehrere Testblöcke erklärt. Durch nicht immer zu vermeidende abnehmende Konzentration der Probanden mit zunehmender Testlänge ist eine Beeinflussung der einzelnen Testergebnisse daher nicht sicher auszuschließen. Allerdings waren die Bedingungen und die Testlänge für alle Probanden dieser Stichprobe gleich.

## 2.4 Gedächtniskonsolidierung

### 2.4.1 Bedingungsabfolge

Gleichzeitig mit der Studienaufnahme und der Vergabe des Teilnehmer Codes wurden die Kinder zufällig in zwei Gruppen randomisiert. Die eine Hälfte hatte zuerst die Tag-Nacht-Bedingung, die andere startete mit der Nacht-Tag-Bedingung. Alle Kinder nahmen an beiden Bedingungen teil. Die Untersuchungen folgten jeweils direkt aufeinander, ohne eine mehrtägige Pause zwischen ihnen. Der Schlaf wurde bei beiden Bedingungen durch eine Polysomnographie (PSG) aufgezeichnet.

Bei der Nacht-Tag-Bedingung lernten die Kinder am Abend, direkt vor dem ins Bett gehen, die Gedächtnisaufgaben und wurden am nächsten Morgen nach dem Aufstehen abgefragt. Nach einer Pause, in der das PSG Gerät abgebaut wurde, lernten die Kinder die neuen Gedächtnisaufgaben für die Tagbedingung. Diese Aufgaben der Tagbedingung wurden am Abend des gleichen Tages wieder abgefragt.

Bei der Tag-Nacht-Bedingung lernten die Kinder zuerst am Morgen die Gedächtnisaufgaben und wurden am Abend abgefragt. Nach dem Aufbau des PSG Geräts lernten die Kinder erneut eine andere Version der Gedächtnisaufgaben, die sie am nächsten Morgen nach dem Schlaf abgefragt wurden. Hierbei wurde versucht möglichst einen Zeitraum von 12 Stunden zwischen dem Lern- und Abrufdurchgang bei beiden Bedingungen zu gewährleisten.


















	z. B. 08:00 Uhr 	z. B. 20:00 Uhr 		z. B. 08:00 Uhr 	z. B. 20:00 Uhr 
Tag-Nacht-Bedingung	Lernen 1  direkter Abruf 1 	verzögerter Abruf 1  Lernen 2  direkter Abruf 2 	PSG-Aufzeichnung	verzögerter Abruf 2 	
Nacht-Tag-Bedingung		Lernen 1  direkter Abruf 1 	PSG-Aufzeichnung	verzögerter Abruf 1  Lernen 2  direkter Abruf 2 	verzögerter Abruf 2 

Abbildung 2.1: schematische Darstellung der zeitlichen Abfolge der Aufgaben zur Gedächtniskonsolidierung

### **2.4.2 Psychomotor Vigilance Task**

Vor jeder Lernphase bzw. Abfragerunde wurde die „Psychomotor Vigilance Task“ (PVT) (Lim und Dinges, 2008) durchgeführt, um eventuelle Einflüsse des zirkadianen Rhythmus (z.B. abends gegenüber morgens) in der Aufmerksamkeit der Kinder beim Lernen und Abruf zu kontrollieren.

Der PVT ist ein einfacher Reaktionstest, bei dem die Probanden eine Taste auf dem Laptop so schnell wie möglich drücken müssen, wenn eine Zeitmessung zu laufen beginnt. Das Interstimulus Intervall liegt dabei zwischen 2 bis 10 Sekunden. Die Gesamtlänge beträgt 5 Minuten, wobei die Reaktionszeit gemessen wird.

### **2.4.3 Lerndurchgang**

Die Aufgaben der Gedächtniskonsolidierung wurden mithilfe eines Laptops und dem Programm Matlab® durchgeführt. Die Instruktionen waren für alle Probanden gleich vorformuliert, um einen Effekt durch den Versuchsleiter zu vermeiden. Eine grafische Darstellung des beschriebenen Aufgabendesigns ist unter Abbildung 2.2 nachfolgend zu diesem Abschnitt zu finden.

#### **2.4.3.1 Bildpaare**

Zur Testung des deklarativen Gedächtnisses wurde zuerst eine 2D „Location Task“ nach Rasch et al. (2007) durchgeführt. Dieses ist vergleichbar mit dem Kinderspiel „Memory“. 12 Bildpaare waren verdeckt auf dem Bildschirm des Laptops in einem 4 mal 6 Raster zu sehen. Bei den Bildern handelte es sich um farbige Zeichnungen, die Kinder in diesem Alter kennen (z.B. ein Einhorn, Pizza oder Tannenbaum). Eine vollständige Liste mit allen Abbildungen befindet sich im Anhang unter 7.8.

Zuerst wurden in einer Lernphase alle Bildpaare zweimal nacheinander zufällig durch den Computer aufgedeckt. Jedes Paar war dabei für drei Sekunden zeitgleich zu sehen.

Nach den zwei Durchläufen der Lernphase kam der direkte Abruf. Hierbei erschien wieder ein zufällig vom Computer ausgewähltes Bild. Das Kind wurde daraufhin aufgefordert, auf das zweite noch verdeckte, passende Bild auf dem Bildschirm zu zeigen. Ob richtig oder falsch wurde vom Untersucher auf dem Laptop codiert. Egal ob richtig oder falsch geantwortet,

bekam das Kind während dieses direkten Abrufs ein Feedback, indem sich das richtige Bild für 2 Sekunden aufdeckte. Der direkte Abruf dauerte solange, bis der Proband mindestens 60% der Bildpaare richtig zugeordnet hatte.

#### 2.4.3.2 Wortpaare

Die zweite Aufgabe der Gedächtniskonsolidierung „Wortpaare“ wurde direkt im Anschluss an die Aufgabe „Bildpaare“ durchgeführt. Diese Aufgabe wurde nach dem Muster des von Urbain et al. 2011 beschriebenen Versuches zur deklarativen Gedächtniskonsolidierung im Schlaf von kindlichen Epilepsiepatienten konzipiert (Urbain et al., 2011). Hierbei sollte das Kind Wortpaare lernen. Bis zum Erreichen des 9. Lebensjahres wurden dem Kind 22 Wortpaare präsentiert, die älteren Kinder bekamen zur Steigerung der Schwierigkeit 32 Wortpaare gezeigt.

Die Wortpaare wurden in einer Lernphase in zufälliger Reihenfolge auf dem Laptopbildschirm für 4 Sekunden präsentiert und dabei vom Untersucher laut und gleichmäßig vorgelesen. Bei den Wortpaaren handelte es sich um Wörter, die sich einfach miteinander in Verbindung setzen lassen. Dazu gehörten zum Beispiel „Keks und Schokolade“, „Spazierstock und Opa“ oder „Blume und Garten“. Die Begriffspaare sind der Studie von Urbain und Kollegen (2011) entnommen und wurden aus dem Französischen ins Deutsche übersetzt. Die Kontrolle der Worthäufigkeit wurde mithilfe der Datenbank des ChildLex Programms durchgeführt. Bei ChildLex handelt es sich um ein Kooperationsprojekt der Universität Potsdam und der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaft, bei dem der Sprachkorpus für Kinder im deutschsprachigen Raum untersucht und dokumentiert wurde (Schroeder et al., 2014). Diese Prüfung stellte sicher, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen der Worthäufigkeit im französischen Original und der deutschen Adaptation sowie zwischen den Versionen A-D innerhalb dieser Studie gab.

Weiter erschien in der Lernphase nach jedem Wortpaar, das durch den Untersucher vorgelesen wurde, direkt im Anschluss wieder das erste Wort des Paares und das Kind musste das zweite passende Wort dazu benennen. Der Untersucher codierte wieder manuell die Leistung des Kindes auf dem Laptop und dem Kind wurde direkt, egal ob richtig oder falsch, ein Feedback durch das Erscheinen des richtigen zweiten Wortes gegeben.

Im zweiten Durchgang, dem direktem Abruf, erschien direkt nur noch, wieder in zufälliger Reihenfolge, das erste Wort eines Pärchens und das Kind wurde aufgefordert das richtige

zweite Wort zu nennen. In diesem Durchgang gab es bei falscher Nennung ein Feedback mit dem richtigen Begriff. Wenn das Kind weniger als 60% der Wortpaare richtig lösen konnte, wiederholte sich der erste Durchgang mit der Darbietung und dem Vorlesen der Wortpaare durch den Untersucher. Auch hier wurde die Leistung wieder durch den Untersucher auf dem Laptop codiert. Diese Abfolge der zwei Lerndurchgänge wiederholte sich solange, bis im zweiten, direkten Abruf 60% der Wortpaare durch das Kind richtig genannt wurden.

#### 2.4.4 Verzögerter Abruf

Beim verzögerten Abruf am Abend oder Morgen wurde zuerst die Bildpaaraufgabe abgefragt. Es deckte sich nach dem Zufallsprinzip ein Bild auf dem Laptopbildschirm im gleichen grauen Raster des Lerndurchganges auf und das Kind musste das passende zweite Bild auf dem Bildschirm identifizieren. Dabei bekam das Kind kein Feedback und jedes Bilderpaar wurde genau einmal abgefragt. Beim verzögerten Abruf der Wortpaare tauchte wieder in zufälliger Reihenfolge das erste Wort eines Pärchens auf und das Kind musste das zweite direkt benennen. Auch hier gab es kein Feedback und der Untersucher codierte das Ergebnis.

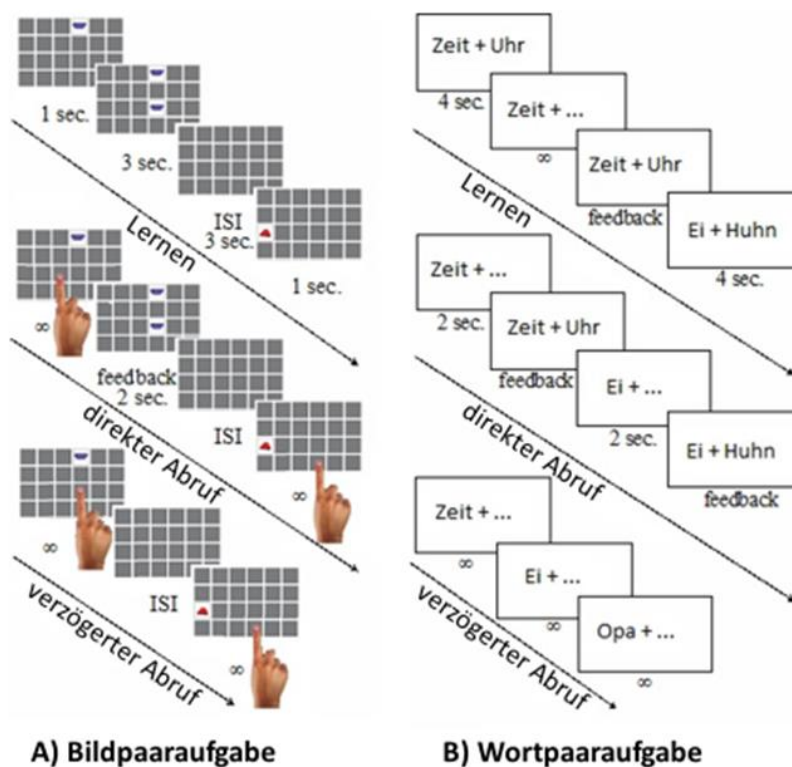


Abbildung 2.2: Aufgabendesign der Gedächtniskonsolidierung modifiziert nach dem Ethikantrag der DESIRE Studie

### 2.4.5 Randomisierung

Insgesamt gab es jeweils 4 Bildraster mit verschiedenen Sets an Bildern (A-D) und 4 Wortlisten mit verschiedenen Wortpaaren (siehe 7.9 Anhang). Diese waren vom Schwierigkeitsgrad vergleichbar. Daher wurde nicht nur die Bedingungsabfolge durch den Probandencode randomisiert, sondern auch welches Kind welche Bild- oder Wortliste bekam und welche davon zur Tag- oder Nachbedingung gelernt wurde.

### 2.4.6 Testzeitpunkt und Schlaftagebuch

Der Zeitpunkt des Lernens und Abfragens richtete sich nach dem normalen Schlafrhythmus des Kindes und seiner gewohnten Schlafenszeit. Mit Hilfe eines Schlaftagebuches (siehe 7.7 Anhang), in dem die Eltern oder je nach Alter die Kinder selbst die Schlafenszeiten der vorherigen 4 Tage und des Untersuchungstages dokumentierten, wurde nach Abweichungen des gewohnten Schlafrhythmus an dem Untersuchungstag geschaut. Auch die subjektive Schlafqualität und das Befinden über Tag wurden über Schulnoten zwischen den Tagen vor und während der Testung verglichen. Ein Schlafen über Tage sollte von den Kindern während der „Tag-Bedingung“ unterlassen werden und wurde über das Schlaftagebuch kontrolliert.

Die Auswertung des Schlaftagebuches zeigte keine besonderen Unterschiede der Schlafdauer, der Schlafqualität, der Qualität des Erwachens und des Tagesbefindens zwischen dem Mittelwert der 4 Tagen vor der Messung ( $\bar{\emptyset}$  n4-n1) und der Nacht mit der PSG Messung (siehe Tabelle 2.3).

Tabelle 2.3: Auswertung des Schlaftagebuchs

	<b>N</b>	<b><math>\bar{\emptyset}</math> n4-n1</b>	<b>N</b>	<b>PSG-Nacht</b>
<b>Schlafdauer (in Std.)</b>	23	9,25	21	9,8
<b>Schlafqualität (Note)</b>	19	1,6	18	1,8
<b>Qualität des Erwachens (Note)</b>	17	2,2	18	1,8
<b>Tagesbefinden (Note)</b>	17	1,9	15	1,8

$\bar{\emptyset}$  n4-n1 = Mittelwert der 4 Tagen vor der Testnacht; PSG-Nacht = Nacht der Testung der Gedächtniskonsolidierung mit gleichzeitiger PSG-Aufnahme; Note= Schulnoten 1-5, wobei 1 sehr gut und 5 mangelhaft beschreibt

Tabelle 2.4: Übersicht der PSG-Auswertung

## 2.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe der Computerprogramme SPSS® 24 und STATA® 13.1. Bis auf die Pfadanalysen wurden alle statistischen Berechnungen mit SPSS durchgeführt.

Für die neuropsychologischen Tests wurden, wo vorhanden, T-Werte genutzt. Diese entstammten den Normstichproben, die in den jeweiligen Handbüchern der Tests zu finden sind.

Zur Anpassung der Schwierigkeit bei der Gedächtniskonsolidierung gab es für Kinder unter 9 Jahren in der Aufgabe „Wortpaare“ eine verkürzte Wortpaarliste. Damit die Skalierung zwischen beiden Altersgruppen und der in der Aufgabe „Bildpaare“ vergleichbar bleibt, wurden die Ergebnisse in Prozentwerten der präsentierten Pärchen angegeben.

Die Daten wurden zuerst einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Hierbei wurde auf fehlende Werte und eine ungewöhnliche Verteilung oder Ausprägung in den Daten geschaut. Des Weiteren wurden die Daten mit Hilfe von Boxplots graphisch auf Ausreißer untersucht. Zur Überprüfung der Normalverteilung der Stichprobe wurde für jeden einzelnen Test der Neuropsychologie ein Kolmogorov-Smirnov-Test durchgeführt (Ergebnisse in Tabelle 7.1 im Anhang). Hier zeigte sich für mehrere Tests eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung. Da ein spezifischer Nachteil des Kolmogorov-Smirnov-Tests die hohe Sensitivität mit schnell signifikanten Ergebnissen bei geringer Abweichung ist, war dieses Ergebnis nicht verwunderlich. Nach der Überprüfung der einzelnen Verteilungsgrafiken zeigte sich aber, dass nur „MCGCF direktes Abmalen“ keine Normalverteilung aufweist. So konnten im Folgenden meist parametrische Korrelationen nach Pearson gerechnet werden. Nur für „MCGCF direktes Abmalen“ war eine non-parametrisch Korrelationsberechnung nach Spearman-Rho notwendig.

### 2.5.1 *Baseline-Korrektur*

Nach der Plausibilitätsprüfung wurde eine Baseline-Korrektur für die Ergebnisse der Wort- und Bildpaaraufgaben der Gedächtniskonsolidierung durchgeführt. Hierzu wurde die Differenz des letzten direkten Abrufes im Lerndurchgang mit dem verzögerten Abruf (Behaltensleistung) nach 12 Stunden gebildet. Der so berechnete Prozentwert gibt an, wie viel das Kind von den gelernten Wort- oder Bildpaaren behalten kann, unabhängig von der vorher gezeigten

Lernkapazität. Ein positives Ergebnis bedeutet in diesem ersten Schritt ein Mehr an behaltene Wort- bzw. Bildpaaren beim verspäteten Abruf als beim letzten Lerndurchgang. Dies ist daher möglich, da es beim direkten Abruf als Teil der Lernphase ein Feedback gibt (siehe Abbildung 2.2). Ein negatives Ergebnis bedeutet einen Verlust an Erinnertem. Ein Beispiel: Das Kind kann nach den Lerndurchgängen beim direkten Abruf 29 (90%) der 32 präsentierten Wortpaare (100%) richtig benennen. Am Abend erinnert es sich noch an 25 (80%) der Wortpaare. Es hat damit einen Baseline-korrigierten Wert von -10% (es erinnert 10% weniger als ursprünglich gelernt). Ein Kind, das im direkten Abruf 70% richtig benennen kann und am Abend 80% erinnern kann, hat einen Baseline-korrigierten Wert von 10% (bei gleicher Abrufleistung erinnert sich das Kind an 10% mehr). Durch diese Baseline-Korrektur ist es möglich die individuelle „Erinnerungsleistung“ über Tag oder über Nacht unabhängig von der Lernleistung des Kindes individuell betrachten zu können.

### **2.5.2 Benefit Berechnung**

Der zweite Schritt bestand darin, den Gewinn bzw. den Verlust an behaltene Bild- und Wortpaaren über Nacht im Vergleich zum Tag zu errechnen. Hierzu wurde die Differenz des Baseline-korrigierten Ergebnisses der Nacht zum Tage gebildet. Dies bedeutet, dass der Gewinn oder Verlust an behaltene Wortpaaren sich aus den behaltene Wortpaaren über Nacht minus den behaltene Wortpaaren über Tag ergibt. Somit zeigt ein positiver Wert einen „Gewinn“ in der Nacht im Vergleich zum Tag und ein negativer Wert einen „Verlust“ an Behaltenem in der Nacht zum Tag. Gleiches gilt für die Bildpaare. An einem Beispiel soll dieser Benefit bzw. Gewinn verdeutlicht werden. Ein Kind behält über Tag 80% der von ihm im letzten Lerndurchgang richtig genannten Pärchen (Baseline-Korrektur) und über Nacht 90%. Dann liegt der individuelle Benefit bzw. Gewinn an behaltene Pärchen bei 10% über Nacht. Sollte das Kind über Tag 85% behalten und über Nacht nur 80%, läge der Benefit bei -5% und es gab somit einen Verlust bzw. Vergessen von 5% an Behaltenem über Nacht im Vergleich zum Tag. Dieser Schritt ist notwendig, um die Frage des individuellen Unterschiedes der nächtlichen Konsolidierung zum Tag betrachten zu können.



## 2.6 Pfadanalyse

Bei einer Pfadanalyse handelt es sich um ein Strukturgleichungsmodell, mit dem theoretisch formulierte Hypothesensysteme überprüft werden können. Der Vorteil einer Pfadanalyse gegenüber einer Regressionsanalyse liegt in der Gerichtetheit der Analyse und der Mitberechnung der Wechselbeziehungen mehrerer abhängiger Variablen. Sie besteht aus mehreren Regressionsgleichungen und berücksichtigt dabei aber auch die Interkorrelationen der einzelnen Variablen. So besteht ein großer Vorteil in der Pfadanalyse auch darin, dass hier keine Gefahr der Alphafehler-Kumulierung, wie sie beim multiplen Testen besteht, vorliegt. So kann auf eventuelle Korrekturen wie mit der Bonferroni-Formel verzichtet werden. Ein Nachteil der Pfadanalyse liegt bei einem umfangreichen Modell mit latenten Variablen in einer hohen benötigten Fallzahl. Eine Analyse mit nur manifesten Variablen sollte aber mit mindestens 5 Probanden pro Modellparameter berechnet werden (Rossi, 2014). Bei einer höheren Anzahl als 5 Probanden pro Variable in der Pfadanalyse steigt der Fehler 2. Art und die Power sinkt deutlich.

Für die Durchführung einer Pfadanalyse müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt werden. Zuerst muss es eine theoretisch begründete Modellvorstellung der Zusammenhänge zwischen den untersuchten Variablen geben. Des Weiteren müssen einige statistische Voraussetzungen erfüllt sein. Das Skalenniveau der Parameter muss metrisch sein. Da in der vorliegenden Untersuchung mit den neuropsychologischen Tests bereits validierte Testverfahren genutzt wurden, kann hier von einer Intervallskalierung ausgegangen werden. Außerdem müssen die Variablen normalverteilt sein (Rossi, 2014). Dafür wurde, wie in 2.6 beschrieben, ein Kolmogorov-Smirnov-Test zur Überprüfung einer Normalverteilung der Stichprobe durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass bis auf „MCGCF direktes Abmalen“ eine Normalverteilung für alle Testergebnisse angenommen werden kann. Somit konnten außer „MCGCF direktes Abmalen“ alle Tests zur Berechnung der Pfadanalyse genutzt werden.

Als Pfadkoeffizient wird der Regressionskoeffizient  $\beta$  genommen. Die geschätzte Störgröße wird durch das Residuum  $R$  (Maß für den vertikalen Abstand zwischen Beobachtungspunkt und geschätzter Regressionsgrade) beschrieben. Zur Verbesserung dieser Schätzung wird das Residuum zum Quadrat genommen. Angegeben wird in der Grafik die Quadratwurzel ( $\sqrt{\text{sqrt}}$ ) aus  $(1-R^2)$  unterhalb der abhängigen Variable.

Da bei der kleinen Stichprobe dieser Studie nur maximal 6 Tests als Variablen berechnet werden können, wurde als vorbereitenden Schritt zur Pfadanalyse zuerst eine explorative Datenanalyse durchgeführt. Hierfür wurden Einzelkorrelationen zwischen dem Ergebnis der verschiedenen neuropsychologischen Tests und dem individuellen Gewinn an Behaltenem über Nacht im Vergleich zum Tag gerechnet. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde entschieden, welche Tests für die Pfadanalyse ausgewählt wurden. Zum besseren Verständnis folgt die Begründung für die Testauswahl direkt im Anschluss an die einzelne Ergebnisdarstellung in 3.4. Zu Bedenken gilt bei jeglicher Interpretation der Ergebnisse dieser Einzelkorrelationen, dass es sich ausschließlich um eine explorative Analyse als vorbereitenden Schritt auf die Pfadanalyse handelt. Da alle Berechnungen an dem gleichen Datensatz durchgeführt wurden, liegt hier multiples Testen vor. Für korrekte statistische Ergebnisse muss in Folge dessen noch eine Bonferroni-Korrektur durchgeführt werden, um die Kumulierung des Alpha-Fehlers zu berücksichtigen, worauf in diesem Schritt aufgrund des explorativen Charakters aber verzichtet wurde.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Gedächtniskonsolidierung von Wort- und Bildpaaren

Die Grafik zeigt als Boxplot die Spanne der individuellen Erinnerungsleistung von Tag und Nacht für Wort- und Bildpaare in Prozent. Hierbei fällt vor allem die große Streuung der Ergebnisse bei den Bildpaaraufgaben im Unterschied zu den Wortpaaren auf. Der Proband mit der Nummer 12 war in allen anderen Aufgaben und Testleistungen unauffällig.

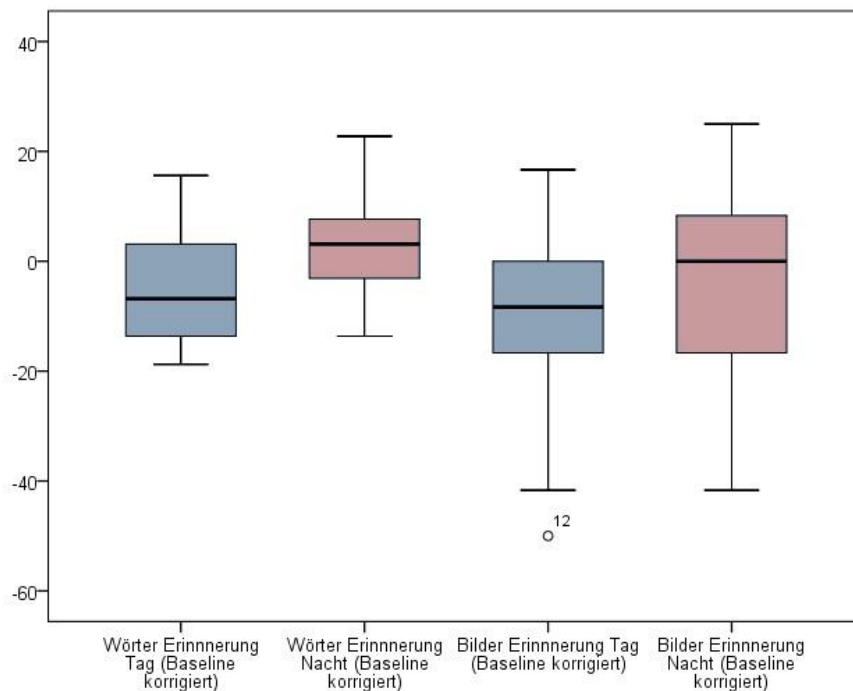


Abbildung 3.1: Boxplot der Erinnerungsleistungen von Wort- und Bildpaaren im Tag (blau)- Nacht (rot)- Vergleich

#### 3.1.1 Wortpaarerinnerung

Für das Erinnern von Wortpaaren zeigt sich, dass die Probanden im Laufe des Tages 5,46% des Gelernten vergessen. Nach einer Nacht mit Schlaf, allerdings 2,51% mehr Wortpaare erinnern, als im letzten Lerndurchgang. So ergibt sich eine Differenz von 7,99% zwischen der Erinnerungsleistung über Tag und der über Nacht. Dieses Ergebnis ist mit  $p < .004$  im

gepaarten t-Test signifikant. Es handelt sich hierbei um die Baseline-korrigierten Werte zum direkten Vergleich der individuellen Unterschiede im Erinnern ohne den Einflussfaktor des unterschiedlichen Lernens (siehe 2.6.1).

Tabelle 3.1: Deskriptive Statistik der Wortpaarerinnerung (Baseline-korrigiert) am Tag und in der Nacht sowie der Differenz der Erinnerung in der Nacht gegenüber dem Tag

	Stichprobengröße (N)	Minimum %	Maximum %	Mittelwert %	Standard- abweichung
Erinnerung Wörter Tag	28	-18,75	15,63	-5,47	9,69
Erinnerung Wörter Nacht	28	-13,64	22,73	2,52	8,10
Differenz Wörter Tag-Nacht	28	-9,09	36,36	7,99*	13,23

\*. Die Differenz ist im gepaarten t-Test auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant ( $p < .004$ )

### 3.1.2 Bildpaarerinnerung

Für das Erinnern von Bildpaaren zeigte sich die gleiche Tendenz wie bei Wortpaaren. Insgesamt wurden von den Kindern aber mehr Bildpaare vergessen: über Tag kam es zu einem Verlust von 8,04% und über Nacht wurden durchschnittlich nur 3,27% vergessen. Somit lag die Differenz zwischen Tag und Nacht bei 4,76% und war damit aber im gepaarten t-Test nicht signifikant ( $p = .232$ ).

Tabelle 3.2: Deskriptive Statistik der Wortpaarerinnerung (Baseline-korrigiert) am Tag und in der Nacht sowie der Differenz der Erinnerung in der Nacht gegenüber dem Tag

	Stichprobengröße (N)	Minimum %	Maximum %	Mittelwert %	Standard- abweichung
Erinnerung Bilder Tag	28	-50,00	16,67	-8,04	16,43
Erinnerung Bilder Nacht	28	-41,67	25,00	-3,27	16,72
Differenz Bilder Tag-Nacht	28	-33,33	50,00	4,76	20,59

Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) nicht signifikant ( $p = .232$ )

### 3.1.3 Zusammenhang zwischen Lern- und Abrufleistung

Die Grundvoraussetzung für gutes Behalten ist zunächst einmal das gute Lernen der Wort- und Bildpaare. Denn nur erfolgreich Encodiertes kann auch konsolidiert werden. So zeigt sich bei der Korrelationsberechnung nach Pearson der erwartete signifikante Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des letzten Lerndurchgangs und den Abrufleistungen für Wortpaare über Tag ( $r = .715$ ;  $p < .001$ ) sowie über Nacht ( $r = .720$ ;  $p < .001$ ). Für Bildpaare zeigt sich nur ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Lern- und Abrufleistungen über Tag ( $r = .531$ ;  $p = .004$ ). Für das Behalten über Nacht von Bilderpaaren wurde der Zusammenhang zwischen initialer Lern- und Behaltensleistung nicht signifikant ( $r = .322$ ;  $p = .094$ ).

Um zu prüfen, ob es einen Einfluss der direkten Lernleistung auf die Konsolidierungsleistung gibt, wurden Korrelationen zwischen den Ergebnissen des ersten initialen Lerndurchgangs und den Abrufleistungen gerechnet. Diese Korrelationen wurden sowohl für die Wortpaar- als auch für die Bildpaaraufgabe nicht signifikant (Wortpaare: Tagbedingung  $p = .929$ ; Nachtbedingung  $p = .941$ ; Bildpaare: Tagbedingungen  $p = .997$ ; Nachtbedingungen  $p = .127$ ).

Zum Erreichen des Lernkriteriums von mindestens 60% brauchten die Probanden unterschiedlich viele Lerndurchgänge, wie Tabelle 3.3 beschreibt. Es zeigt sich eine vergleichbare Spanne der Lerndurchgänge zwischen Tag und Nachtbedingungen, jedoch war die Bildpaaraufgabe für die Kinder schwieriger zu erlernen gewesen. Hier brauchten sie im Mittel einen Lerndurchgang mehr als bei den Wortpaaraufgaben und es liegt eine mit 7 bzw. 8 Lerndurchgängen höhere Maximalzahl vor.

Tabelle 3.3: Anzahl der benötigten Lerndurchgänge bis zum Erreichen des 60%-Abbruchkriteriums in der Lernphase der Gedächtniskonsolidierung von Wort- und Bildpaaren während der Tag- und Nachtbedingung

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
<b>Wortpaare</b>				
Tagbedingung	1	2	1,46	0,51
<b>Wortpaare</b>				
Nachtbedingung	1	2	1,50	0,51
<b>Bildpaare</b>				
Tagbedingung	1	7	2,43	1,40
<b>Bildpaare</b>				
Nachtbedingung	1	8	2,39	1,71

## 3.2 Einfluss der Bedingungsabfolge

### 3.2.1 Wortpaaraufgabe

Bei der Überprüfung eines eventuellen Reihenfolgeeffektes als Einflussfaktor auf die Ergebnisse wurde eine univariante Varianzanalyse (ANOVA) mit zwei Faktoren, der Bedingung (Nacht (in der Grafik blau) oder Tag (in der Grafik rot)) und der Reihenfolge der Bedingung (zuerst Nacht (Nacht-Tag) oder zuerst Tag (Tag-Nacht)) durchgeführt.

Es zeigte sich für die Aufgabe „Wortpaare“ kein signifikanter Unterschied ( $p = .787$ ) in den Gedächtnisleistungen am Tag oder der Nacht in Abhängigkeit der Bedingungsreihenfolge (vgl. Abb. 3.2).

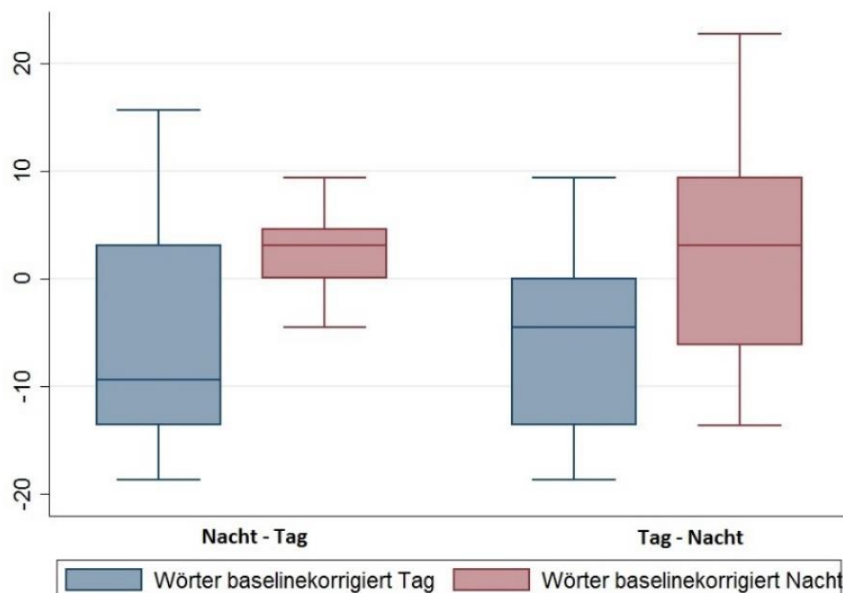


Abbildung 3.2: Überprüfung eines Reihenfolgeeffekts für das Erinnern von Wortpaaren: Bedingung: Nacht (in Rot dargestellt) und Tag (in Blau dargestellt); Reihenfolge der Bedingung: zuerst Nacht (Nacht-Tag) oder zuerst Tag (Tag-Nacht)

### 3.2.2 Bildpaaraufgabe

Bei den Bildpaaraufgaben kann eine eventuelle Interferenz der Aufgaben nicht ausgeschlossen werden (siehe Abbildung 3.3). Je nach randomisierter Reihenfolge der Bedingungen unterscheiden sich die Ergebnisse augenscheinlich. Bei der Tag-Nacht-Bedingung gab es keinen deutlichen Zuwachs der Erinnerungsleistung über Nacht im Gegensatz zu der Nacht-Tag-Bedingung. Die statistische Berechnung der univarianten

Varianzanalyse (ANOVA) ergibt allerdings auch hier keinen signifikanten Unterschied ( $p = .592$ ), der durch die Reihenfolge entstanden ist.

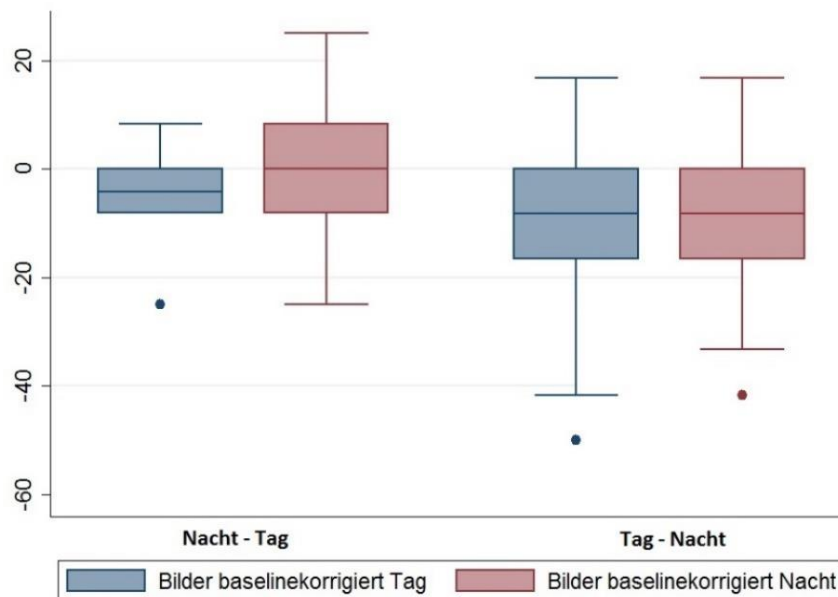


Abbildung 3.3: Überprüfung eines Reihenfolgeeffekts für das Erinnern von Bildpaaren: Bedingung: Nacht (in Rot dargestellt) und Tag (in Blau dargestellt); Reihenfolge der Bedingung: zuerst Nacht (Nacht-Tag) oder zuerst Tag (Tag-Nacht)

### 3.3 Explorative Korrelationen

Zur besseren Übersicht sind die explorativen Korrelationen zwischen den Ergebnissen der neuropsychologischen Testverfahren und dem individuellen Gewinn durch Schlaf für die Aufgaben der deklarativen Gedächtniskonsolidierung nach Domänen gegliedert. Hierbei wurde versucht den Testverfahren eine kognitive Domäne, die durch diesen Test hauptsächlich operationalisiert wird, zuzuordnen.

#### 3.3.1 Einzelkorrelationen Sprachdomäne

Die Tests zu den sprachlichen Fähigkeiten zeigen unterschiedliche Zusammenhänge zu dem Benefit von Schlaf auf die Gedächtniskonsolidierung (siehe Tabelle 3.5). Der passive Wortschatz (PPVT) hat hierbei einen negativen Einfluss auf den individuellen Benefit im Schlaf für das Erinnern von Wortpaaren. Diejenigen Kinder, die über einen großen passiven Wortschatz verfügen, profitierten von Schlaf signifikant weniger als Kinder mit einem geringeren passiven Wortschatz. Auf den Benefit von Schlaf zur Konsolidierung von Bildpaaren

zeigt der passive Wortschatz keinen Einfluss. Die Fähigkeit des konfrontativen Benennens (Boston Naming Test) andererseits zeigt sich in dieser Studie ohne bedeutsamen Einfluss auf den Benefit von Schlaf, sowohl für das Erinnern von Wort- als auch Bildpaaren.

Tabelle 3.5: Einzelkorrelation nach Pearson der sprachbezogenen Aufgaben

	Stichprobengröße (N)	Wortpaare Korrelation	Signifikanz	Bildpaare Korrelation	Signifikanz
<b>Wortschatz (WISC)</b>	28	-.253	.186	.051	.797
<b>Gemeinsamkeiten finden (WISC)</b>	28	-.133	.500	-.173	.379
<b>Peabody Picture Vocabulary Tests</b>	28	-.402*	.034*	.001	.995
<b>Boston Naming Test</b>	28	.011	.956	.080	.686

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Für die Pfadanalyse wurde der passive Wortschatz (PPVT) ausgewählt. Er zeigt hier die beste Differenzierung der Korrelationen zwischen Wort- und Bildpaaren. Des Weiteren wurde er auch in anderen Studien zum "Matthäus-Effekt" genutzt (James et al., 2017).

### 3.3.2 Einzelkorrelation Aufmerksamkeit und Arbeitstempo

Die Ergebnisse der Zusammenhänge zwischen dem Benefit durch Schlaf für die Gedächtniskonsolidierung und den Tests zum visuomotorischen Arbeitstempo, einer Komponente der Aufmerksamkeit, zeigt Tabelle 3.6.

Tabelle 3.6: Einzelkorrelation nach Pearson der Aufgaben zu Aufmerksamkeit und Arbeitstempo

	Stichprobengröße (N)	Wortpaare Korrelation	Signifikanz	Bildpaare Korrelation	Signifikanz
<b>Symbolsuche (WISC)</b>	28	-.211	.282	-.075	.704
<b>Zahlen-Symbol-Test (WISC)</b>	28	-.592**	.001**	-.320	.097

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.



Für die Pfadanalyse wurde des Weiteren der "Zahlen-Symbol-Test" (ZST), ein Test zur Verarbeitungsgeschwindigkeit aus dem WISC- IV, bei dem das visuomotorische Arbeitstempo eine entscheidende Rolle spielt, ausgewählt. Er zeigt eine hoch signifikante Korrelation ( $p > .001$ ) zum Benefit des Schlafes für Wortpaare. Dieser signifikant negative Zusammenhang bedeutet, dass diejenigen Kinder, die bei dieser Aufgabe schlechter abgeschnitten haben, individuell mehr von einem Zeitraum mit Schlaf gegenüber einem Wachzeitraum für die Konsolidierung von Wortpaaren profitieren als diejenigen Kinder, die gut in dieser Aufgabe waren. Daraus kann aber nicht abgeleitet werden, dass sie grundsätzlich mehr erinnern, sondern nur, dass ihr individueller Benefit vom Schlaf höher ist. Dies zeigt sich allerdings anders für die Konsolidierung von Bildpaaren. Hier scheint der Zusammenhang der Verarbeitungsgeschwindigkeit mit dem Profit vom Schlaf weniger stark zu sein ( $p = .097$ ).

### 3.3.3 Einzelkorrelation nonverbales Arbeitsgedächtnis

Bei der Betrachtung der Ergebnisse zum nonverbalen Arbeitsgedächtnis (siehe Tabelle 3.8) lässt sich ein negativer Zusammenhang zwischen dem Benefit von Schlaf auf die Konsolidierung von Bildpaaren mit dem Test „vorwärts Block Tapping“ und dem „gesamt Block Tapping“ erkennen. Bei der Betrachtung der Rohwerte „Block Tapping vorwärts“ für die gesamte Stichprobe ( $N=28$ ) wird diese Korrelation signifikant. Diese Rohwerte sind im Gegensatz zu den Normwerten allerdings nicht alterskorrigiert.

Tabelle 3.7: Einzelkorrelationen nach Pearson der Aufgaben zum nonverbale Arbeitsgedächtnis

	Stichprobengröße (N)	Wortpaare Korrelation	Signifikanz	Bildpaare Korrelation	Signifikanz
Block Tapping Norm gesamt	22	-.252	.259	-.400	.065
Block Tapping Norm vorwärts	22	-.151	.503	-.400	.065
Block Tapping Norm rückwärts	22	-.042	.851	-.110	.625
Block Tapping Rohwert gesamt	27	.100	.618	-.321	.102
Block Tapping Rohwert vorwärts	28	.088	.655	-.420*	.026*
Block Tapping Rohwert rückwärts	27	.087	.665	-.103	.610

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Der Block Tapping Test, der das räumlich-visuelle Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis erfasst, hat für Kinder unter 8 Jahren keine Normwerte. Somit würde sich die Stichprobe hier auf 22 Datensätze verkleinern, sollte dieser Test in die Pfadanalyse aufgenommen werden. Da durch die Verkleinerung der Stichprobe die Validität der Pfadanalyse eingeschränkt wird, wurde dieser Test aus methodischen Gründen nicht mit aufgenommen. Da Block Tapping jedoch den Goldstandard für das nonverbale Arbeitsgedächtnisses darstellt (Weicker und Hudl, 2017), wurde eine ausschließlich explorative Pfadanalyse mit nur 22 Datensätzen und 7 Variablen durchgeführt. Die Ergebnisse hierzu befinden sich unter 7.5 im Anhang.

### 3.3.4 Einzelkorrelation verbales Arbeitsgedächtnis

Das verbale Arbeitsgedächtnis zeigt keinen bedeutsamen Einfluss auf den individuellen Gewinn durch Schlaf auf die Gedächtniskonsolidierung von Wort- und Bildpaaren. Eine Übersicht der Ergebnisse findet sich in Tabelle 3.8.

Tabelle 3.8: Einzelkorrelationen nach Pearson der Aufgaben zum verbalen Arbeitsgedächtnis

	Stichprobengröße (N)	Wortpaare Korrelation	Signifikanz	Bildpaare Korrelation	Signifikanz
Zahlennachsprechen (WISC) vorwärts	28	-.031	.876	-.264	.174
Zahlennachsprechen (WISC) rückwärts	28	-.048	.808	.007	.971
Zahlennachsprechen (WISC) gesamt	28	-.050	.802	-.188	.339

Zur Repräsentation des verbalen Arbeitsgedächtnisses wurde für die Pfadanalyse „Zahlennachsprechen gesamt“ aus dem WISC-IV gewählt.

### 3.3.5 Einzelkorrelation Verbalgedächtnis

Für das deklarative Verbalgedächtnis lässt sich insgesamt eine Tendenz ohne Signifikanzen der Unterschiede zwischen Wort- und Bildpaarkonsolidierung erkennen. Gute Leistungen in den verschiedenen Parameter des Verbalen Lern- und Merkfähigkeits-Tests (VLMT) führen zu einem geringeren Benefit der Nacht für die Konsolidierung von Wortpaaren im Vergleich zum Tag, während für Bildpaare eher eine leicht positive Tendenz zu sehen ist (siehe Tabelle 3.9).

Tabelle 3.9: Einzelkorrelationen der Aufgaben zum deklarativen Verbalgedächtnis

	Stichprobengröße (N)	Wortpaare Korrelation	Signifikanz	Bildpaare Korrelation	Signifikanz
VLMT Dg 1-5	28	-.107	.589	.032	.871
VLMT Dg 7	28	-.186	.343	.171	.367
VLMT Dg 5-7	28	-.239	.220	.099	.617
VLMT verspäteter Abruf	28	-.156	.427	-.049	.806

Für die Pfadanalyse wurde der „VLMT verspätete Abruf“ gewählt, da dieser Untertest am besten zur Abbildung des Verbalgedächtnisses ohne weitere Einflussfaktoren, wie z.B. Encodierungsleistung bei Dg 1-5, geeignet scheint.

### 3.3.6 Einzelkorrelation visuelles Gedächtnis

Es zeigt sich ein nicht signifikant negativer Zusammenhang zwischen dem Benefit von Schlaf auf die Konsolidierung von Bildpaaren und den Testleistungen der Probanden für das visuelle Langzeitgedächtnis im „MCGCF verzögerter Abruf“. Für Wortpaare zeigt sich dieser Zusammenhang allerdings nicht. Die Ergebnisse des Block Tappings wurden bereits in 3.4.3 dargestellt und finden sich, da sie auch Aspekte des visuellen Gedächtnisses darstellen, der Übersichtshalber noch einmal in der folgenden Tabelle 3.10.

Tabelle 3.10: Einzelkorrelation nach Pearson der Aufgaben zum visuellen Gedächtnis

	Stichprobengröße (N)	Wortpaare Korrelation	Signifikanz	Bildpaare Korrelation	Signifikanz
Block Tapping vorwärts Norm	22	-.151	.503	-.400	.065
Block Tapping Rohwert vorwärts	28	.088	.655	-.420*	.026
MCGCF verzögerter Abruf	28	-.083	.673	-.242	.215

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Zur Abbildung des visuellen Gedächtnisses in der Pfadanalyse wurde der Medical Collage of Georgia Complex Figure (MCGCF) „verzögerter Abruf“ gewählt. Da die Aufgaben des Block Tappings aus methodischen Gründen ausscheiden (siehe 3.4.3). Des Weiteren bildet „Block Tapping vorwärts“ eher das visuelle Kurzzeitgedächtnis ab und in dieser Fragestellung soll stärker das visuelle Langzeitgedächtnis betrachtet werden.

### 3.3.7 Einzelkorrelation visuell-räumliches Denken

Die Korrelationen zwischen den Aufgaben zum visuell-räumlichen Denken dem Mosaik- und Matrizen test aus dem WISC-IV und dem Benefit durch Schlaf für die Konsolidierung zeigen sowohl für Wort- als auch für Bildpaare einen nicht signifikant negativen Zusammenhang. Der Zusammenhang zum direkten Abzeichnen der Figur des MCGCF Tests ist nicht signifikant positiv (siehe Tabelle 3.11).

Tabelle 3.11: Einzelkorrelation der Aufgaben zum visuell-räumlichen Denken

	Stichprobengröße (N)	Wortpaare Korrelation	Signifikanz	Bildpaare Korrelation	Signifikanz
<b>MCGCF Copy n. Spearman-Rho</b>	28	.197	.315	.116	.555
<b>Mosaiktest (WISC) Pearson</b>	28	-.318	.099	-.105	.593
<b>Matrizentest (WISC) Pearson</b>	28	-.197	.316	-.166	.398

Die Einzelkorrelation der Aufgabe „MCGCF Copy“ wurde nach Spearman-Rho berechnet, da hier keine Normalverteilung vorlag (vgl. 7.3). Somit kann „MCGCF Copy“ auch nicht in die Berechnung der Pfadanalyse aufgenommen werden (siehe 2.7). Zur Berechnung der Pfadanalyse wurde der Mosaiktest aus dem WISC-IV gewählt, da er die beste Differenzierung zwischen Wort- und Bildpaaren zeigt.

### 3.4 Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Domänen auf den Gewinn durch Schlaf

Für die Pfadanalyse wurde für jede kognitive Domäne ein Test mit Hilfe der zuvor beschriebenen Einzelkorrelationen ausgewählt (vgl. 3.4). Aufgrund der Stichprobengröße von  $N=28$  konnten maximal 6 Tests als Variablen in die Pfadanalyse aufgenommen werden. In einer Pfadanalyse ist bereits der Faktor des multiplen Testens und die Interkorrelationen der einzelnen Tests mitaufgenommen. Eine weitere statistische Korrektur ist daher nicht mehr nötig (vgl. 2.7). Eine tabellarische Übersicht der ausführlichen Ergebnisse aller Pfadanalysen befindet sich unter 7.4 im Anhang.

#### 3.4.1 Interkorrelationen der neuropsychologischen Tests

Die Interkorrelationen zwischen den Test sind in den folgenden Grafiken auf der linken Seite mit schwarzer Schrift benannt. Signifikant werden die Korrelationen zwischen dem Test für das Arbeitsgedächtnis „Zahlen nachsprechen“ und dem für das visuelle Gedächtnis „MCGCF verzögerter Abruf“ mit  $r = .432$  und  $p = .022$ . Des Weiteren korrelieren beide Tests für die Gedächtnisleistungen „VLMT“ und „MCGCF verzögerter Abruf“ signifikant miteinander ( $r = .471$  und  $p = .010$ ). Eine zusätzliche signifikante Korrelation besteht zwischen dem Test für die Visuokonstruktion „Mosaiktest“ und dem für das Wortwissen „PPVT“ mit  $r = .417$  und  $p = .027$ . Eine tabellarische Übersicht der Interkorrelationen befindet sich im Anhang unter 7.4.1.

#### 3.4.2 Grafische Darstellung der Ergebnisse der Pfadanalyse

Zur Kontrastierung des Einflusses von kognitiven Domänen auf den individuellen Benefit einer Nacht mit Schlaf zur Gedächtniskonsolidierung von Wort- und Bildpaaren im Gegensatz zum Tag wurde zuerst eine Pfadanalyse für den Einfluss der kognitiven Domänen auf das Behalten dieser Lernitems über Tag gerechnet (in der Grafik rot dargestellt). Hierbei wurde keine Baseline-Korrektur durchgeführt, denn es sollte die Gesamtsumme an Gelerntem und Erinnertem betrachtet werden.

Die zweite Pfadanalyse zeigt den individuellen Benefit einer Nacht mit Schlaf auf die Erinnerungsleistungen (grün dargestellt). Zur Veranschaulichung des Unterschieds von Lernen und Behalten über Tag (rot) zu dem individuellen Gewinn von Schlaf für die Gedächtnisleistung (grün) wurden beide Ergebnisse in eine Grafik gestellt.

### 3.4.3 Ergebnis Wortpaare

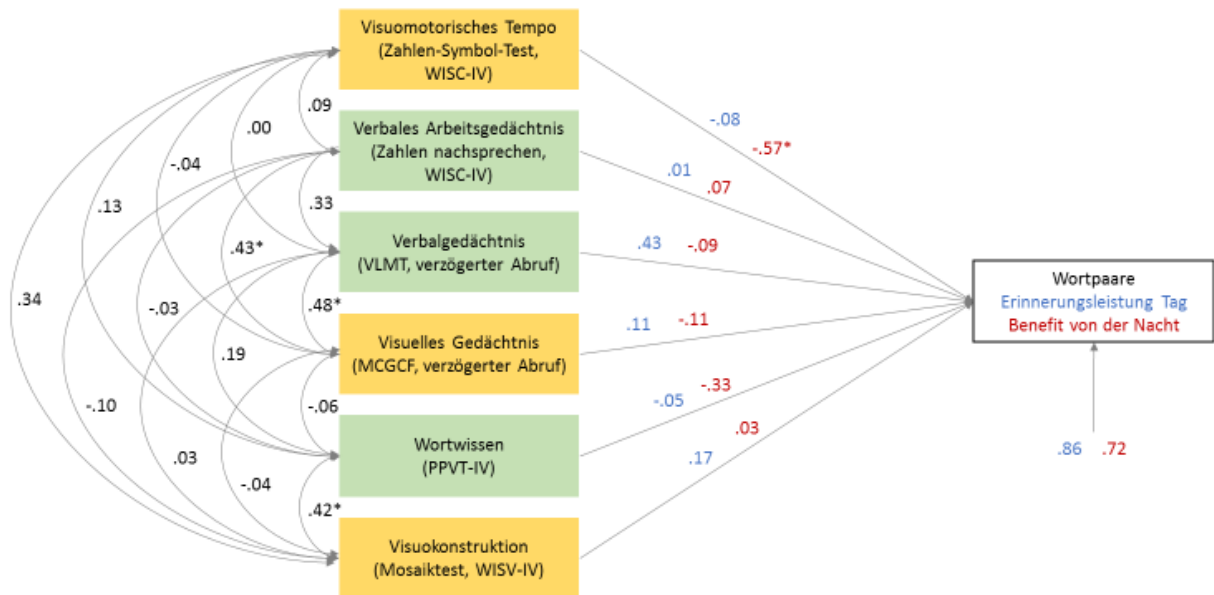


Abbildung 3.4: Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Leistungen (non-verbale Domäne orange, verbal grün) auf die unkorrigierte Erinnerungsleistung über Tag gemessen am Abend (blau) und den Baseline-korrigierten Benefit der Nacht (rot) auf die Gedächtniskonsolidierung von Wortpaaren bei  $n=28$  Kindern im Alter von 6-16 Jahren

Der Zusammenhang zwischen der Erinnerungsleistung am Tag und dem Verbalgedächtnis (VLMT) ist mit  $\beta = .42$  als Pfadkoeffizient ( $p = .074$ ) am stärksten. Die anderen kognitiven Domänen haben geringeren Einfluss auf die Erinnerungsleistung von Wortpaaren über Tag (PPVT  $\beta = -.05$ ,  $p = .82$ ; Zahlen nachsprechen  $\beta = .01$ ,  $p = .96$ ; MCGCF  $\beta = .11$ ,  $p = .65$ ; Mosaiktest  $\beta = .17$ ,  $p = .45$ , Zahlen-Symbol-Test  $\beta = -.08$ ,  $p = .70$ ).

Der Einfluss der verschiedenen kognitiven Domänen auf den individuellen Gewinn an Behaltenem durch Schlaf gegenüber der Erinnerung über Tag (hier kurz „Benefit von der Nacht“) zeigt ein anderes Bild. Der Einfluss des verbalen Gedächtnisses verschwindet und hat nur noch ein  $\beta$  von  $.09$  ( $p = .63$ ). Dafür zeigt sich ein signifikant negativer Einfluss des visuomotorischen Tempos (ZST  $\beta = -.57$ ,  $p = .003$ ). Auch das Wortwissen zeigt einen negativen Einfluss auf den Profit durch Schlaf (PPVT  $\beta = -.33$ ,  $p = .085$ ), jedoch nicht signifikant. Der Einfluss des verbalen Arbeitsgedächtnisses bleibt mit  $\beta = .07$  und  $p = .69$  so gut wie unverändert. Ähnliches zeigt sich für das visuelle Gedächtnis ( $\beta = -.11$  und  $p = .57$ ) und die Visuokonstruktion ( $\beta = -.03$  und  $p = .89$ ).

Dies bedeutet, dass Kinder, die gut im VLMT abgeschnitten haben, sich an viele Wortpaare am Abend erinnern konnten, weil sie sowohl direkt viel gelernt haben als auch gut Behalten haben (da hier ohne Baseline-Korrektur). Dieser Zusammenhang besteht aber nicht für den individuellen Gewinn eines Zeitraumes mit Schlaf. Am stärksten profitieren Kinder vom Schlaf, die weniger gut im ZST waren, also ein langsames visuomotorisches Tempo haben. Des Weiteren profitieren Kinder mit einem schlechten Wortwissen mehr vom Schlaf für die Konsolidierung von Wortpaaren als Kinder mit größerem Wissen.

### 3.4.4 Ergebnis Bildpaare

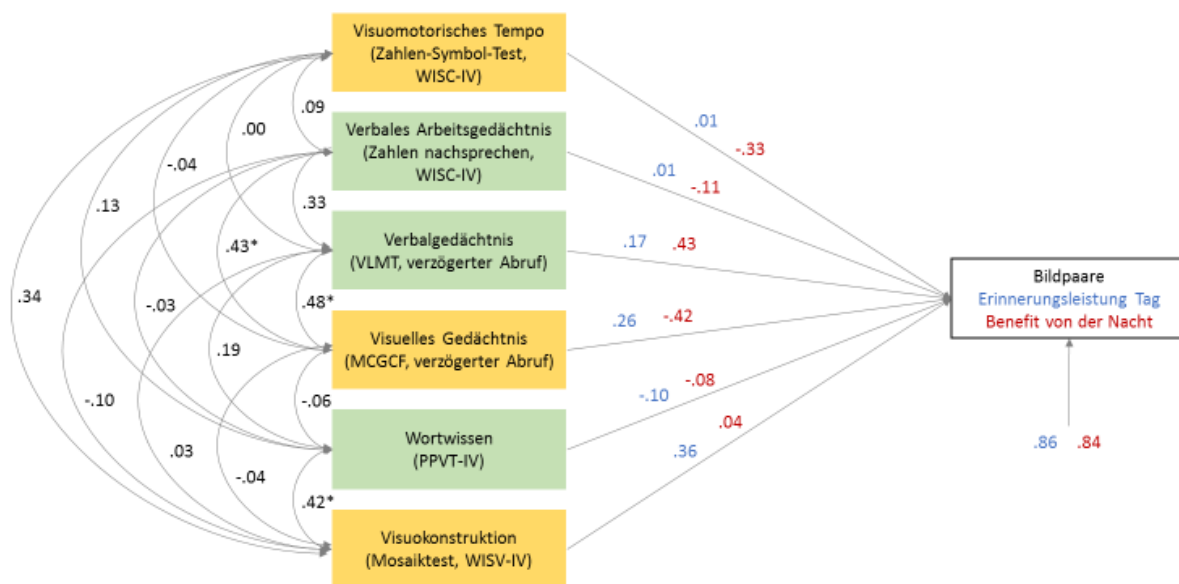


Abbildung 3.5: Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Leistungen (non-verbale Domäne orange, verbal grün) auf die unkorrigierte Erinnerungsleistung über Tag gemessen am Abend (blau) und den Baseline-korrigierten Benefit der Nacht (rot) auf die Gedächtniskonsolidierung von Bildpaaren bei  $n=28$  Kindern im Alter von 6-16 Jahren

Auch bei den Bildpaaren zeigen sich vergleichbare Ergebnisse in der Pfadanalyse wie bei den Wortpaaren. Den stärksten Einfluss auf die Lern- und Erinnerungsleistung über Tag haben die Aufgabe der Visuokonstruktion mit  $\beta = .36$  und  $p = .13$  sowie des visuellen Gedächtnisses ( $\beta = .26$  und  $p = .27$ ). Wortwissen ( $\beta = -.10$  und  $p = .66$ ), verbales Arbeitsgedächtnis ( $\beta = .01$  und  $p = .96$ ), Verbalgedächtnis ( $\beta = .17$  und  $p = .45$ ) und visuomotorisches Tempo ( $\beta = .01$  und  $p = .96$ ) haben keinen entscheidenden Einfluss auf die Erinnerungsleistung über Tag.

Weiter verändern sich die Einflüsse der kognitiven Domänen auf den Benefit von Schlaf grundsätzlich ähnlich wie bei den Wortpaaren. Der positive Einfluss des visuellen Gedächtnisses wird deutlich negativ ( $\beta = -.42$  und  $p = .08$ ) und der positive Einfluss der

Visuokonstruktion verschwindet ( $\beta = .04$  und  $p = .85$ ). Dafür wird der vorher kaum relevante Zusammenhang zwischen verbalem Gedächtnis und Bildpaarerinnerung deutlich stärker und nur knapp nicht signifikant ( $\beta = .43$  und  $p = .06$ ). Der Einfluss von Wortwissen ( $\beta = -.08$  und  $p = .70$ ) und verbalem Arbeitsgedächtnis ( $\beta = -.11$  und  $p = .58$ ) bleibt gering. Vergleichbar mit den Wortpaaren, wird der Zusammenhang zum visuomotorische Tempo auf die Erinnerungsleistung für den Benefit durch Schlaf deutlich negativ ( $\beta = -.33$  und  $p = .11$ ), wenn auch hier nicht signifikant.

### 3.4.5 Vergleich des Wort- und Bildpaare Benefits

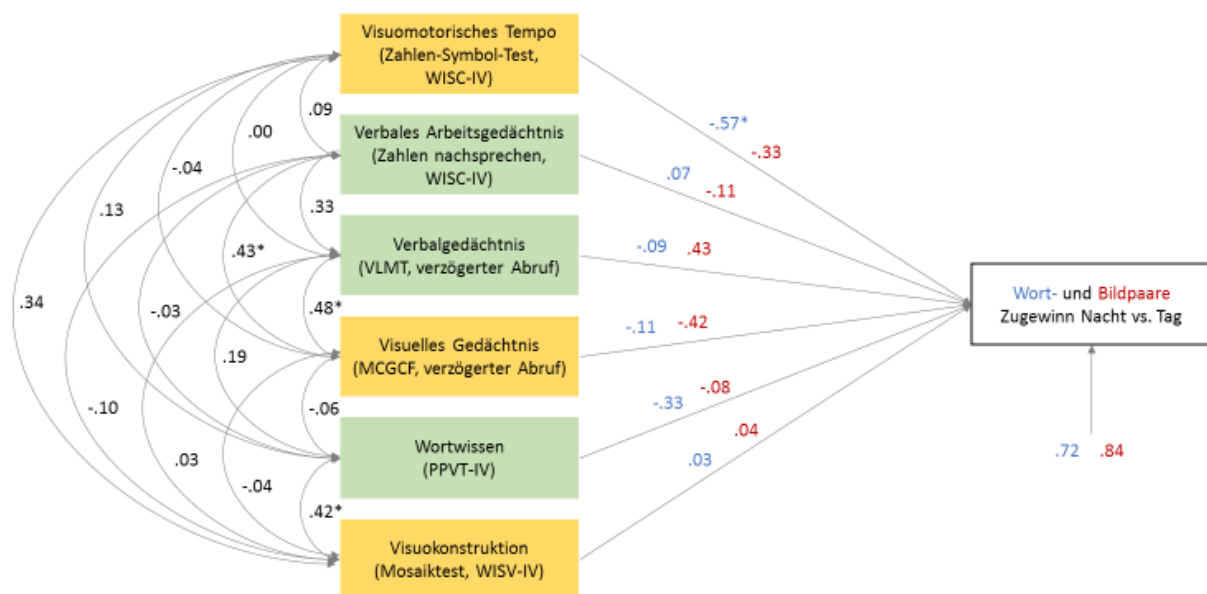


Abbildung 3.6: Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Leistungen (non-verbale Domäne orange, verbal grün) auf den individuellen Gewinn von Schlaf gegenüber dem Tag für die Gedächtniskonsolidierung von Wort- (blau) und Bildpaaren (rot) bei  $n=28$  Kindern im Alter von 6-16 Jahren

Vergleicht man die Pfadanalysen des individuellen Benefits von Schlaf für die Ergebnisse der Gedächtniskonsolidierung von Wort- und Bildpaaren, fällt auf, dass der Einfluss gegensätzlich der erwarteten korrespondierenden Domäne zu sein scheint. Für Wortpaare zeigt sich ein negativer Einfluss des Wortwissens ( $\beta = -.33$ ) und kaum Einfluss des verbalen Gedächtnisses ( $\beta = -.09$ ), während bei Bildpaaren ein negativer Einfluss des visuellen Gedächtnisses ( $\beta = -.42$ ) und dafür ein deutlich positiver Einfluss des verbalen Gedächtnisses ( $\beta = .43$ ) besteht.



Der negative Einfluss des visuomotorischen Tempos besteht sowohl bei Wort- ( $\beta = -.57$ ) als auch bei Bildpaaren ( $\beta = -.33$ ). Die visuokonstruktiven Fähigkeiten der Kinder zeigen für beide keinen Einfluss auf den Benefit durch Schlaf.

## 4 Diskussion

Die vorliegende Studie zeigt, wie schon durch andere Autoren beschrieben (Backhaus et al., 2008; Wilhelm, Diekelmann und Born, 2008), dass Kinder von einer Nacht mit Schlaf für die deklarative Gedächtniskonsolidierung profitieren. Im Vergleich zum Tag vergaßen die Kinder dieser Stichprobe signifikant weniger Wortpaare über Nacht als in einem gleichen Zeitraum am Tage ohne Schlaf. Bildpaare wurden über Nacht zwar auch insgesamt weniger vergessen, dieses Ergebnis wurde allerdings nicht signifikant. Eine mögliche Erklärung dafür kann in einem Reihenfolgeeffekt begründet sein. Reihenfolgeeffekte beschreiben die Beeinflussung einer Antwort aufgrund einer vorherigen Frage bzw. Antwort oder Lernerfahrung. So zeigt die Überprüfung der Erinnerungsleistung in Abhängigkeit zur Testabfolge (zuerst Tag, dann Nacht oder umgekehrt), dass es bei der Bedingungsabfolge „Tag-Nacht“ zu keiner Zunahme der erinnerten Bildpaare für die Gesamtstichprobe kommt. Eine Interferenz der zuerst gelernten Bildpaare auf die Erinnerungsleistungen bei dem zweiten Abruf kann so durchaus möglich sein. Der Unterschied zwischen den Bedingungsabfolgen ist aber nicht signifikant. Ein Grund für diesen möglichen Einfluss der Bedingungsreihenfolge auf das Ergebnis kann im Studiendesign liegen. Die Bedingungsabfolge in dieser Studie war, anders als in der von Backhaus und Kollegen 2008, mit einem ansonsten ähnlichen Studiendesign, Aufgabenstellung und vergleichbarer Stichprobe, direkt hintereinander. Bei Backhaus lag allerdings zwischen den verschiedenen Bedingungen ein Zeitraum von einer Woche ohne Testung (Backhaus et al., 2008).

Die zentrale Fragestellung dieser Arbeit lag in der Betrachtung der kognitiven Faktoren, die die deklarative Gedächtniskonsolidierung im Schlaf bei Kindern positiv beeinflussen. Dafür wurde geschaut, welche Testleistungen einen starken Zusammenhang zum individuellen Gewinn durch einen Zeitraum mit Schlaf gegenüber einem Wachzeitraum für die Gedächtniskonsolidierung von deklarativen Lerninhalten haben. Nach der Berechnung der

Korrelationen zwischen den Ergebnissen aus den neuropsychologischen Tests und dem Gewinn an Erinnerungsleistungen über Nacht wurden 6 Tests, die verschiedene kognitive Domänen repräsentieren, als Variablen für eine Pfadanalyse ausgewählt. Anschließend wurden die Pfadanalysen, getrennt für Wort- und Bildpaare sowohl für die Lern- und Abrufleistung über Tag als auch für den Benefit von Schlaf, gerechnet. Die zusätzliche Berechnung der Lern- und Abrufleistung über Tag dient der Beantwortung der Frage nach den Unterschieden zwischen Lernen und Erinnern am Tag und dem Benefit einer Nacht mit Schlaf.

Es zeigt sich der erwartete starke Zusammenhang zwischen den Lern- und Erinnerungsleistungen über Tag für Wortpaare und dem Verbalgedächtnis. Ähnlich präsentiert sich das Bild der Pfadanalyse für die Bildpaare. Hier ist der Einfluss von Visuokonstruktion und visuellem Gedächtnis am größten. Somit kann man in der Gesamtschau schlussfolgern, dass die Ergebnisse der neuropsychologischen Testungen plausibel zu den erbrachten Leistungen der Aufgaben der Gedächtniskonsolidierung am Tag sind. Sie unterstützen die Netzwerktheorie, nach der „Vorwissen“ und bereits vorhandene „Schemata“ zu einer besseren Konsolidierungsleistung führen (Tse et al., 2007; Kumaran, Hassabis und McClelland, 2016).

Überraschend und anders als erwartet ist jedoch das Bild des Zusammenhangs zwischen den kognitiven Domänen und dem individuellen Benefit von Schlaf auf die Konsolidierungsleistungen. Die Annahme, dass wie bei einem Matthäus-Effekt die Kinder mehr von Schlaf profitieren, die bereits ein gutes Vorwissen bzw. ein großes semantisches Netzwerk haben, bestätigt sich in dieser Arbeit nicht. Nach dieser Theorie müsste der Zusammenhang in der Pfadanalyse für die Retentionsleistung von Wortpaaren über Nacht und dem Wortwissen (PPVT) am stärksten sein und auf jeden Fall deutlich positiv. Es präsentiert sich jedoch knapp nicht signifikant negativ ( $p = .085$ ). Dies bedeutet genau das Gegenteil. Kinder mit geringem Wortwissen profitieren in diesem Studiendesign individuell mehr von einer Nacht mit Schlaf als Kinder mit einem größeren Wortwissen. Ähnliches zeigt sich für die Aufgaben der Bildpaare. Auch hier ist der Einfluss des visuellen Gedächtnisses, der am Tag noch positiv war, auf den Benefit von Schlaf für die Gedächtniskonsolidierung deutlich negativ (mit  $p = .06$  knapp nicht signifikant).

Hieraus lässt sich erst einmal schlussfolgern, dass sich der Einfluss der kognitiven Leistungen auf die Konsolidierungsleistung über Tag und über Nacht unterscheidet. Kognitive Leistungen,

die sich positiv auf die Encodierung und Retentionsleistung am Tag auswirken, scheinen einen anderen Einfluss in der Nacht zu haben oder der positive Einfluss kommt nicht zum Tragen. Dies passt zu der Grundannahme, dass die Verarbeitung von Gedächtnisinhalten sich über Nacht und Tag unterscheidet (Rasch und Born, 2013).

Außerdem präsentiert sich der Einfluss der unterschiedlichen kognitiven Domänen auf die Leistungen in der Gedächtniskonsolidierung wie erwartet meist für Wort- und Bildpaare unterschiedlich. Es scheinen also keine allgemeinen Ressourcen des Gehirns für die Gedächtniskonsolidierung im Schlaf verantwortlich zu sein, sondern materialspezifisch unterschiedliche kognitive Domänen Einfluss zu üben.

Für die Tagbedingungen passen die Ergebnisse dieser Studie zu der Netzwerktheorie und dem Matthäus-Effekt. In der Nacht jedoch scheinen die Ergebnisse „verdreht“. Im Nachfolgenden soll nun ein möglicher Interpretationsansatz entworfen werden.

Schlaf „katalysiert“ die mentale Restrukturierung von Gedächtnisrepräsentation (Wagner, 2004) und es finden neurobiologische Reorganisationsprozesse statt (Dudai, 2004). Durch einen Versuch, bei dem Probanden eine Struktur hinter einer gestellten Aufgabe erkennen mussten, konnten Wagner und Kollegen zeigen, dass das deklarative Gedächtnis für den Gewinn von Einsicht von Schlaf deutlich profitiert. Dabei bezeichnet Einsicht in der Psychologie, das Verständnis eines Zusammenhangs in oder das Muster hinter einer Aufgabe, vergleichbar mit einem „Aha-Erlebnis“. Wagner und Kollegen ließen Probanden hierfür in zwei Sitzungen Zahlenfolgen beenden. Dabei stand ein Muster hinter der Zahlenfolge, die bei der Erkennung zur schnelleren Lösung der Aufgabe führte. In der zweiten Sitzung, entweder nach einem Zeitraum mit Schlaf oder einem Wachzeitraum, kam es zu signifikant besseren Testleistungen bei den Probanden, die zwischen den Sitzungen geschlafen hatten. Wagner und Kollegen schlussfolgerten daraufhin, dass sich die Netzwerke im Gehirn bei der Konsolidierung im Schlaf nicht nur verstärken, sondern vor allem qualitativ verändern (Wagner et al., 2004).

In seiner Dissertation fand Wagner (2004) eine passende Begrifflichkeit für diese qualitative Veränderung im Schlaf. In Anlehnung an die aus der Entwicklungspsychologie von Piaget (1974) stammenden Begrifflichkeiten von adaptiven Veränderungsprozessen kognitiver Strukturen beschrieb Wagner die Konsolidierung als „Assimilation“, das heißt als Aneignung neuer Informationen und Aufnahme dieser in bereits existierende Netzwerke und Strukturen.

Die in der Nacht stattfindende qualitative Veränderung der kognitiven Schemata, also eine Restrukturierung, sei dementsprechend als „Akkomodation“ zu verstehen.

Wie passen nun die Ergebnisse dieser Arbeit zu der Modellvorstellung von Assimilation und Akkomodation? Während des Schlafes werden genau die Neuronensembles aktiviert bzw. die Gehirnareale, die bei der Lernphase besonders aktiv waren (Wilson und McNaughton, 1994). Des Weiteren besteht ein direkter korrelativer Zusammenhang zwischen dem Ausmaß lerninduzierter Aktivitätsänderungen während des Schlafes und der nachfolgenden Verbesserung der Gedächtnisleistungen (Huber et al., 2004; Peigneux, 2004).

Daraus ließe sich herleiten, dass diejenigen Kinder, die vom Schlaf mehr profitieren, eine eventuell höhere Aktivitätsänderung der Neuronen beim Schlaf erfahren haben. Dies könnte durch höhere Interferenzen zwischen bestehendem und neuem Wissen beim Lernen zurückzuführen sein, die eine Restrukturierung der betreffenden Netzwerke über Nacht nötig machen. Weiter könnte man annehmen, dass es bei der Konsolidierung am Tag im Sinne einer „Assimilation“ für Kinder von Vorteil ist, ein großes Netzwerk zu haben, da es hier optimal genutzt werden kann, was zu besseren Erinnerungsleistungen führt. Während des Schlafes verbessern sich die Netzwerkstrukturen der Kinder jedoch im Sinne einer Akkomodation, das heißt es findet eine Restrukturierung statt. Der Benefit, den Kinder mit schlechten Testergebnissen für einen Zeitraum mit Schlaf haben, könnte als Verbesserung der Netzwerke über Nacht verstanden werden. Gegen diese Interpretation spricht jedoch das Information Overlap to Abstract (iOtA) Model von Lewis und Durrant (2011), die sagen, dass bei hoher Übereinstimmung zwischen neuen Informationen und bereits existierendem Wissen weniger neue neuronale Verbindungen geschaffen werden müssen und die Konsolidierung so besser von statten gehen kann (James et al., 2017a).

Ein möglicher Grund, warum sich der in mehreren Studien gezeigte Matthäus-Effekt von Schlaf hier nicht zeigt, kann in dem unterschiedlichen Studiendesign liegen. In den Studien zum Matthäus-Effekt ging es meist um das Neuerlernen von Wörtern in einem Bedeutungskontext, wie einer Geschichte oder durch Definitionen (Henderson et al., 2015). In dem Studiendesign der vorliegenden Arbeit wurden Wortpaare durch Wiederholung erlernt. Der in dieser Arbeit gesehene negative Einfluss des Wortwissens passt jedoch zu einer späteren Studie der gleichen Arbeitsgruppe, die den Matthäus-Effekt beschrieben hat (James et al., 2017). Diese zeigt, dass großes Wortwissen einen signifikant negativen Einfluss auf das Erinnern von

Fantasieworten hat, wenn sie repetitiv und nicht kontextgebunden erlernt werden. In dieser Studie wurden Kindern Geschichten mit einem Fantasiewort vorgelesen. Entweder wurde die gleiche Geschichte mehrmals vorgetragen (repetitives Lernen) oder verschiedene Geschichten, die das gleiche Fantasiewort enthielten einmalig (kontextgebundenes Lernen). Hierbei erinnerten sich Kinder mit gutem Wortwissen nach einem Zeitraum mit Schlaf nur besser an die Fantasiewörter, wenn verschiedene Geschichten vorgelesen wurden. Bei dem wiederholten Vortrag der gleichen Geschichte schnitten Kinder mit gutem Wortwissen schlechter ab (Henderson und James, 2018).

Sowohl bei Kleinkindern (Horst, 2013) als auch bei 6-7 jährigen Kindern (Wilkinson und Houston-Price, 2013), die natürlicherweise ein geringeres Wortwissen als ältere Kinder haben, zeigte sich außerdem ein positiver Effekt von repetitivem gegenüber kontextgebundenem Lernen von unbekanntem Wörtern. Dies lässt annehmen, dass Kinder mit geringerem Wortwissen mehr vom repetitiven Lernen profitieren (Henderson und James, 2018). In unserem Studiendesign wurden die Wort- und Bildpaare durch Wiederholungen bis zum Erreichen von 60% richtigen Antworten im direkten Abruf, also repetitiv erlernt. Dieses repetitive Lernen könnte eine andere Hirnaktivität bedingen als das kontextgebundene Lernen von Fantasiewörtern, das auf eine direkte Einsortierung des Encodierten in Netzwerke beruht. Daher könnte man mutmaßen, dass das repetitive Lernen bei leistungsschlechteren Kindern eine individuell stärkere Restrukturierungsantwort der Netzwerke im Schlaf auslöst als bei den Kindern mit bereits größerem Vorwissen.

Ein anderer Ansatz zum Verständnis der Ergebnisse dieser Arbeit liegt in der Betrachtung des Konsolidierungsprozesses selbst. Die Grundlage des Konsolidierungsprozesses beim deklarativen Langzeitgedächtnis bildet der hippocampal-neokortikale Dialog über den die Informationen nach und nach bzw. nach neueren Modellvorstellungen abhängig vom Vorwissen (Kumaran, Hassabis und McClelland, 2016) vom Hippocampus in neokortikale Netzwerke übergehen und gefestigt werden. Eine Modulation dieser Achse aus Hippocampus und Neokortex ist zum Beispiel sehr gut für emotional gefärbte deklarative Gedächtnisinhalte durch die Amygdala beschrieben (Wagner, 2004). So könnte angenommen werden, dass dieser Dialog während des Wachseins und im Schlaf von verschiedenen kognitiven Domänen unterschiedlich stark moduliert wird.

In unserem Studiendesign profitierten Kinder mit einem schlechten visuomotorischen Tempo

signifikant besser für die Konsolidierung von Wortpaaren, aber auch deutlich für Bildpaare von einer Nacht mit Schlaf. Dies stützt die Annahme, dass mehr kognitive Domänen auf die Konsolidierung in der Nacht Einfluss haben als nur das Vorhandensein eines semantischen Netzwerkes, in dem die neuen Informationen eingespeichert werden, und spricht für die Konsolidierung als einen aktiven komplexen Prozess, in dem sich verschiedene Strukturen unterschiedlich modulieren und Einfluss aufeinander ausüben.

Die hier formulierten Thesen widersprechen grundsätzlich nicht der Netzwerktheorie, da bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden muss, dass in dieser Arbeit der individuelle Gewinn von Schlaf und nicht die absolute Erinnerungsleistung betrachtet wurde. So kann ein Kind mit guten Testleistungen für das Wortwissen (PPVT) auch gute Wortpaar-Erinnerungsleistungen zeigen, jedoch ist der individuelle Gewinn in der Nacht geringer als für Kinder mit schlechteren Testleistungen. Die Ergebnisse stützen grundsätzlich die Annahme einer „Active System Consolidation“ (Born, Rasch und Gais, 2006), da die Konsolidierung am Tag und in der Nacht durch verschiedene kognitive Domänen bzw. durch das Vorwissen und die Fähigkeiten des Kindes unterschiedlich stark moduliert wird und sich dementsprechend unterscheidet.

## 4.1 Ausblick

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit stellen sich viele neue Fragen. So scheint es von Interesse zu sein, zu schauen, ob und wie lange der hier gesehene, unterschiedliche Einfluss der kognitiven Leistungen auf den Benefit von Schlaf für die Gedächtniskonsolidierung bestehen bleibt oder ob die Kinder mit guten Testleistungen nach einer zweiten Nacht mit Schlaf oder am Abend des Tages nach der Nachtbedingung bessere Erinnerungsleistungen zeigen. Sollten die Ergebnisse sich im Lauf der Zeit als nicht stabil präsentieren, könnte dies zum Beispiel als ein Ergebnis eines proaktiven Schlafeffekts am Morgen zu verstehen sein. Denkbar ist auch, dass die Effekte der hier hypothesierten Restrukturierung der Netzwerke sich im Zeitverlauf ändern. Dies ist besonders deshalb von Interesse, da sich in anderen Studiendesigns eine zeitabhängige Veränderung von den Auswirkungen des Schlafs zeigte. So förderte Schlaf in einer Studie von Ashton und Kollegen konzeptionelles Lernen nur dauerhaft, wenn nach dem Schlaf eine zweite Lernphase stattfand. Konzeptionelles Lernen beschreibt hierbei das

Verständnis von Kategorien in die Informationen einzuordnen sind bzw. deren Organisation (Ashton, Jefferies und Gaskell, 2018). Zur Überprüfung der Persistenz der Ergebnisse müsste man nach dem ersten verzögerten Abruf im Studiendesign einen zweiten verzögerten Abruf weitere 12 Stunden später durchführen. Auch könnte geschaut werden, ob sich die Effekte auch noch nach einer Woche oder einer zweiten Nacht mit Schlaf stabil zeigen.

Insgesamt ist eine Schwachstelle dieser Arbeit, die für eine Pfadanalyse kleine Stichprobe von 28 Kindern. Für weitere Untersuchungen sollte die Stichprobe deutlich vergrößert werden, um statistisch verlässlichere Daten zu gewinnen. Bei dem Vorhandensein einer größeren Stichprobe kann des Weiteren geprüft werden, inwiefern das Alter einen Einfluss auf die hier gesehenen Effekte ausübt. Hier wurde eine Altersspanne von ca. 10 Jahren betrachtet, in der sich sowohl die Schlafarchitektur der Kinder, die Hirnstruktur, als auch das Lernverhalten verändern. Der Einfluss der Schlafarchitektur auf die Gedächtniskonsolidierung soll demnächst noch in einer weiteren Dissertation an dieser Stichprobe untersucht werden.

Zur Überprüfung der hier formulierten Thesen zum Gewinn der Erinnerungsleistung im Schlaf durch Restrukturierung der Netzwerke bedarf es weiterer Studien. Hierfür eignen sich am besten bildgebende Verfahren oder EEG Studien, in denen man die Aktivität der Hirnareale während der Encodierung und Konsolidierung der Kinder mit dem Ausmaß des Benefits durch Schlaf vergleichen könnte.

Zur Überprüfung der Hypothese, dass das repetitive Lernen Einfluss auf die Ergebnisse hat, sollten Studiendesigns mit anderen Encodierungsmethoden gewählt werden. Hierbei ist z.B. das Geben von semantischen Informationen anstelle von Wiederholungen denkbar. Dies ist auch in Kombination mit der Dauerhaftigkeit der gesehenen Effekte zu beleuchten, da sich bei einem Versuch von Wilkinson und Houston-Price zeigte, dass repetitives Lernen zwar positiv für 6-7 jährige Kinder ist, dieser Effekt aber nach zwei Wochen verschwand (Wilkinson und Houston-Price, 2013; Henderson und James, 2018).

Die Ergebnisse dieser Studie können zusammengefasst als ein Zuwachs der Modellvorstellung des interaktiven Zusammenspiels von Hippocampus, Neocortex und kognitiven Leistungen im Schlaf bei dem Prozess der Gedächtnisbildung betrachtet werden. Insgesamt stellt es aber auch hier, wie in vielen Experimenten, ein Problem dar, mentale Schemata in neurowissenschaftlichen Konzepten wiederzugeben (Tse et al., 2007).

## 5 Zusammenfassung

Schlaf hat einen vielfältigen Einfluss auf das Gedächtnis. Dabei profitieren sowohl Kinder als auch Erwachsene bei der Konsolidierung von deklarativen Gedächtnisinhalten vom Schlaf. Wer allerdings in welchem Umfang vom Schlaf profitiert und welche Faktoren dies beeinflussen, ist weitestgehend ungeklärt. Viele Studien führten zu unterschiedlichen, sich teilweise ergänzenden oder widersprechenden Modellvorstellungen der kognitiven und neuronalen Prozesse im Schlaf. In dieser Arbeit soll untersucht werden, welchen Einfluss Leistungen in unterschiedlichen kognitiven Domänen auf eine erfolgreiche Gedächtniskonsolidierung im Schlaf gegenüber der Retentionsleistung von deklarativen Lerninhalten über Tag haben und so Hinweise darauf geben, was die Gedächtnisbildung im Schlaf von der Konsolidierung am Tag unterscheidet. Es wurde hypothesiert, dass Kinder mit einem großen semantischen Netzwerk nicht nur am Tag für die Konsolidierung von Wort- und Bildpaaren profitieren, sondern auch in der Nacht. Des Weiteren seien die Einflüsse auf die Konsolidierung von verbalen und nonverbalen deklarativen Inhalten verschieden.

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden in einer prospektiven Studie mit 28 gesunden Kindern zwischen 6 und 16 Jahren, neuropsychologische Testverfahren zu unterschiedlichen kognitiven Domänen (Aufmerksamkeit, Arbeits-, Visual-, und Verbalgedächtnis, Sprachleistungen, visuokonstruktive Fähigkeiten) und Aufgaben zur Gedächtniskonsolidierung von Wort- und Bildpaaren am Tag und in der Nacht durchgeführt. Um den Einfluss der kognitiven Domänen auf den individuellen Gewinn von Schlaf gegenüber dem Tag für die Konsolidierungsleistung zu betrachten, wurde die Differenz der Baseline-korrigierten Tag- und Nachtergebnisse genommen und damit Korrelationen und Pfadanalysen gerechnet.

Es zeigt sich eine höhere Retentionsleistung von Kindern für Wort- und Bildpaare über Nacht im Gegensatz zum Tag, die bisherige Studien bestätigt. Eine Pfadanalyse bestätigt weiter die Annahme, dass Kinder mit mehr Vorwissen am Tage besser konsolidieren als Kinder mit weniger Vorwissen. Diese Ergebnisse unterschieden sich allerdings deutlich für die des individuellen Gewinns von Schlaf in der Nacht. Hier scheint sich der Einfluss des Wortwissens negativ auf die Wortpaarkonsolidierung auszuüben, genauso wie die des visuellen Gedächtnisses negativ auf die Bildpaarkonsolidierung. Des Weiteren zeigt sich, dass die kognitiven Prozesse, die auf die schlafabhängige Konsolidierung bei Kindern und Jugendlichen



Einfluss nehmen, für verbale und nonverbale Gedächtnisinhalte unterschiedlich sind. So kann geschlussfolgert werden, dass die Rolle des semantischen Netzwerks sowie anderer kognitiver Fähigkeiten für die erfolgreiche Gedächtniskonsolidierung im Schlaf abhängig vom Lerninhalt, der Lernmethode und der Aufgabenstellung zu sein scheint. Außerdem gibt diese Arbeit Hinweise darauf, dass mehr als nur das semantische Netzwerk die Konsolidierung in der Nacht beeinflusst. Damit stellen die Ergebnisse dieser Arbeit eine Erweiterung der Modellvorstellung der Gedächtnisbildung dar.

## 6 Literaturverzeichnis

- Ashton, J. E., Jefferies, E. und Gaskell, M. G. (2018) „A role for consolidation in cross-modal category learning“, *Neuropsychologia*, 108(November 2017), S. 50–60. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.11.010.
- Atkinson, R.C.; Shiffrin, R.M. (1968). "Chapter: Human memory: A proposed system and its control processes". In Spence, K.W.; Spence, J.T.. *The psychology of learning and motivation (Volume 2)*. New York: Academic Press. pp. 89 – 195.“ (1968), 2, S. 1968.
- Backhaus, J. *et al.* (2008) „Immediate as well as delayed post learning sleep but not wakefulness enhances declarative memory consolidation in children“, *Neurobiology of Learning and Memory*, 89(1), S. 76–80. doi: 10.1016/j.nlm.2007.08.010.
- Baddeley, A. (2007) „Working Memory“, *Science of Memory: Concepts*, 255(5044), S. 151–154. doi: 10.1037/a0016338.
- Born, J., Rasch, B. und Gais, S. (2006) „Sleep to remember“, *Neuroscientist*, 12(5), S. 410–424. doi: 10.1177/1073858406292647.
- Brown, H. *et al.* (2012) „Enhanced recognition and recall of new words in 7- and 12-year-olds following a period of offline consolidation“, *Journal of Experimental Child Psychology*. Elsevier Inc., 112(1), S. 56–72. doi: 10.1016/j.jecp.2011.11.010.
- Campbell, J. M. and Dommetrup, A. K. (2010). Peabody Picture Vocabulary Test. Corsini Encyclopedia of Psychology. 1. (March 2004), S. 2010.
- Dudai, Y. (2004) „The Neurobiology of Consolidations, Or, How Stable is the Engram?“, *Annual Review of Psychology*, 55(1), S. 51–86. doi: 10.1146/annurev.psych.55.090902.142050.
- Fenn, K. M. und Hambrick, D. Z. (2012) „Individual differences in working memory capacity predict sleep-dependent memory consolidation“, *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(3), S. 404–410. doi: 10.1037/a0025268.
- Gesellschaft für Neuropsychologie, (2018), Für Patienten/ Betroffene, Was ist Neuropsychologie (Internet), zitiert am 18.04.2018, URL: <https://www.gnp.de/fuer-patienten-betroffene/was-ist-neuropsychologie>
- Graf, P., Squire, L. R. und Mandler, G. (1984) „The information that amnesic patients do not forget“, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10(1), S. 164–178. doi: 10.1037/0278-7393.10.1.164.
- Groch, S. *et al.* (2017) „Prior knowledge is essential for the beneficial effect of targeted memory reactivation during sleep“, *Scientific Reports*. Nature Publishing Group, 7, S. 1–7. doi: 10.1038/srep39763.
- Helmstaedter, C. und Durwen, H. F. (1990) „The Verbal Learning and Retention Test. A useful and differentiated tool in evaluating verbal memory performance“, *Schweiz Arch Neurol Psychiatr*, 141(1), S. 21–30.
- Henderson, L. *et al.* (2015) „When the daffodil flew to the intergalactic zoo: Off-line consolidation is critical for word learning from stories“, *Developmental Psychology*, 51(3), S. 406–417. doi: 10.1037/a0038786.
- Henderson, L. M. und James, E. (2018) „Consolidating new words from repetitive versus multiple stories: Prior knowledge matters“, *Journal of Experimental Child Psychology*. Elsevier Inc., 166, S. 465–484. doi: 10.1016/j.jecp.2017.09.017.

- Henderson, L. M. und James, E. (2018) „Consolidating new words from repetitive versus multiple stories: Prior knowledge matters“, *Journal of Experimental Child Psychology*, 166, S. 465–484. doi: 10.1016/j.jecp.2017.09.017.
- Henderson, L., Weighall, A. und Gaskell, G. (2013) „Learning new vocabulary during childhood: Effects of semantic training on lexical consolidation and integration“, *Journal of Experimental Child Psychology*. Elsevier Inc., 116(3), S. 572–592. doi: 10.1016/j.jecp.2013.07.004.
- Hobson, J. A. (2005) „Sleep is of the brain, by the brain and for the brain“, *Nature*, 437(7063), S. 1254–1256. doi: 10.1038/nature04283.
- Horst, J. S. (2013) „Context and repetition in word learning“, *Frontiers in Psychology*, 4(APR), S. 1–11. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00149.
- Huber, R. et al. (2004) „Local sleep and learning“, *Nature*, 430(6995), S. 78–81. doi: 10.1038/nature02663.
- James, E. et al. (2017) „Consolidation of vocabulary during sleep: The rich get richer?“, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. Elsevier Ltd, 77, S. 1–13. doi: 10.1016/j.neubiorev.2017.01.054.
- Jenkins, J. G., und Dallenbach, K. M. (1924). "Obliviscence During Sleep and Waking." *The American Journal of Psychology*, 35,605-612. <http://dx.doi.org/10.2307/1414040>
- Klasen, H. et al. (2003) „German version of the strength and difficulties questionnaire (SDQ-German) - Overview and evaluation of initial validation and normative results“, *Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie*, 52(7), S. 491–502. doi: 10.1037/t07042-000.
- Kluwe, Reiner H.: Kognition, Lexikon der Psychologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2000, zitiert am 27.7.2018, <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/kognition/7882>
- Kumaran, D., Hassabis, D. und McClelland, J. L. (2016) „What Learning Systems do Intelligent Agents Need? Complementary Learning Systems Theory Updated“, *Trends in Cognitive Sciences*. Elsevier Ltd, 20(7), S. 512–534. doi: 10.1016/j.tics.2016.05.004.
- Lim, J. und Dinges, D. F. (2008) „Sleep deprivation and vigilant attention“, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1129, S. 305–322. doi: 10.1196/annals.1417.002.
- Lindsay, S. und Gaskell, M. G. (2010) „A complementary systems account of word learning in L1 and L2“, *Language Learning*, 60(SUPPL. 2), S. 45–63. doi: 10.1111/j.1467-9922.2010.00600.x.
- Marr, D. (1971) „Simple Memory: A Theory for Archicortex“, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 262(841), S. 23–81. doi: 10.1098/rstb.1971.0078.
- Marshall, L. und Born, J. (2007) „The contribution of sleep to hippocampus-dependent memory consolidation“, *Trends in Cognitive Sciences*, 11(10), S. 442–450. doi: 10.1016/j.tics.2007.09.001.
- Merton, R. K. (1968) „The Matthew Effect in Science: The reward and communication systems of science are considered“, *Science*, 159(3810), S. 56–63. doi: 10.1126/science.159.3810.56.
- Metten, T. (2004), Entwicklung einer deutschen Kurzform des Boston Naming Test. „ *Neurologie und Rehabilitation* 11:281-287.
- O’Reilly, R. C. et al. (2014) „Complementary learning systems“, *Cognitive Science*, 38(6), S. 1229–1248. doi: 10.1111/j.1551-6709.2011.01214.x.
- Peigneux, P. et al (2004) „Are Spatial Memories Strengthened in the Human Hippocampus during Slow Wave Sleep ?“, *Cell Press*, 44(2004), S. 535–545. doi: 10.1016/j.neuron.2004.10.007.
- Petermann, F. und Petermann, U. (2011) „Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-IV)“, S. 19. doi: 10.1037/t15174-000.

- Rasch, B. et al. (2007) „Odor cues during slow-wave sleep prompt declarative memory consolidation“, *Science*, 315(5817), S. 1426–1429. doi: 10.1126/science.1138581.
- Rasch, B. und Born, J. (2013) „About Sleep ' S Role in Memory“, *Physiol Rev*, 93, S. 681–766. doi: 10.1152/physrev.00032.2012.
- Rossi, S. (2014) „Bedingungsfaktoren der Leistungsmotivation und ihre motivationale Wirkung auf die akademische Leistung“, Vom Promotionsausschuss des Fachbereichs Psychologie der Universität Koblenz-Landau zur Verleihung des akademischen Grades Doktor der Philosophie (Dr. phil.) genehmigte Dissertation.
- Schroeder, S. et al. (2014) „childLex: a lexical database of German read by children“, *Behavior Research Methods*, 47(4), S. 1085–1094. doi: 10.3758/s13428-014-0528-1.
- Squire, L. R. und Zola, S. M. (1996) „Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems“, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(24), S. 13515–13522. doi: 10.1073/pnas.93.24.13515.
- Squire, L. R. (2009). "The Legacy of Patient H.M.f for Neuroscience." *Neuron*, 61(1), 6–9. <http://doi.org/10.1016/j.neuron.2008.12.023>
- Stanovich, K. (1986) „Matthew effects in reading: Some consequences of individual differences in the acquisition of literacy“, *Reading Research Quarterly*, Fall 1986, XXI/4, Journals.Sagepub.Com. Verfügbar unter: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0022057409189001-204>.
- Stickgold, R. (2009) "How Do I Remember? Let Me Count the Ways" *Sleep Med Rev.* 2009 October ; 13(5): 305–308. doi:10.1016/j.smrv.2009.05.004.
- Tse, D. et al. (2007) „Schemas and memory consolidation. (supplementary material)“, *Science*, 316(5821), S. 76–82. doi: 10.1126/science.1135935.
- Tucker, M. A. und Fishbein, W. (2008) „Enhancement of declarative memory performance following a daytime nap is contingent on strength of initial task acquisition“, *Sleep*, 31(2), S. 197–203. doi: 10.1093/sleep/31.2.197.
- Urbain, C. et al. (2011) „Is sleep-related consolidation impaired in focal idiopathic epilepsies of childhood? A pilot study“, *Epilepsy and Behavior*. Elsevier Inc., 22(2), S. 380–384. doi: 10.1016/j.yebeh.2011.07.023.
- Wagner, U. (2004) „Schlaf-assozierte Konsolidierungs- und Restrukturierungsprozesse in der emotionalen und kognitiven Gedächtnisbildung“, Med. Diss. Lübeck. Verfügbar unter: <http://www.students.informatik.uni-luebeck.de/zhb/ediss72.pdf>.
- Wagner, U. et al. (2004) „Sleep inspires insight“, *Nature*, 427(6972), S. 352–355. doi: 10.1038/nature02223.
- Weicker, J. und Hudl, N. (2017) „, Was misst eigentlich die Block- spanne ?' – Der Goldstandard im Fokus“, 28, S. 45–54.
- Wilhelm, I. et al. (2011) „Sleep Selectively Enhances Memory Expected to Be of Future Relevance“, *Journal of Neuroscience*, 31(5), S. 1563–1569. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3575-10.2011.
- Wilhelm, I., Diekelmann, S. und Born, J. (2008) „Sleep in children improves memory performance on declarative but not procedural tasks“, *Learning & Memory*, S. 373–377. doi: 10.1101/lm.803708.
- Wilhelm, I., Prehn-Kristensen, A. und Born, J. (2012) „Sleep-dependent memory consolidation - What can be learnt from children?“, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. Elsevier Ltd, 36(7), S. 1718–1728. doi: 10.1016/j.neubiorev.2012.03.002.

- Wilkinson, K. S. und Houston-Price, C. (2013) „Once upon a time, there was a pulchritudinous princess.: The role of word definitions and multiple story contexts in children’s learning of difficult vocabulary“, *Applied Psycholinguistics*, 34(3), S. 591–613. doi: 10.1017/S0142716411000889.
- Wilson, M. A. und McNaughton, B. L. (1994) „Reactivation of hippocampal ensemble memories during sleep“, *Science*, 265(5172), S. 676–679. doi: 10.1126/science.8036517.
- Yaroush, Rita; Sullivan, Michael, J., Ekstrand, Bruce, R. (1971) „Effect of sleep on memory. II. Differential effect of the first and second half of the night“, *Journal of Experimental Psychology*, 88(3), S. 261–366. doi: 10.1007/978-1-4419-9893-4\_58.
- Yasugi, M. und Yamashita, H. (2010) „Medical College of Georgia Complex Figures in Repeated Memory Testing: A Preliminary Study of Healthy Young Adults“, *Perceptual and Motor Skills*, 110(1), S. 181–184. doi: 10.2466/pms.110.1.181-184.

## 7 Anhang

### 7.1 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1.1.: vereinfachte schematische Darstellung der Gedächtnisbildung
- Abbildung 2.1: schematische Darstellung der zeitlichen Abfolge der Aufgaben zur Gedächtniskonsolidierung
- Abbildung 2.2: Aufgabendesign der Gedächtniskonsolidierung modifiziert nach dem Ethikantrag der DESIRE Studie
- Abbildung 3.1: Boxplot der Erinnerungsleistungen von Wort- und Bildpaaren im Tag (blau)- Nacht (rot)- Vergleich
- Abbildung 3.2: Überprüfung eines Reihenfolgeeffekts für das Erinnern von Wortpaaren: Bedingung: Nacht (in Blau dargestellt) und Tag (in Rot dargestellt); Reihenfolge der Bedingung: zuerst Nacht (Nacht-Tag) oder zuerst Tag (Tag-Nacht)
- Abbildung 3.3: Überprüfung eines Reihenfolgeeffekts für das Erinnern von Bildpaaren: Bedingung: Nacht (in Blau dargestellt) und Tag (in Rot dargestellt); Reihenfolge der Bedingung: zuerst Nacht (Nacht-Tag) oder zuerst Tag (Tag-Nacht)
- Abbildung 3.4: Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Leistungen (non-verbale Domäne orange, verbal grün) auf die unkorrigierte Erinnerungsleistung über Tag gemessen am Abend (blau) und den Baseline-korrigierten Benefit der Nacht (rot) auf die Gedächtniskonsolidierung von Wortpaaren bei n=28 Kindern im Alter von 6-16 Jahren
- Abbildung 3.5: Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Leistungen (non-verbale Domäne orange, verbal grün) auf die unkorrigierte Erinnerungsleistung über Tag gemessen am Abend (blau) und den Baseline-korrigierten Benefit der Nacht (rot) auf die Gedächtniskonsolidierung von Bildpaaren bei n=28 Kindern im Alter von 6-16 Jahren
- Abbildung 3.6: Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Leistungen (non-verbale Domäne orange, verbal grün) auf den individuellen Gewinn von Schlaf gegenüber dem Tag für die Gedächtniskonsolidierung von Wort- (blau) und Bildpaaren (rot) bei n=28 Kindern im Alter von 6-16 Jahren
- Abbildung 7.1: Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Leistungen (non-verbale Domäne orange, verbal grün) auf die unkorrigierte Erinnerungsleistung über Tag gemessen am Abend (blau) und den Baseline-korrigierten Benefit der Nacht (rot) auf die Gedächtniskonsolidierung von Wortpaaren bei n=22 Kindern im Alter von 6-16 Jahren

Abbildung 7.2: Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Leistungen (non-verbale Domäne orange, verbal grün) auf die unkorrigierte Erinnerungsleistung über Tag gemessen am Abend (blau) und den Baseline-korrigierten Benefit der Nacht (rot) auf die Gedächtniskonsolidierung von Bildpaaren bei n=22 Kindern im Alter von 6-16 Jahren

Abbildung 7.3: Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Leistungen (non-verbale Domäne orange, verbal grün) auf den individuellen Gewinn von Schlaf gegenüber dem Tag für die Gedächtniskonsolidierung von Wort- (blau) und Bildpaaren (rot) bei n=22 Kindern im Alter von 6-16 Jahren

## 7.2 Tabellenverzeichnis

- Tabelle 2.1: Übersicht der Stichprobeneigenschaften
- Tabelle 2.2: Übersicht der Ergebnisse des "Strengths and Difficulties- Questionnaire"
- Tabelle 2.3: Auswertung des Schlaftagebuchs
- Tabelle 3.1: Deskriptive Statistik der Wortpaarerinnerung (Baseline-korrigiert) am Tag und in der Nacht sowie der Differenz der Erinnerung in der Nacht gegenüber dem Tag
- Tabelle 3.2: Deskriptive Statistik der Wortpaarerinnerung (Baseline-korrigiert) am Tag und in der Nacht sowie der Differenz der Erinnerung in der Nacht gegenüber dem Tag
- Tabelle 3.3: Anzahl der benötigten Lerndurchgänge bis zum Erreichen des 60%-Abbruchkriteriums in der Lernphase der Gedächtniskonsolidierung von Wort- und Bildpaaren während der Tag- und Nachtbedingung
- Tabelle 3.5: Einzelkorrelation der sprachbezogenen Aufgaben
- Tabelle 3.6: Einzelkorrelation der Aufgaben zu Aufmerksamkeit und Arbeitstempo
- Tabelle 3.7: Einzelkorrelationen der Aufgaben zum nonverbale Arbeitsgedächtnis
- Tabelle 3.8: Einzelkorrelationen der Aufgaben zum verbalen Arbeitsgedächtnis
- Tabelle 3.9: Einzelkorrelationen der Aufgaben zum deklarativen Verbalgedächtnis
- Tabelle 3.10: Einzelkorrelation der Aufgaben zum visuellen Gedächtnis
- Tabelle 3.11: Einzelkorrelation der Aufgaben zum visuell-räumlichen Denken

- 
- Tabelle 7.1: Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Test mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors der neuropsychologischen Testung
- Tabelle 7.2: Ergebnis der Pfadanalyse des Einflusses kognitiver Leistungen auf die Behaltensleistung von Wortpaaren über Tag
- Tabelle7.3: Ergebnis der Pfadanalyse des Einflusses kognitiver Leistungen auf die Behaltensleistung von Bildpaaren über Tag
- Tabelle7.4: Ergebnis der Pfadanalyse des Einfluss kognitiver Leistungen auf den Benefit von Schlaf für die Gedächtniskonsolidierung von Wortpaaren
- Tabelle7.5: Ergebnis der Pfadanalyse des Einfluss kognitiver Leistungen auf den Benefit von Schlaf für die Gedächtniskonsolidierung von Bildpaaren
- Tabelle 7.6: Interkorrelation nach Pearson der neuropsychologischen Parameter, deren Einfluss in der Pfadanalyse untersucht wird
- Tabelle 7.7: Ergebnis der Pfadanalyse des Einfluss kognitiver Leistungen auf den Benefit von Schlaf für die Gedächtniskonsolidierung von Wortpaaren mit Blocktapping bei N=22
- Tabelle 7.8: Ergebnis der Pfadanalyse des Einfluss kognitiver Leistungen auf den Benefit von Schlaf für die Gedächtniskonsolidierung von Bildpaaren mit Blocktapping bei N=22
- Tabelle 7.9: Interkorrelation nach Pearson der neuropsychologischen Parameter, deren Einfluss in der explorativen Pfadanalyse unter Berücksichtigung des visuellen-Arbeitsgedächtnisses (Blocktapping), untersucht wird



### 7.3 Ergebnisse des Kolmogorov- Smirnov Tests auf Normalverteilung

Tabelle 7.1: Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Test mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors der neuropsychologischen Testung

	Stichprobengröße (N)	Teststatistik	Signifikanz ( $\alpha = .05$ )
Wortschatz (WISC IV)	28	.154	.087
Gemeinsamkeiten finden (WISC IV)	28	.197	.007
Mosaiktest (WISCIV)	28	.140	.168
Matrizentest (WISC IV)	28	.127	.200*
ZN vorwärts (WISC IV)	28	.129	.200*
ZN rückwärts (WISC IV)	28	.179	.022
ZN gesamt (WISC IV)	28	.168	.014
Symbolsuche (WISC IV)	28	.124	.200*
ZST (WISC IV)	28	.103	.200*
Gesamt IQ (WISC IV)	28	.109	.200*
PPVT	28	.136	.200
Boston Naming Test	28	.158	.073
VLMT Dg 1-5	28	.116	.200*
VLMT Dg 7	28	.156	.079
VLMT Dg5-7	28	.112	.200*
VLMT verspäteter Abruf	28	.165	.048
MCGCF Copy	28	.267	.000
MCGCF verzögerter Abruf	28	.095	.200*

\* untere Grenze der echten Signifikanz

## 7.4 Tabellarische Ergebnisse der Pfadanalysen zum Einfluss kognitiver Leistungen auf die Gedächtniskonsolidierung

Tabelle 7.2: Ergebnis der Pfadanalyse des Einflusses kognitiver Leistungen auf die Behaltensleistung von Wortpaaren über Tag

	Koeffizient	Standard- abweichung	t	p> t	Beta
<b>ZST</b>	-.409	1.06	-0.39	0.703	-.078
<b>ZN</b>	.062	1.31	0.05	0.963	.010
<b>VLMT</b>	.557	.296	1.88	0.074	.422
<b>MCGCF</b>	.168	.371	0.45	0.654	.107
<b>PPVT</b>	-.075	.322	-.023	0.819	-.050
<b>Mosaiktest</b>	.765	.996	0.77	0.451	.172

n = 28 R<sup>2</sup> = 0.257 sqrt(1 - R<sup>2</sup>) = 0.862

Tabelle 7.3: Ergebnis der Pfadanalyse des Einflusses kognitiver Leistungen auf die Behaltensleistung von Bildpaaren über Tag

	Koeffizient	Standard- abweichung	t	p> t	Beta
<b>ZST</b>	.087	1.53	0.06	0.955	.012
<b>ZN</b>	.102	1.90	0.05	0.957	.012
<b>VLMT</b>	.329	.428	0.77	0.452	.171
<b>MCGCF</b>	.608	.536	1.13	0.270	.264
<b>PPVT</b>	-.209	.465	-0.45	0.658	-.096
<b>Mosaiktest</b>	2.30	1.44	1.59	0.126	.356

n = 28 R<sup>2</sup> = 0.266 sqrt(1 - R<sup>2</sup>) = 0.857

Tabelle 7.4: Ergebnis der Pfadanalyse des Einfluss kognitiver Leistungen auf den Benefit von Schlaf für die Gedächtniskonsolidierung von Wortpaaren

	Koeffizient	Standard- abweichung	t	p> t	Beta
<b>ZST</b>	-2.93	.877	-3.34	0.003**	-.568
<b>ZN</b>	.438	1.09	0.40	0.691	.073
<b>VLMT</b>	-.119	.246	-0.49	0.631	-.091
<b>MCGCF</b>	-.177	.308	-0.58	0.570	-.113
<b>PPVT</b>	-.483	.267	-1.81	0.085	-.326
<b>Mosaiktest</b>	.119	.827	0.14	0.887	.027

n = 28 R<sup>2</sup> = 0.482 sqrt(1 - R<sup>2</sup>) = 0.720

\*\* Das Ergebnis ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant

Tabella 7.5: Ergebnis der Pfadanalyse des Einfluss kognitiver Leistungen auf den Benefit von Schlaf für die Gedächtniskonsolidierung von Bildpaaren

	Koeffizient	Standard- abweichung	t	p> t	Beta
ZST	-2.67	1.59	-1.68	0.107	-.333
ZN	-1.10	1.96	-0.56	0.583	-.117
VLMT	.877	.444	1.98	0.062	.431
MCGCF	-1.02	.556	-1.83	0.082	-.416
PPVT	-.187	.483	-0.39	0.702	-.081
Mosaiktest	.292	1.49	0.20	0.847	.043

8618 n = 28 R2 = 0.301 sqrt(1 - R2) = 0.836

#### 7.4.1 Interkorrelation der neuropsychologischen Testparameter

Tabella 7.6: Interkorrelation nach Pearson der neuropsychologischen Parameter, deren Einfluss in der Pfadanalyse untersucht wird

	ZST	ZN	VLMT	MCGCF	PPVT	Mosaiktest
ZST	1					
ZN	.09	1				
VLMT	.00	.33	1			
MCGCF	-.04	.43*	.48*	1		
PPVT	.13	-.03	.19	-.06	1	
Mosaiktest	.34	-.10	.03	.06	.42*	1

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

## 7.5 Explorative Betrachtung der Pfadanalyse unter Berücksichtigung des visuelle-räumlichen Arbeitsgedächtnisses (Block Tapping)

Tabelle 7.7: Ergebnis der Pfadanalyse des Einfluss kognitiver Leistungen auf den Benefit von Schlaf für die Gedächtniskonsolidierung von Wortpaaren mit Block Tapping bei N=22

	Koeffizient	Standard- abweichung	t	P> t	Beta
ZST	-.316	1.20	0.62	0.548	-.594
ZN	.947	1.54	0.62	0.548	.162
<b>Block Tapping gesamt</b>	.075	.576	0.13	0.898	.037
VLMT	-.150	.316	-0.48	0.641	-.111
MCGCF	-.497	.438	-1.13	0.276	-.265
PPVT	-.461	.301	-1.53	0.148	-.330
<b>Mosaiktest</b>	.346	.973	0.36	0.727	.081

n = 22 R2 = 0.528 sqrt(1 - R2) = 0.687

Tabelle 7.8: Ergebnis der Pfadanalyse des Einfluss kognitiver Leistungen auf den Benefit von Schlaf für die Gedächtniskonsolidierung von Bildpaaren mit Block Tapping bei N=22

	Koeffizient	Standard- abweichung	t	P> t	Beta
ZST	-1.62	1.83	-0.88	0.391	-.204
ZN	2.54	2.36	1.08	0.299	.292
<b>Block Tapping gesamt</b>	-1.41	.881	-1.60	0.132	-.467
VLMT	.963	.483	1.99	0.066	.467
MCGCF	-1.58	.671	-2.36	0.033*	-.567
PPVT	-.469	.461	-1.02	0.326	-.225
<b>Mosaiktest</b>	.530	1.49	0.36	0.727	.083

n = 22 R2 = 0.501 sqrt(1 - R2) = 0.706

\*. Das Ergebnis ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

### 7.5.1 Interkorrelation der neuropsychologischen Testparameter

Tabelle 7.9: Interkorrelation nach Pearson der neuropsychologischen Parameter, deren Einfluss in der explorativen Pfadanalyse unter Berücksichtigung des visuellen-Arbeitsgedächtnisses (Block Tapping), untersucht wird

	ZST	ZN	Block Tapping	VLMT	MCGCF	PPVT	Mosaiktest
ZST	1						
ZN	.31	1					
Block Tapping	.53*	.63*	1				
VLMT	.04	.40*	.28	1			
MCGCF	.15	.45*	.31	.55*	1		
PPVT	.09	.03	-.05	.14	.08	1	
Mosaiktest	.32	.03	.26	-.02	.12	.42*	1

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

### 7.5.2 Grafiken zur explorativen Pfadanalyse unter Berücksichtigung des visuellen-Arbeitsgedächtnisses (Block Tapping)

#### 7.5.2.1 Wortpaare

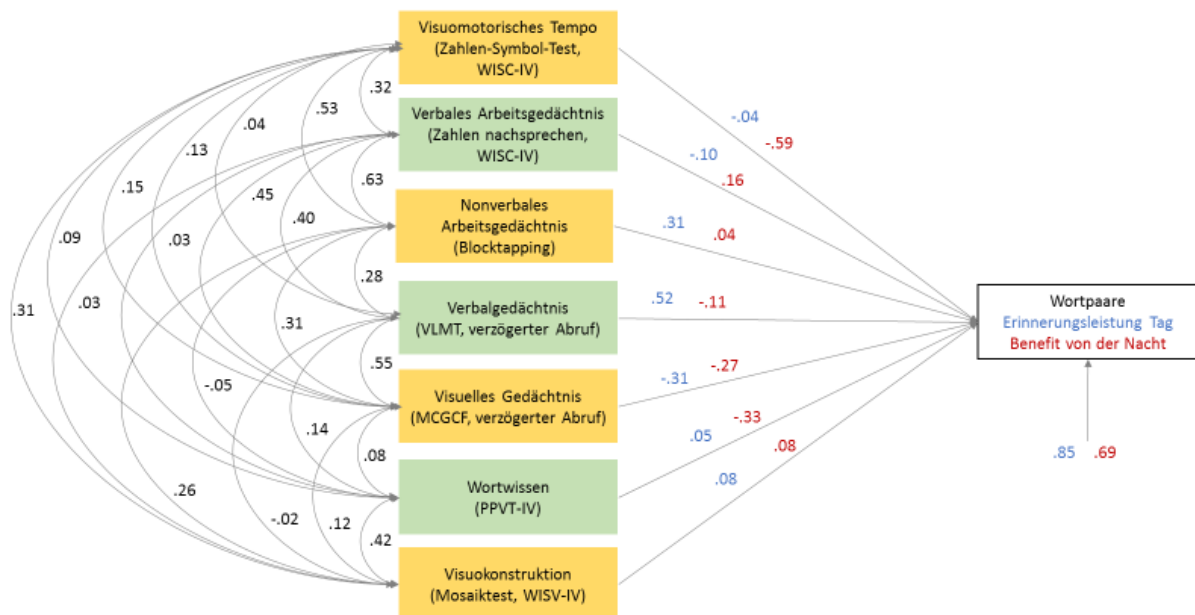


Abbildung 7.1: Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Leistungen (non-verbale Domäne orange, verbal grün) auf die unkorrigierte Erinnerungsleistung über Tag gemessen am Abend (blau) und den Baseline-korrigierten Benefit der Nacht (rot) auf die Gedächtniskonsolidierung von Wortpaaren bei n=22 Kindern im Alter von 6-16 Jahren

### 7.5.2.2 Bildpaare

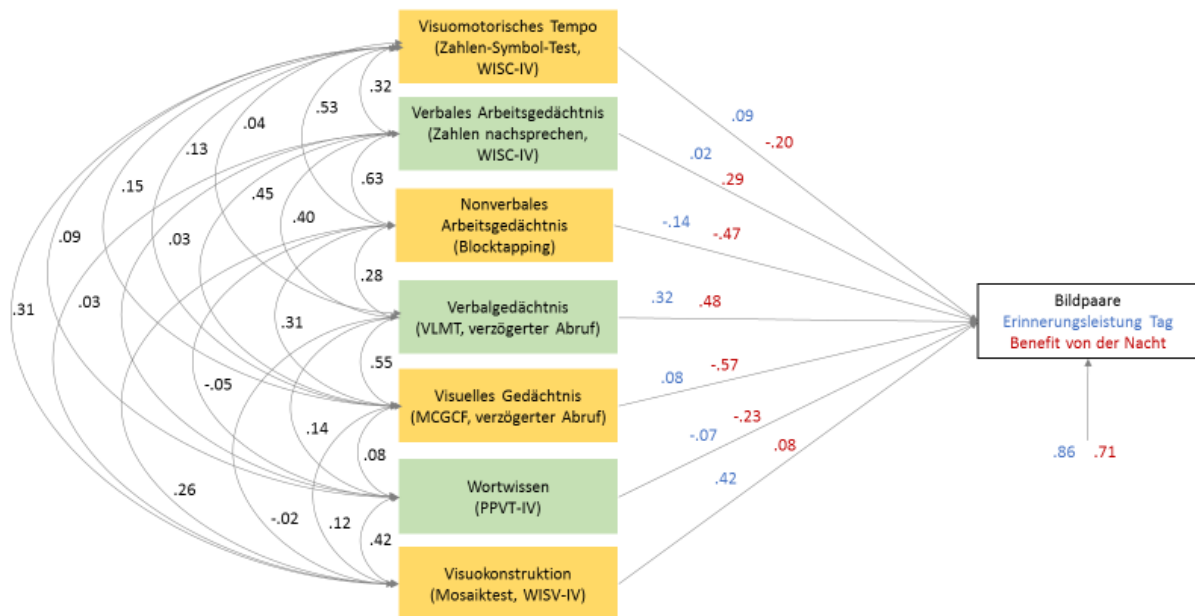


Abbildung 7.2: Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Leistungen (non-verbale Domäne orange, verbal grün) auf die unkorrigierte Erinnerungsleistung über Tag gemessen am Abend (blau) und den Baseline korrigierten Benefit der Nacht (rot) auf die Gedächtniskonsolidierung von Bildpaaren bei n=22 Kindern im Alter von 6-16 Jahren

### 7.5.2.3 Vergleich von Wort – und Bildpaaren

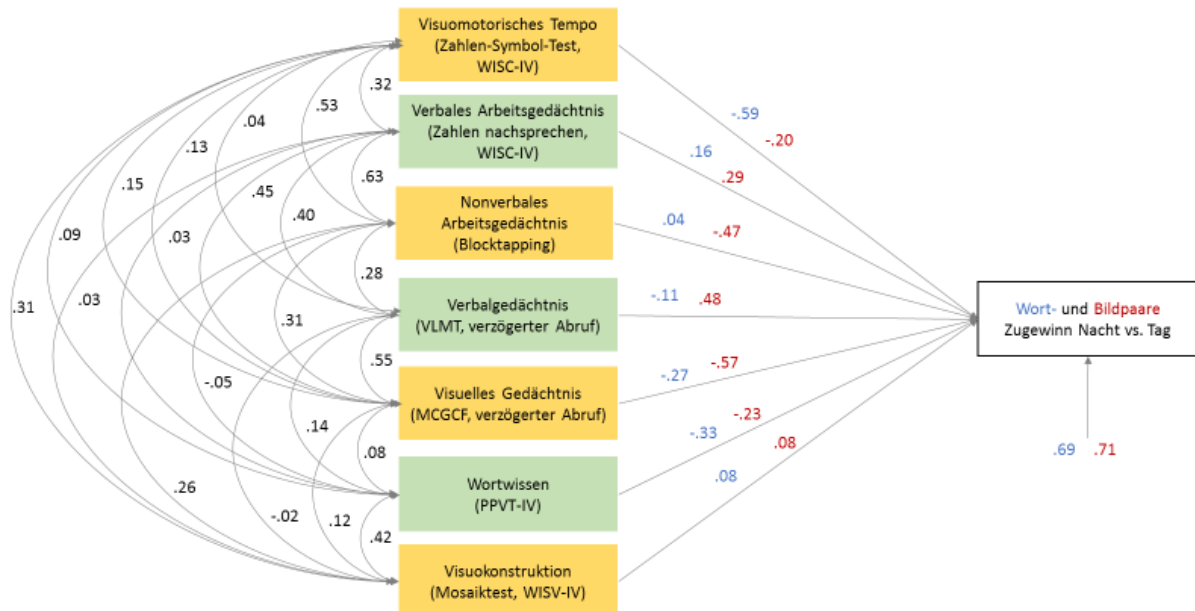


Abbildung 7.3: Pfadanalyse zum Einfluss kognitiver Leistungen (non-verbale Domäne orange, verbal grün) auf den individuellen Gewinn von Schlaf gegenüber dem Tag für die Gedächtniskonsolidierung von Wort- (blau) und Bildpaaren (rot) bei n=22 Kindern im Alter von 6-16 Jahren

## 7.6 Case Report File- Vorlage der DESIRE Studie



Patient Code: \_\_\_\_\_  
(Country, Epilepsy/ Control, number)

### CASE REPORT FORM (CRF)

#### Study overview

Date of inclusion in study \_\_\_\_\_ (age \_\_\_\_\_ years)  
(day) (month) (year)

Study group  CSWS  
 BECTS  
 FCD (focal epilepsy undergoing surgery)  
 Controls

Randomization version: \_\_\_\_\_ (1-16)

Version of memory consolidation: **T0**  N-D  D-N **T1**  N-D  D-N

T0: BASELINE	DATE/S	COMMENTS?
<b>METHOD 1:</b> NEUROPSYCHOLOGY		
<b>METHOD 2: MEMORY IN SLEEP</b>		
<b>METHOD 3: RESTING HDEEG – MEG (CIRCLE THE RIGHT(S) OPTIONS)</b>		
<b>METHOD 4: STRUCTURAL MRI/DTI</b>		

Medication at T0	Dose (mg/d)	Plasma level if available

T1: 1 MONTH FOLLOW-UP	DATE/S	COMMENTS?
<b>METHOD 2: MEMORY IN SLEEP</b>		
<b>METHOD 3: RESTING HDEEG – MEG (CIRCLE THE RIGHT(S) OPTIONS)</b>		

Medication at T1	Dose (mg/d)	Plasma level if available

T2: 6 MONTH FOLLOW-UP	DATE/S	COMMENTS?
<b>METHOD 1: NEUROPSYCHOLOGY</b>		
<b>METHOD 3: RESTING HDEEG – MEG (CIRCLE THE RIGHT(S) OPTIONS)</b>		
<b>METHOD 4: STRUCTURAL MRI/DTI</b>		

Medication at T2	Dose (mg/d)	Plasma level if available

## General information

Date of birth \_\_\_\_\_  
(day) (month) (year)

Gender  male  female

Mother tongue (if not German) \_\_\_\_\_

School type \_\_\_\_\_

school year \_\_\_\_\_

height \_\_\_\_\_ m      weight \_\_\_\_\_ kg

head size: nasion-inion \_\_\_\_\_ cm  
left-right \_\_\_\_\_ cm

## Medical history

Current diagnosis \_\_\_\_\_

Date of epilepsy onset \_\_\_\_\_

Previous antiepileptic medications \_\_\_\_\_

### Clinical characteristics of seizures

Seizure type	Currently occurring	Occurred previously
<b>Simple partial seizure</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Complex partial seizure</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Secondarily generalized tonic clonic convulsion</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Primary generalized tonic clonic convulsion</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Generalized nonconvulsive (absence or atypical absence)</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



<b>Myoclonic</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Tonic</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Atonic</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Tonic/atonic (cannot differentiate)</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Infantile spasms (if under 3 years of age)</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Epileptic spasms (if 3 years of age and older)</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Other (describe):</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

---

**Characteristics of the interictal and ictal EEG**

- Normal EEG
- Abnormal (epileptiform)
- Focal spikes (temporal, frontal, parietal, occipital)
- Generalized epileptiform discharges
- Hypsarrhythmia
- Electrographic seizures
- Abnormal EEG (non-epileptiform only)
- Background slowing and/or disorganization
- Focal slowing
- Other \_\_\_\_\_
- Not available

**Clinical comorbidities, other disorders**


---



---

**Neurological status**

- No pathological finding
  - abnormal, specify \_\_\_\_\_
- 
- 

**MRI findings**

- Normal
  - abnormal
  - focal (specify findings)
  - diffuse (specify findings)
  - Non-specific or incidental (small white matter changes, mild atrophy, arachnoid cyst, specify findings)
  - Not available
- 
- 
- 

**Birth**

- Time  on date  early <37<sup>th</sup> week  late > 42<sup>nd</sup> week week \_\_\_\_\_
- Birth mode:  spontaneous  forceps  vacuum extraction
- Sectio, reason \_\_\_\_\_
- Unknown

Weight at birth: \_\_\_\_\_g                      height at birth \_\_\_\_\_cm                      head size \_\_\_\_\_cm

APGAR: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Motor development**

First time free sitting \_\_\_\_\_ months first time walked \_\_\_\_\_ months  unknown

Abnormalities, specify

---

---

---

**Speech development**

First words with \_\_\_\_\_ months two-word-sentences with \_\_\_\_\_ months  unknown

Abnormalities, specify

---

---

---

**Febrile convulsions**

no  yes, at the age(s) of \_\_\_\_\_ frequency, specify

---

---

---

**History of medical disorders**

None  yes, give details

---

---

**Immunization**

Yes  no, give details

---

---

**Complications of immunization**

No  yes, give details

---

---

## Family history

**Family history of epilepsy or neurological disorder**

---

---

---

---

**Family status of parents**

- Single                       married                       divorced

**MRI Safety**

Does the child have any metal, e.g.

- Braces (contact dentist for material specifications)                       other, specify

---

**Notes/ Comments**

---

---

---

---

---

**Socioeconomic status (Index according to Winkler & Stolzenberg, 2009)**

	<b>Mother</b>	<b>Father</b>
<b>Highest graduation at school</b>	<input type="checkbox"/> no graduation <input type="checkbox"/> certificate of secondary education (Hauptschulabschluss) <input type="checkbox"/> general certificate of secondary education (after fifth year of secondary school) (Realschulabschluss) <input type="checkbox"/> vocational diploma (Fachabitur) <input type="checkbox"/> university-entrance diploma (Abitur) <input type="checkbox"/> other	<input type="checkbox"/> no graduation <input type="checkbox"/> certificate of secondary education (Hauptschulabschluss) <input type="checkbox"/> general certificate of secondary education (after fifth year of secondary school) (Realschulabschluss) <input type="checkbox"/> vocational diploma (Fachabitur) <input type="checkbox"/> university-entrance diploma (Abitur) <input type="checkbox"/> other
<b>Highest professional graduation</b>	<input type="checkbox"/> no professional graduation professional school (Berufsschule/Lehre) <input type="checkbox"/> vocational school (Fach-/Meisterschule) <input type="checkbox"/> collage of higher education (Fachhochschule) <input type="checkbox"/> university <input type="checkbox"/> other	<input type="checkbox"/> no professional graduation professional school (Berufsschule/Lehre) <input type="checkbox"/> vocational school (Fach-/Meisterschule) <input type="checkbox"/> collage of higher education (Fachhochschule) <input type="checkbox"/> university <input type="checkbox"/> other
<b>Salary per month [EUR]</b>	<input type="checkbox"/> less than 1250 <input type="checkbox"/> between 1250 and 1749 <input type="checkbox"/> between 1750 and 2249 <input type="checkbox"/> between 2250 and 2999 <input type="checkbox"/> between 3000 and 3999 <input type="checkbox"/> between 4000 and 4999 <input type="checkbox"/> more than 5000	<input type="checkbox"/> less than 1250 <input type="checkbox"/> between 1250 and 1749 <input type="checkbox"/> between 1750 and 2249 <input type="checkbox"/> between 2250 and 2999 <input type="checkbox"/> between 3000 and 3999 <input type="checkbox"/> between 4000 and 4999 <input type="checkbox"/> more than 5000
<b>Professional position</b>	<b>Laborer (Arbeiterin)</b> <input type="checkbox"/> not skilled <input type="checkbox"/> skilled <input type="checkbox"/> craftswoman (Facharbeiterin) <input type="checkbox"/> forewoman (Vorarbeiterin)  <b>employee (Angestellte)</b> <input type="checkbox"/> easy practice (e.g. shop assistant)	<b>Laborer (Arbeiter)</b> <input type="checkbox"/> not skilled <input type="checkbox"/> skilled <input type="checkbox"/> craftswoman (Facharbeiterin) <input type="checkbox"/> forewoman (Vorarbeiterin)  <b>employee (Angestellter)</b> <input type="checkbox"/> easy practice (e.g. shop assistant)

	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> qualified practice (e.g. administrator, bookkeeper)</li> <li><input type="checkbox"/> high-qualified practice (leading position)</li> <li><input type="checkbox"/> executive functions (manager, director)</li> </ul> <p><b>officer (Beamtin)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ordinary office</li> <li><input type="checkbox"/> higher office</li> </ul> <p><b>self-employed (Selbstständige)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> agriculturist (Landwirtin)</li> <li><input type="checkbox"/> less than 10 employers</li> <li><input type="checkbox"/> more than 10 employers</li> <li><input type="checkbox"/> graduate (Akademikerin)</li> </ul> <p><b>other</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> student</li> <li><input type="checkbox"/> apprentice (Auszubildende)</li> <li><input type="checkbox"/> housewife</li> <li><input type="checkbox"/> looking for work</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> qualified practice (e.g. administrator, bookkeeper)</li> <li><input type="checkbox"/> high-qualified practice (leading position)</li> <li><input type="checkbox"/> executive functions (manager, director)</li> </ul> <p><b>officer (Beamter)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ordinary office</li> <li><input type="checkbox"/> higher office</li> </ul> <p><b>self-employed (Selbstständiger)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> agriculturist (Landwirt)</li> <li><input type="checkbox"/> less than 10 employers</li> <li><input type="checkbox"/> more than 10 employers</li> <li><input type="checkbox"/> graduate (Akademiker)</li> </ul> <p><b>other</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> student</li> <li><input type="checkbox"/> apprentice (Auszubildender)</li> <li><input type="checkbox"/> houseman</li> <li><input type="checkbox"/> looking for work</li> </ul>
--	--	---

## Results at baseline (T0)

### Neuropsychological test results

Test/Questionnaire	Raw Score	Norm score (if applicable; if not, N/A)
<b>Level of cognitive functioning</b>		
<b>Wechsler-Intelligence Scale for Children (WISC-IV)</b>		
Verbal comprehension index		
Similarities		
Vocabulary		
Perceptual reasoning index		
Block design		
Matrix reasoning		
Working memory index		
Digit span		
Processing speed index		
Symbol search		
Coding		
Full Scale IQ		
<b>Language</b>		
<b>Phonematic word fluency (mean EpiTrack-Junior)</b>		
<b>Semantic word fluency (animals)</b>		
<b>Boston Naming Test, 30 items</b>		
<b>Peabody Picture Vocabulary Test [correct items]</b>		
<b>Single word reading test (Züricher Lesetest)</b>		
Time (1+2+3) [sec]		
Errors (1+2+3)		
<b>Reading comprehension (ELFE 1-6) [correct items]</b>		
Words		
Sentences		
Texts		
<b>Attention and executive functions</b>		
<b>Processing speed from WISC-IV</b>		
Symbol search		
Coding		
<b>TAP: Go/no go 1 out of 2</b>		
<b>EpiTrack-Junior</b>		
Interference		
Numbers		
Numbers/ dots		
Labyrinth		
Word fluency		
Digit span (from WISC-IV)		
<b>Working memory – verbal</b>		
<b>Digit span (WISC-IV)</b>		
<b>Working memory – spatial</b>		
<b>Block tapping test (WNV)</b>		
<b>Episodic memory – verbal</b>		
<b>Verbal Learning (RAVLT=VLMT)</b>		

Version		
Correct words in first round		
Learning (sum correct items 1-5)		
Free recall after delay		
Loss after delay		
Recognition (correct minus false)		
<b>Episodic memory – nonverbal</b>		
<b>Medical College of Georgia Complex Figure</b>		
Copy		
Free recall at 30 min delay		
<b>Questionnaires on psychiatric comorbidity, quality of life and handedness</b>		
<b>Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ), parent form</b>		
<b>Social Responsiveness Scale (SRS)</b>		
Total Score Autism		
Social Awareness		
Social Cognition		
Social Communication		
Social Motivation		
Restricted Interests and Repetitive Behavior		
<b>Social Communication Questionnaire (SCQ = FSK)</b>		
<b>Sleep Disturbance Scale for Children (SDSC)</b>		
<b>Questionnaire for cognitive functioning KOPKIJ (only German)</b>		
Sprache		
Gedächtnis		
Visuell-räumliche Leistungen		
Verhaltenssteuerung		
Aufmerksamkeit		
Schulische Leistungen		
<b>Edinburgh Handedness Inventory (EHI)</b>		

### Results of sleep-dependent memory consolidation

	Raw score (% correct answers)	
<b>1<sup>st</sup> visit</b>		
Verbal immediate recall		
Non-verbal immediate recall		
<b>2<sup>nd</sup> visit</b>		
Verbal delayed recall		
Non-verbal delayed recall		
Verbal immediate recall		
Non-verbal immediate recall		
<b>3<sup>rd</sup> visit</b>		
Verbal delayed recall		
Non-verbal delayed recall		

## Results at 1 month follow-up (T1)

### Results of sleep-dependent memory consolidation

	Raw score (% correct answers)	
<b>1<sup>st</sup> visit</b>		
Verbal immediate recall		
Non-verbal immediate recall		
<b>2<sup>nd</sup> visit</b>		
Verbal delayed recall		
Non-verbal delayed recall		
Verbal immediate recall		
Non-verbal immediate recall		
<b>3<sup>rd</sup> visit</b>		
Verbal delayed recall		
Non-verbal delayed recall		

## Results at 6 month follow-up (T2)

### Neuropsychological test results

Test/Questionnaire	Raw Score	Norm score (if applicable; if not, N/A)
<b>Level of cognitive functioning</b>		
<b>Wechsler-Intelligence Scale for Children (WISC-IV)</b>		
Verbal comprehension index		
Similarities		
Vocabulary		
Perceptual reasoning index		
Block design		
Matrix reasoning		
Working memory index		
Digit span		
Processing speed index		
Symbol search		
Coding		
Full Scale IQ		
<b>Language</b>		
<b>Phonematic word fluency (mean EpiTrack-Junior)</b>		
<b>Semantic word fluency (animals)</b>		
<b>Boston Naming Test, 30 items</b>		
<b>Peabody Picture Vocabulary Test [correct items]</b>		
<b>Single word reading test (Züricher Lesetest)</b>		
Time (1+2+3) [sec]		
Errors (1+2+3)		
<b>Reading comprehension (ELFE 1-6) [correct items]</b>		
Words		
Sentences		
Texts		

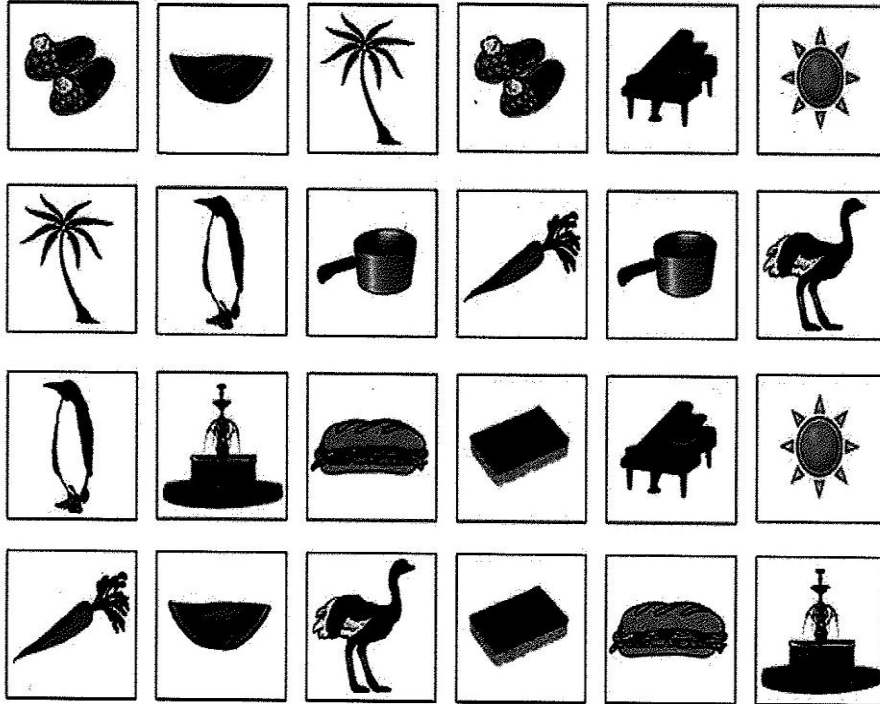


<b>Attention and executive functions</b>		
<b>Processing speed from WISC-IV</b>		
Symbol search		
Coding		
<b>TAP: Go/no go 1 out of 2</b>		
<b>EpiTrack-Junior</b>		
Interference		
Numbers		
Numbers/ dots		
Labyrinth		
Word fluency		
Digit span (from WISC-IV)		
<b>Working memory – verbal</b>		
<b>Digit span (WISC-IV)</b>		
<b>Working memory – spatial</b>		
<b>Block tapping test (WNV)</b>		
<b>Episodic memory – verbal</b>		
<b>Verbal Learning (RAVLT=VLMT)</b>		
Version		
Correct words in first round		
Learning (sum correct items 1-5)		
Free recall after delay		
Loss after delay		
Recognition (correct minus false)		
<b>Episodic memory – nonverbal</b>		
<b>Medical College of Georgia Complex Figure Copy</b>		
Free recall at 30 min delay		
<b>Questionnaires on psychiatric comorbidity, quality of life and handedness</b>		
<b>Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ), parent form</b>		
<b>Social Responsiveness Scale (SRS)</b>		
Total Score Autism		
Social Awareness		
Social Cognition		
Social Communication		
Social Motivation		
Restricted Interests and Repetitive Behavior		
<b>Social Communication Questionnaire (SCQ = FSK)</b>		
<b>Sleep Disturbance Scale for Children (SDSC)</b>		
<b>Questionnaire for cognitive functioning KOPKIJ (only German)</b>		
Sprache		
Gedächtnis		
Visuell-räumliche Leistungen		
Verhaltenssteuerung		
Aufmerksamkeit		
Schulische Leistungen		
<b>Edinburgh Handedness Inventory (EHI)</b>		Handedness (circle):

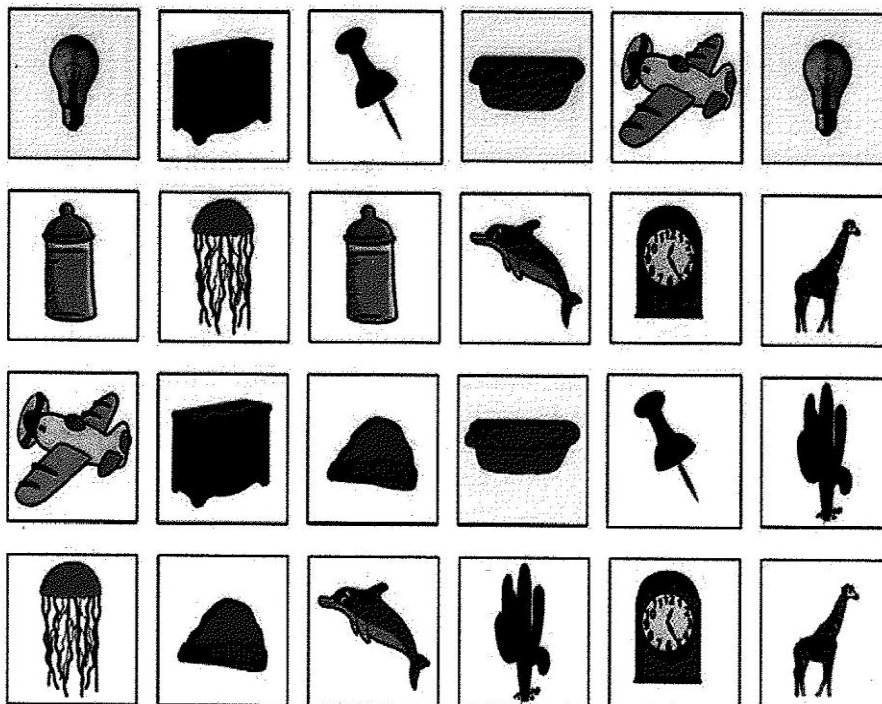


### 7.8 Bildpaaraufgaben

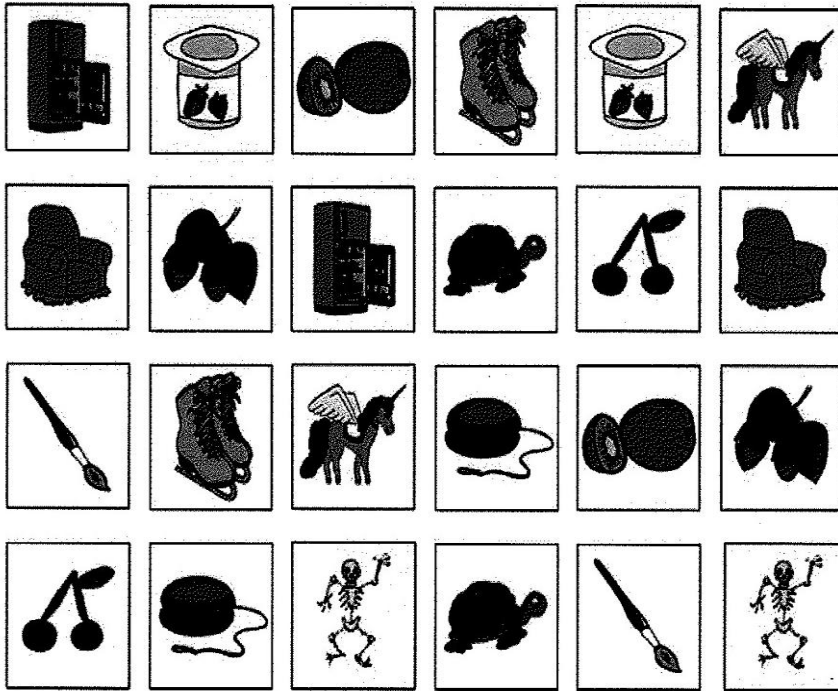
# A



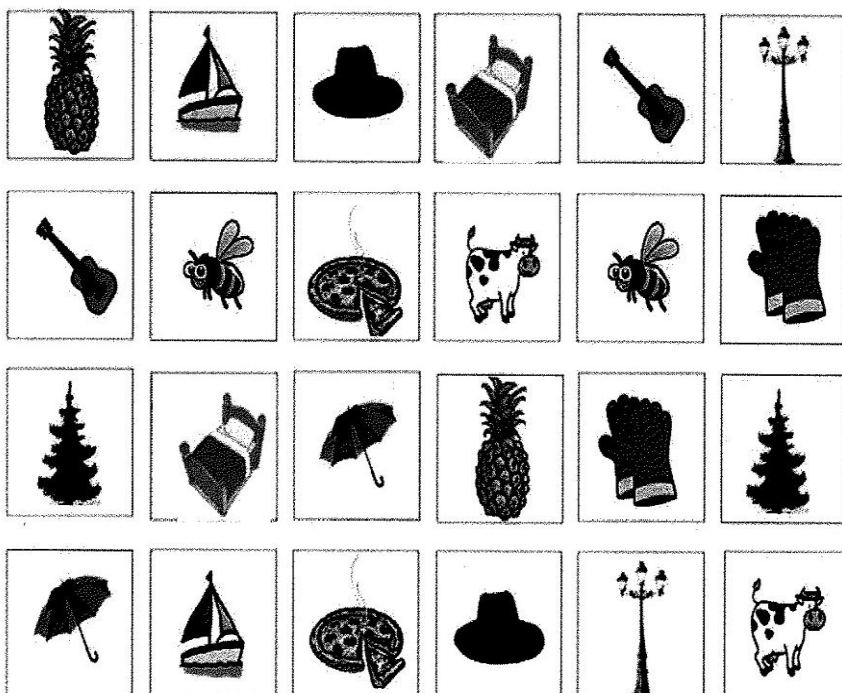
# B



C



D



\* Die hier schwarz-weißen Abbildungen waren im Testmaterial farbig.

## 7.9 Wortpaarlisten

### Liste A:

Affe	Zebra	Kommode	Spiegel
Balkon	Fenster	Krippe	Tanne
Bibliothek	Buch	Lautsprecher	Musik
Bleistift	Blatt	Rakete	Helikopter
Blume	Garten	Schnee	Sonne
Brötchen	Butterbrot	Schnuller	Puppe
Ei	Huhn	Schule	Kind
Elektrizität	Lampe	Spaghetti	Tomate
Fernglas	Brille	Staubsauger	Dreck
Gürtel	Krawatte	Stern	Planet
Hai	Meerjungfrau	Stiefel	Handschuh
Himmel	Regen	Waffe	Schwert
Kastanie	Walnuss	Weste	Jacke
Kette	Armbanduhr	Zange	Bügel
Kiste	Koffer	Zopf	Kamm
Knochen	Skelett	Zwiebel	Lauch

### Liste B:

Ananas	Pfirsich	Eskimo	Bär
Arzt	Krankenschwester	Flasche	Vase
Bad	Dusche	Frau	Rock
Baum	Panda	Haar	Locke
Besen	Schrank	Hamster	Maus
Elefant	Nashorn	Keks	Schokolade

Klavier	Ton	Reh	Hirsch
Lenkrad	Straße	Schaufel	Loch
Mais	Weizen	Schere	Messer
Mond	Wolke	Schinken	Sandwich
Mütze	Pullover	Schloss	Haus
Nacht	Schlaf	Schulheft	Notizbuch
Ohr	Fuß	Streichholz	Pfeife
Pfannkuchen	Hörnchen	Topf	Gabel
Pfeife	Zug	Wanne	Waschbecken
Puzzle	Kreisel	Wind	Kopftuch

Liste C:

Bahnsteig	Lokomotive	Kapuze	Regenschirm
Ball	Spiel	Karotte	Suppe
Bank	Tisch	Kirsche	Apfel
Baumstamm	Säge	Löffel	Kelle
Blitz	Vulkan	Medikament	Krankenwagen
Briefumschlag	Etikett	Meer	Berg
Eidechse	Schlange	Schaf	Lamm
Engel	Paradies	Schaukel	Fahrrad
Erdbeere	Himbeere	Schwimmbad	Reise
Faden	Nadel	Spazierstock	Opa
Flöte	Gitarre	Spinne	Raupe
Freund	Familie	Wal	Delfin
Gießkanne	Rasenmäher	Wasser	Duschkopf
Hammer	Schraube	Welt	Land
Hemd	Hose	Zeit	Uhr
Kaffeekanne	Tasse	Zigarre	Aschenbecher

Liste D:

Bart	Schnurrbart	Nickerchen	Müdigkeit
Bildschirm	Telefon	Pfeil	Indianer
Daumen	Hand	Pinguin	Fisch
Eichhörnchen	Igel	Rad	Auto
Eimer	Geschirrtuch	Schmerzen	Träne
Fächer	Wärme	Schuh	Mantel
Fühler	Biene	Seemann	Boot
Gemälde	Kreis	Ski	Schneeflocke
Insel	Kaktus	Sparschwein	Geld
Käfig	Vogel	Stift	Brief
Kinderwagen	Baby	Teller	Brot
Knopf	Schnürsenkel	Traktor	Leiter
Korb	Schale	Traum	Erinnerung
Kuchen	Obst	Trommel	Fest
Maikäfer	Schmetterling	Trompete	Geige
Maske	Knoten	Wurm	Schnecke

## 7.10 Positives Ethikvotum

### MEDIZINISCHE FAKULTÄT DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL



#### ETHIK-KOMMISSION

Universitäts-Kinderklinik · Schwänenweg 20 · 24105 Kiel

Prof. Dr. Michael Siniatchkin  
Institut für Medizinische Psychologie und  
Medizinische Soziologie  
Preußerstraße 1-9  
24105 Kiel

Postadresse:  
Arnold-Heller-Straße 3 / Haus 9  
D-24105 Kiel

Telefon 04 31 / 597-18 09  
Telefax 04 31 / 597-53 33  
ethikkomm@email.uni-kiel.de

Datum:

27. April 2015

**AZ.:** D 460/15 (bitte stets angeben)  
**Studienplan:** Einfluss epileptischer Aktivität auf kognitive Funktionen bei  
enzephalopatischer Epilepsie  
Anschreiben undatiert; Projektbeschreibung Version 2 vom 20. April 2015;  
Probandeninformation (Kind) Version 2 vom 20. April 2015; Elterninfor-  
mation Version 2 vom 20. April 2015; Elterninformation gesunde Kontrollen  
Version 2 vom 20. April 2015; Einwilligungserklärung Version 2 vom 20. April  
2015; Rekrutierungsaushang Version 1 vom 20. April 2015; Schlaftagebuch

**Studienleiter und  
Antragsteller:** Prof. Dr. med. Michael Siniatchkin, UKSH Campus Kiel  
**Antrag vom:** 20. April 2015 (Eingang: 22. April 2015)

Sehr geehrter Herr Kollege Siniatchkin,

wir bestätigen den Eingang des obengenannten Antrages zur Beratung gemäß § 15 Berufs-  
ordnung (BO) der Ärztekammer Schleswig-Holstein.

Nach Durchsicht der Unterlagen durch die Geschäftsstelle und durch mich als Vorsitzenden  
der Ethik-Kommission bestehen gegen die Durchführung der Studie keine berufsethischen  
und berufsrechtlichen Bedenken.

**Die im Folgenden aufgeführten Hinweise müssen beachtet werden:**


1. Es wird darauf hingewiesen, dass künftige Änderungen der Studie der Ethik-Kommission  
anzuzeigen sind und gegebenenfalls eine erneute Beratung erforderlich machen.
2. Die ethische und rechtliche Verantwortung für die Durchführung dieser Studie verbleibt  
beim Projektleiter und den an der Studie teilnehmenden Ärzten/Mitarbeitern.
3. Die Ethik-Kommission weist darauf hin, dass für eventuell in Zukunft weitere teilnehmende  
Zentren eine berufsrechtliche Beratung bei der jeweils für sie zuständigen Ethik-Kommission  
erforderlich ist.
4. Gemäß Deklaration von Helsinki muss der Ethik-Kommission nach Studienende ein Ab-  
schlussbericht vorgelegt werden, der eine Zusammenfassung der Ergebnisse und Schluss-  
folgerungen der Studie enthält.
5. Bitte reichen Sie künftige Anträge unter Verwendung des Basisformulars für einen Ethik-  
Antrag ein (<http://www.medizin.uni-kiel.de/de/fakultaet/ethikkommission/sonstige-studien>).
6. Wir bitten vor Studienbeginn um Nachreichung der Unterschrift von Dr. Sarah von  
Spiczak.



7. Weiterhin bitten wir darum, den Studienteilnehmern sowie den Eltern – auch der gesunden Kontrollen- in der schriftlichen Information mitzuteilen, wie viel Zeit für die Studienteilnahme eingeplant werden muss.

Wir wünschen Ihnen für die Durchführung der Studie viel Erfolg.

Mit freundlichen kollegialen Grüßen

  
Prof. Dr. med. H. M. Mehdorn  
Vorsitzender der Ethik-Kommission

  
Dr. med. Christine Glinicke  
Geschäftsführung der Ethik-Kommission

## 7.11 Einverständniserklärung Eltern/ Kind



UNIVERSITÄTSKLINIKUM Schleswig-Holstein – Campus Kiel  
Institut für Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie  
Preußenstraße 1-9 (Merkmhaus), 24105 Kiel

### Campus Kiel

#### Institut für Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie

Besucheradresse: Preußenstraße 1-9 24105 Kiel

**Direktor: Prof. Dr. med. M. Siniatchkin**

Sekretariat des Direktors      Tel.      Fax.  
0431 / 597 -8750      (-8759)

E-Mail: [desire@med-psych.uni-kiel.de](mailto:desire@med-psych.uni-kiel.de)

Internet: [www.uni-kiel.de/med-psych](http://www.uni-kiel.de/med-psych)

### Klinik für Neuropädiatrie

Besucheradresse: Schwanenweg 20 24105 Kiel

**Direktor: Prof. Dr. med. U. Stephani**

Sekretariat des Direktors      Tel.      Fax.  
0431 / 597 -1668      (-1769)

E-Mail: [sekretariat@pedneuro.uni-kiel.de](mailto:sekretariat@pedneuro.uni-kiel.de)

Internet: [www.uksh.de/neuropaediatrie-kiel/](http://www.uksh.de/neuropaediatrie-kiel/)

## Einverständniserklärung Eltern

Studie: Einfluss epileptischer Aktivität auf Funktionen des Denkens bei epileptischen  
Syndromen

Teilnehmercode \_\_\_\_ / \_\_\_\_ (vom Studienpersonal auszufüllen)

\_\_\_\_\_  
Vor- und Nachnamen beider Sorgeberechtigten

\_\_\_\_\_  
Anschriften

\_\_\_\_\_  
Telefon      mobil

Wir sind damit einverstanden, dass unser Kind an folgenden Untersuchungen teilnimmt (bitte  
Zutreffendes ankreuzen):

- alle Untersuchungen  
 einzelne Untersuchungen  
      neuropsychologische Untersuchung  
      schlafabhängige Gedächtnisleistung  
      EEG  
      MRT

Wir sind ausreichend in schriftlicher Form über Inhalt und Ablauf der Studie sowie die Vor-  
und Nachteile der Teilnahme informiert worden. Wir haben die Elterninformationen gelesen  
und den Inhalt verstanden. Wir hatten ausreichend Gelegenheit, die Studie mit dem  
Versuchsleiter zu besprechen und Fragen zu stellen. Alle unsere Fragen und Bedenken  
wurden zu unserer Zufriedenheit beantwortet.

### Version 3

Universitätsklinikum  
Schleswig-Holstein  
Anstalt des  
öffentlichen Rechts

Vorstandsmitglieder:  
Prof. Dr. Jens Scholz  
(Vorsitzender)  
Peter Pansegrau  
Christa Meyer

Bankverbindungen:  
Förde Sparkasse  
Kto.-Nr. 100 206, BLZ 210 501 70  
IBAN: DE14 2105 0170 0000 1002 06  
SWIFT/BIC: NOLA DE 21 KIE  
Commerzbank AG (vormals Dresdner Bank AG)  
Kto.-Nr. 3000 412 00, BLZ 230 800 40  
IBAN DE17 2308 0040 0300 0412 00  
SWIFT/BIC: DRES DE FF 230





Wir sind darauf hingewiesen worden, dass im Rahmen der Studie keine therapeutisch relevante Diagnostik stattfindet und die Untersuchungen lediglich wissenschaftlichen Zwecken dienen. Unserem Kind entsteht kein persönlicher Vorteil aus der Teilnahme an dieser Studie.

Wir erklären uns damit einverstanden, dass die im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten über unser Kind in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern in der Klinik für Neuropädiatrie bzw. im Institut für Medizinische Psychologie und Soziologie (Schwanenweg 20, 24105 Kiel) gespeichert werden. Wir erklären uns damit einverstanden, dass die Daten unseres Kindes in pseudonymisierter<sup>1</sup> Form nach Beendigung oder Abbruch des Forschungsvorhabens gemäß den gesetzlichen Fristen aufbewahrt werden. Einer wissenschaftlichen Auswertung der anonymisierten Daten und einer möglichen Veröffentlichung der Ergebnisse stimmen wir zu.

Wir wissen, dass die Studienteilnahme freiwillig ist und dass wir jederzeit ohne Angabe von Gründen die Teilnahme unseres Kindes beenden können, ohne dass uns oder unserem Kind dadurch Nachteile entstehen. Beim Widerruf unserer Einwilligung haben wir das Recht, die Löschung aller bis dahin über uns und unser Kind gespeicherten personenbezogenen Daten zu verlangen.

Wir geben hiermit unsere freiwillige Zustimmung zur Teilnahme unseres Kindes an dieser Studie. Eine Kopie dieser Einwilligung sowie die Elterninformation haben wir erhalten.

---

Datum

Unterschrift der Sorgeberechtigten

---

<sup>1</sup> „Pseudonymisierung“ ist Verschlüsselung von Daten ohne Namensnennung mit einem Code. Die Zuordnung der Daten zu einer Person ist nur möglich, wenn die Verschlüsselung des Codes bekannt ist..



UNIVERSITÄTSKLINIKUM Schleswig-Holstein – Campus Kiel  
Institut für Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie  
Preußerstraße 1-9 (Mercurhaus), 24105 Kiel

### Campus Kiel

#### Institut für Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie

Besucheradresse: Preußerstraße 1-9 24105 Kiel

**Direktor: Prof. Dr. med. M. Siniatchkin**

Sekretariat des Direktors      Tel.      Fax.  
0431 / 597 -8750      (-8759)  
E-Mail: [desire@med-psych.uni-kiel.de](mailto:desire@med-psych.uni-kiel.de)  
Internet: [www.uni-kiel.de/med-psych](http://www.uni-kiel.de/med-psych)

#### Klinik für Neuropädiatrie

Besucheradresse: Schwanenweg 20 24105 Kiel

**Direktor: Prof. Dr. med. U. Stephani**

Sekretariat des Direktors      Tel.      Fax.  
0431 / 597 -1668      (-1769)  
E-Mail: [sekretariat@pedneuro.uni-kiel.de](mailto:sekretariat@pedneuro.uni-kiel.de)  
Internet: [/www.uksh.de/neuropaediatrie-kiel/](http://www.uksh.de/neuropaediatrie-kiel/)

## Einverständnis Probanden

Studie: Einfluss epileptischer Aktivität auf kognitive Funktionen bei epileptischen Syndromen

Vor- und Nachnamen des Studienteilnehmers

Anschrift

Ich bin ausreichend schriftlich über die Studie sowie die Vor- und Nachteile der Teilnahme informiert worden. Ich habe die Studieninformationen gelesen und den Inhalt verstanden. Ich hatte genug Gelegenheit, die Studie mit dem Versuchsleiter zu besprechen und Fragen zu stellen. Alle meine Fragen und Bedenken wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet.

Ich bin darauf hingewiesen worden, dass im Rahmen der Studie keine therapeutisch relevante Diagnostik stattfindet und die Untersuchungen lediglich wissenschaftlichen Zwecken dienen. Mir entsteht kein persönlicher Vorteil aus der Teilnahme an dieser Studie.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser Studie personenbezogene Daten über mich erhoben und in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern in der Forschungsabteilung der Klinik für Neuropädiatrie (Schwanenweg 20, 24105 Kiel) aufgezeichnet werden. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten in pseudonymisierter Form nach Beendigung oder Abbruch des Forschungsvorhabens gemäß den gesetzlichen Fristen aufbewahrt werden. Einer wissenschaftlichen Auswertung der anonymisierten Daten und einer möglichen Veröffentlichung der Ergebnisse stimme ich zu.

Ich weiß, dass die Studienteilnahme freiwillig ist und dass ich jederzeit ohne Angabe von Gründen meine Teilnahme beenden kann, ohne dass mir dadurch Nachteile entstehen. Beim Widerruf meiner Einwilligung habe ich das Recht, die Löschung aller bis dahin über mich gespeicherten personenbezogenen Daten zu verlangen.

Ich gebe hiermit meine freiwillige Zustimmung zu meiner Teilnahme an dieser Studie. Eine Kopie dieser Einwilligung sowie die Studieninformation habe ich erhalten.

Datum

Unterschrift des Studienteilnehmers

Version 4

Universitätsklinikum  
Schleswig-Holstein  
Anstalt des  
öffentlichen Rechts

Vorstandsmitglieder:  
Prof. Dr. Jens Scholz  
(Vorsitzender)  
Peter Pansegrau  
Christa Meyer

Bankverbindungen:  
Förde Sparkasse  
Kto.-Nr. 100 206, BLZ 210 501 70  
IBAN: DE14 2105 0170 0000 1002 06  
SWIFT/BIC: NOLA DE 21 KIE  
Commerzbank AG (vormals Dresdner Bank AG)  
Kto.-Nr. 3000 412 00, BLZ 230 800 40  
IBAN DE17 2308 0040 0300 0412 00  
SWIFT/BIC: DRES DE FF 230





## Einverständniserklärung

Datenschutz/ weitere Kontaktierung

Für weitere Studien, die zukünftig in der Forschungsabteilung der Neuropädiatrie (Campus Kiel, Schwannenweg 20 24105 Kiel) oder des Institutes für Medizinische Psychologie und Soziologie (Preußerstraße 1-9, 24105 Kiel) durchgeführt werden, würden wir Sie gerne wieder kontaktieren dürfen. Hierfür brauchen wir Ihr Einverständnis. Sie können dann unabhängig von diesem Einverständnis entscheiden, ob die vorgeschlagene Studie für Sie und Ihr Kind in Frage kommt.

- Wir sind damit einverstanden, dass wir bei weiteren Studien am UK-SH/ ZIP erneut kontaktiert werden.
- Wir sind nicht mit einer erneuten Kontaktaufnahme einverstanden.

---

Datum

Unterschrift der Sorgeberechtigte



## Einverständnis

Datenschutz / weitere Kontaktierung

Für weitere Studien, die zukünftig in der Forschungsabteilung des UK-SH / IMPS (Universitätsklinikum Schleswig-Holstein/ Institut für Medizinische Psychologie und Soziologie) durchgeführt werden, würden wir Dich gerne wieder kontaktieren dürfen. Hierfür brauchen wir Dein Einverständnis. Du kannst dann unabhängig von diesem Einverständnis entscheiden, ob die vorgeschlagene Studie für Dich in Frage kommt.

- Ich bin damit einverstanden, dass ich bei weiteren Studien am UK-SH / IMPS erneut kontaktiert werde.
- Ich bin nicht mit einer erneuten Kontaktaufnahme einverstanden.

Datum

Unterschrift des Studienteilnehmers/ der Studienteilnehmerin

## 7.12 Lebenslauf

### ***Maria Katharina Slenczek***

#### Persönliche Daten

Geburtsdatum: 24.11.1989  
Geburtsort: Buxtehude  
Familienstand: ledig  
Staatsangehörigkeit: deutsch

#### Schulbildung

1996-2000 Katholische Grundschule Neugraben  
2000-2009 Gymnasium: Sophie-Barat-Schule Hamburg, Abitur 2009

#### Auslandsaufenthalt

09/2009 - 08/2010 Entwicklungspolitischer Freiwilligendienst „weltwärts“ in Ghana

#### Studium

10/2011 – 12/2017 Studium der Humanmedizin an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
1.Staatsexamen 08/13  
2.Staatsexamen 10/16  
3.Staatsexamen 11/17

#### Praktisches Jahr

11/2016 – 10/2017 Wahlfach: Allgemeinmedizin Praxis Dr. Humm/Jürgens Kiel  
Chirurgie: Universitätsklinikum Schleswig-Holstein  
Innere Medizin: Imlandklinikum Rendsburg

#### Promotion

05/2015 - 09/2017 Datenerhebung in der DESIRE Studie  
am Institut für Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie (IMPS)  
des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein (UKSH)  
12/2017 - 08/2018 Verfassung der Dissertation  
10/2018 Kurzvortrag "Einfluss kognitiver Leistungen auf die Gedächtniskonsolidierung  
im Schlaf bei Kindern" bei der 26. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft  
für Schlafforschung und Schlafmedizin e. V. in Nürnberg und Abstract  
Veröffentlichung in „Somnologie“ Band 22, Oktober 2018

#### Beruf

Seit 08/2018 Assistenzarzt in Weiterbildung in der Gastroenterologie der  
Asklepiosklinik Hamburg-Harburg