

Aus dem
Institut für Medizinische Psychologie
der Universität Tübingen

Schlaf und Kontext-Gedächtnis bei Kleinkindern

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Gutjahr, Lilli

2021

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professor Dr. J. Born
2. Berichterstatter: Professorin Dr. B. Derntl

Tag der Disputation: 08.10.2021

*„Nicht uns, HERR, nicht uns, sondern deinem Namen gib Ehre
um deiner Gnade und Treue willen!“*

Ps 115,1

Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
EEG	Elektroenzephalographie bzw. -gramm
EMG	Elektromyographie bzw. -gramm
EOG	Elektrookulographie bzw. -gramm
ERP	<i>Event-related potential</i>
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
ggü.	gegenüber
i.e.	id est
i.S.v.	im Sinne von
Kap.	Kapitel
max.	maximal
MDI	Mental Development Index
MRT	Magnetresonanztomographie
o.a.	oder andere
o.g.	oben genannt
REM	<i>rapid eye movement</i>
SD	<i>standard deviation</i>
sh.	siehe
sog.	sogenannt
s.u.	sh. unten
SWA	<i>slow wave activity</i>
SWS	<i>slow wave sleep</i>
u.a.	unter anderem
VPN	Versuchsperson
vs.	versus

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und wissenschaftliche Fragestellung.....	1
1.1	Schlaf und deklaratives Gedächtnis in der menschlichen Entwicklung..	1
1.1.1	Schlaf in der kindlichen Entwicklung	1
1.1.2	Deklaratives Gedächtnis und dessen Entwicklung	5
1.1.3	Die assoziative Gedächtnisleistung bei Kleinkindern	8
1.2	Die Gedächtnisfunktion von Schlaf	15
1.2.1	Gedächtnisbildung im Schlaf bei Kindern	19
1.3	Hypothesen und Zielsetzung der Studie	22
1.3.1	Bedeutung von Familiarisierung mit einer Testumgebung	22
1.3.2	Bedeutung von schematischem Vorwissen	24
1.3.3	Methodische Zielsetzung der vorliegenden Studie	32
2	Material und Methoden	35
2.1	Stichprobe	35
2.2	Design	36
2.3	Versuchsablauf und Versuchsaufgabe	40
2.3.1	Rekrutierung.....	41
2.3.2	Kennenlerntermin	42
2.3.3	Experimentaltermine	42
2.4	Testdauer und Tageszeiten	51
2.5	Erprobung des Versuchsparadigmas.....	52
2.6	Datenauswertung.....	53
2.6.1	Datenbereinigung.....	53
2.6.2	Auswertung des Bayley II-Entwicklungstests	54
2.6.3	Qualitative Analyse.....	54
2.6.4	Statistische Analyse	55
3	Ergebnisse.....	58

3.1	Nachweis der allgemeinen, unspezifischen Gedächtnisleistung durch die Fehlerrate	58
3.2	Nachweis der Kontextintegration anhand des Integrationsindex	59
3.3	Einfluss von Schlaf auf die allgemeine, unspezifische Gedächtnisleistung anhand der Fehlerrate	61
3.4	Einfluss von Schlaf auf die Kontextintegration anhand des Integrationsindex – Test auf zentrale Hypothese.....	63
3.5	Betrachtung von Nebeneffekten	65
3.5.1	Einfluss der Abrufbedingung	66
3.5.2	Einfluss des Versuchstages und der Reihenfolge der Retentionsbedingungen (Schlaf zuerst/Wach zuerst).....	67
3.5.3	Einfluss des Alters und des Geschlechts	69
3.6	Gesamtzahl der benötigten Antwortversuche im Vergleich der Retentionsbedingungen.....	71
3.7	Einflussfaktoren auf die Gedächtnismaße aus der qualitativen Verhaltensanalyse	73
3.7.1	Qualitative Untersuchung auf zielgerichtetes Vorgehen.....	73
3.7.2	Abhängigkeit der Verhaltensdaten von den Retentionsbedingungen	74
3.8	Zusammenfassung der Ergebnisse	77
4	Diskussion	79
4.1	Zentrale Fragestellung und Befunde.....	79
4.2	Nachweis der Kontextintegration anhand des Integrationsindex	79
4.3	Einfluss von Schlaf auf die allgemeine, unspezifische Gedächtnisleistung anhand der Fehlerrate	81
4.4	Einfluss von Schlaf auf die Kontextintegration anhand des Integrationsindex – Test auf zentrale Hypothese.....	82
4.4.1	Vertrautheit und Kontextgedächtnis	82
4.4.2	Schlaf, Vertrautheit und Kontextgedächtnis	87

4.4.3	Interpretation aller Durchgänge und Interaktionen des Schlafeffekts auf die Kontextintegration.....	90
4.5	Nebeneffekte	91
4.5.1	Einfluss der Abrufbedingung	91
4.5.2	Einfluss des Versuchstages und der Reihenfolge der Retentionsbedingungen (Schlaf zuerst/Wach zuerst).....	93
4.5.3	Einfluss des Alters und des Geschlechts	93
4.6	Qualitative Beurteilung und Beurteilung der Methode.....	94
4.7	Limitationen der Studie	96
4.7.1	Stichprobe und deren Rekrutierung.....	96
4.7.2	Alter	97
4.8	Schlussfolgerung	98
5	Zusammenfassung	101
6	Verzeichnisse	103
6.1	Abbildungsverzeichnis	103
6.2	Tabellenverzeichnis	104
6.3	Literaturverzeichnis.....	104
7	Erklärung zum Eigenanteil	115
8	Danksagung.....	116
9	Anhang	117
9.1	Ablaufprotokoll Experimentaltermin	117
9.2	Randomisierungsliste	131
9.3	Protokollbogen für die qualitative Analyse der Verhaltensdaten	133

1 Einleitung und wissenschaftliche Fragestellung

Schlaf reguliert viele Vorgängen im menschlichen Körper und ist für die Aufrechterhaltung von lebenswichtigen Funktionen notwendig. Von herausragender Bedeutung und Gegenstand zahlreicher Studien ist der Einfluss von Schlaf auf die Gedächtnisbildung. Im Schlaf befinden wir uns in einem reduzierten Bewusstseinszustand (Diekelmann & Born, 2010) mit reduziertem Aktivitätslevel (Siegel, 2009). Gerade der Bewusstseinsverlust während des Schlafs könnte durch den Prozess der Gedächtnisbildung erklärt werden, der mit regulärer Hirnaktivität im Wachzustand unvereinbar scheint (Diekelmann & Born, 2010).

Für die vorliegende Studie sind die Besonderheiten des Schlafes während der kindlichen Entwicklung wesentlich. Insbesondere körperliches Wachstum und die Optimierung kognitiver Prozesse spielen während der kindlichen Entwicklung eine große Rolle. Gleichzeitig zeigt sich im Verlauf der frühkindlichen Entwicklung eine markante Veränderung der Schlafdauer und der Schlaftiefe (Huber & Born, 2014). Welche spezifischen Prozesse hinter diesem zeitlichen Zusammenhang stehen, ist bislang weitgehend unbekannt. Mögliche Erklärungen und Schlussfolgerungen werden in der vorliegenden Abhandlung eingehend beleuchtet. Die sehr wahrscheinliche Rolle des Schlafs bei der Abstraktion konzeptuell-schematischen Wissens aus konkreten Erfahrungen, sowie der Einfluss von Vertrautheit mit einer Lernumgebung auf diesen kognitiven Prozess stellen die zentralen Themen der vorliegenden Arbeit dar.

1.1 Schlaf und deklaratives Gedächtnis in der menschlichen Entwicklung

1.1.1 Schlaf in der kindlichen Entwicklung

Im Lauf einer Nacht ergibt sich bei jungen Erwachsenen in der Regel eine charakteristische **Schlafarchitektur**, d.h. eine typische Abfolge spezifischer Schlafstadien von bestimmter Dauer, deren Kenntnis wir voraussetzen. Diese Schlafarchitektur ist im Laufe der menschlichen Entwicklung spezifischen

Veränderungen unterworfen. Sowohl die Gesamtschlafdauer, als auch die Dauer des REM-Schlafs, sowie der REM-Anteil des Schlafes, sind unmittelbar nach der Geburt maximal und zeigen bereits in den ersten Lebensmonaten eine starke Abnahme. Neugeborene schlafen durchschnittlich 16 h am Tag, 6 Monate alte Säuglinge nur noch 13 (de Weerd & van den Bossche, 2003; Gaudreau, Carrier, & Montplaisir, 2001; Ohayon, Carskadon, Guilleminault, & Vitiello, 2004). Andere Autoren sprechen von einer durchschnittlichen Gesamtschlafdauer von 14 h im ersten bis zweiten Lebensjahr (Iglowstein, Jenni, Molinari, & Largo, 2003).

Tarullo, Balsam und Fifer argumentierten aufgrund einer beobachteten Korrelation von REM-Dauer und Reifung des ZNS (2011), dass Schlaf einen wichtigen Beitrag zur Hirnentwicklung leistet. Die Schlafstadien lassen sich jedoch in den ersten 6 Monaten nicht vollständig mit denen von Erwachsenen vergleichen. Sie sind unreif und desorganisiert. REM-Schlaf wird in dieser Periode als *active sleep* bezeichnet. Innerhalb der ersten Monate lässt sich ebenso viel *active sleep*, wie non-REM-Schlaf beobachten (Huber & Born, 2014). Mit 2-3 Jahren nimmt REM-Schlaf auf ca. 25 % ab. Gleichzeitig wird non-REM-Schlaf intensiver bzw. der Tiefschlaf-Anteil steigt stark an (Huber & Born, 2014; Jenni & Carskadon, 2007; Roffwarg, Muzio, & Dement, 1966). Diese Veränderung im Schlafprofil bei Kleinkindern ist für die deklarative Gedächtnisentwicklung bedeutend, da insbesondere dem Tiefschlaf oder *slow wave sleep* (SWS) eine gedächtnisbildende Funktion zugeschrieben wird (Näheres dazu im Kapitel 1.2 *Die Gedächtnisfunktion von Schlaf*). Die Schlaftiefe nimmt bis zur Pubertät hin zu, wo ein Plateau erreicht wird (Campbell & Feinberg, 2009; Huber & Born, 2014; Kurth et al., 2010). Das Maximum der Tiefschlafphasen 3 und 4 liegt laut Gaudreau und Kollegen bei 34 % des Gesamtschlafs im Kindesalter. Ab einem Alter von etwa 30 Jahren nimmt der Tiefschlaf deutlich ab und beträgt im Erwachsenenalter nur noch 10 % (Gaudreau et al., 2001). Die Zwischenstadien des Schlafes (Stadien 1 und 2) nehmen hingegen im Alter zu. (Ohayon et al., 2004).

Abbildung 1 bietet eine anschauliche Zusammenfassung über die Veränderungen des Schlafprofils im Lauf des menschlichen Lebens. Einen

bildlichen Vergleich der Schlaf tiefe zwischen Kindern und Erwachsenen zeigt *Abbildung 2*.

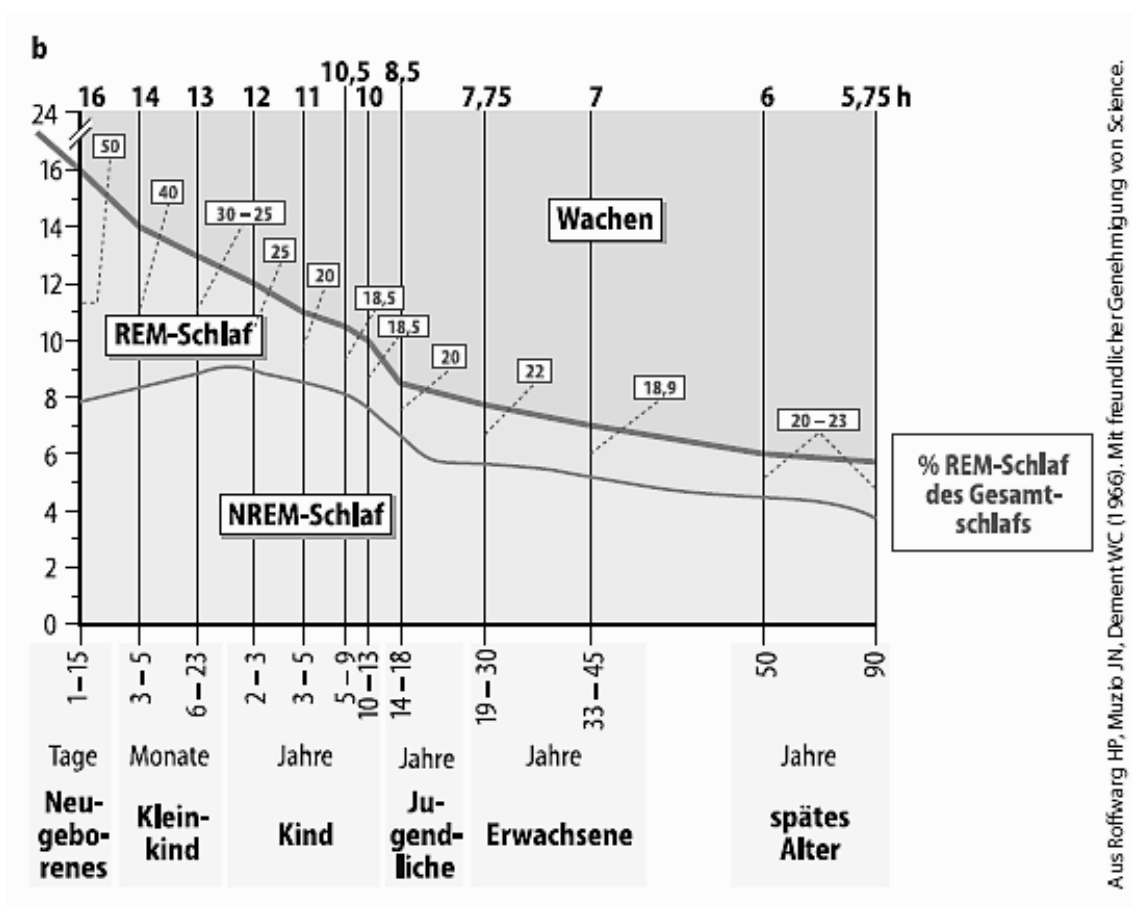


Abbildung 1 Wach- und Schlafzeiten und der Anteil von non-REM- und REM-Schlaf im Verlauf des menschlichen Lebens (adaptiert nach Roffwarg et al., 1966)

Auf der x-Achse sind das Lebensalter mit zusammenfassenden Entwicklungsstufen kategoriell aufgeführt. Die Schlafdauer in Stunden ist auf der y-Achse aufgetragen. Am oberen Rand der Abbildung ist die maximale Gesamtschlafdauer für jede Altersstufe abzulesen. Der Verlauf der unteren, etwas dünneren, dunkelgrauen Linie veranschaulicht die absolute non-REM-Schlafdauer über das Lebensalter, welche im Alter von zwei Jahren ein Maximum zeigt. Die Fläche unter dieser Linie veranschaulicht den Sachverhalt ein zweites Mal. Die Fläche zwischen den zwei dunkelgrauen Linien, bildet die absolute REM-Schlafdauer ab. Die relative REM-Dauer ist den Altersgruppen in den weißen Kästchen entlang der oberen Linie zugeordnet und weist ihr Maximum in der Neugeborenenperiode auf. Nach oben wird die mittlere Fläche von einer dicken, grauen Linie begrenzt. Die Höhe der Linie gleicht der Gesamtschlafdauer in der jeweiligen Alterskategorie. Auffällig ist der absteigende Verlauf, insbesondere zu Beginn des Lebens. Die obere graue Fläche spiegelt die Wachdauer pro 24 h wider, welche allerdings nicht vollständig dargestellt ist.

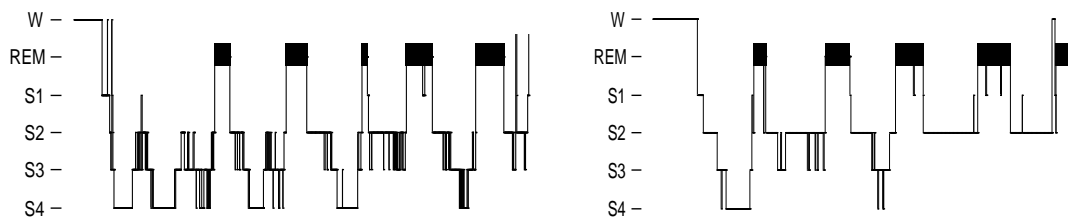


Abbildung 2 Hypnogramm eines Schulkindes (links) im Vergleich zum Hypnogramm eines Erwachsenen (rechts)

Schlaf wird charakterisiert durch zyklisches Vorkommen von REM-Schlaf und non-REM-Schlaf, welcher aus den Tiefschlafstadien 3 und 4, sowie oberflächlicheren Schlafstadien 1 und 2 besteht (Diekelmann & Born, 2010). Zu sehen sind die vergleichsweise hohen Tiefschlafanteile (Stadien 3 und 4) im kindlichen Schlafprofil, v.a. in der ersten Nachthälfte. (Quelle: Interne Lehrmaterialien des Instituts)

Auch die **Chronobiologie** des Schlafes, die Abhängigkeit des Schlafes von der Tages- bzw. Nachtzeit, ist entwicklungsbiologischen Veränderungen unterworfen. Die zirkadiane Periodik ist nicht von Anfang an gegeben. Neugeborene entwickeln erst in den ersten drei Lebensmonaten eine feststellbare Tag-Nacht-Verteilung von Schlaf- und Wach-Phasen (de Weerd & van den Bossche, 2003). Im Laufe der ersten beiden Lebensjahre verschiebt sich der Hauptteil des Schlafes in die Nacht, wobei gleichzeitig Schlaf tagsüber abnimmt (Huber & Born, 2014).

Für die große Bedeutung von Schlaf in der kindlichen Entwicklung sprechen seine hohe zeitliche Präsenz in dieser Lebensphase, sowie die besonders destruktiven Folgen von Schlafentzug im Säuglings- und Kindesalter. Kognitive Funktionen, Körper- und Gehirnwachstum sind, insbesondere während der menschlichen Entwicklung, stark von Schlaf abhängig (Tarullo et al., 2011). Bedauerlicherweise ist im Kindesalter außerdem eine hohe Inzidenz von Schlafstörungen (20-30 %), sowie eine starke Assoziation zwischen Schlafstörungen und Lernschwierigkeiten zu beobachten (Carskadon, Acebo, & Jenni, 2004; Halbower & Mark Mahone, 2006; Huber & Born, 2014; Mindell, Owens, & Carskadon, 1999; Urschitz et al., 2003).

Unter den vielfältigen förderlichen Wirkungen von Schlaf auf die kindliche Entwicklung möchte ich hier bereits den Effekt auf die Gedächtnisbildung

betonen, welcher in Kapitel *1.2.1 Gedächtnisbildung im Schlaf bei Kindern* weiter thematisiert wird.

1.1.2 Deklaratives Gedächtnis und dessen Entwicklung

Zum deklarativen oder expliziten Gedächtnis gehören das episodische und das semantische Gedächtnis (Tulving, 1972). Das semantische Gedächtnis beinhaltet allgemeines Wissen über die Welt, wie z.B. Konzepte und Regeln. Es handelt sich um ein „hochgradig strukturiertes und effizientes Netzwerk“ (Baddeley, Eysenck, & Anderson, 2010, S. 116 Übersetzung durch den Verfasser). Das episodische Gedächtnis bezieht sich auf spezifische Ereignisse aus dem eigenen Leben (Birbaumer & Schmidt, 2010). Selbst ähnliche autobiografische Inhalte können genau voneinander unterschieden werden, da Einzelheiten zu zeitlichen und räumlichen Zusammenhängen, sowie emotionale Faktoren gebündelt abgespeichert sind. Beide deklarativen Gedächtnissysteme interagieren miteinander, sodass Allgemeinwissen aus biografischen Ereignissen entstehen kann (Baddeley et al., 2010; Inostroza & Born, 2013).

Lernen im Langzeitgedächtnissystem ist immer kontextabhängig. Alle Informationen, die mit einem Lerninhalt in Verbindung stehen, werden verknüpft konsolidiert. Dazu gehören stets auch unbewusst wahrgenommene Einzelheiten der gesamten Umgebung, in der gelernt wurde, sowie der physiologische Zustand beim Lernvorgang. Auch beim späteren Abruf der gelernten Gedächtnisinhalte spielt der Kontext eine Rolle. Wenn große Teile des Kontextes in der Realität oder in der Vorstellung wiederhergestellt werden, zeigt sich der Abruf erfolgreich (Baddeley et al., 2010; Birbaumer & Schmidt, 2010).

Die Enkodierung und Konsolidierung für deklarative Inhalte erfolgt im Hippocampus und angeschlossenen Bereichen des medialen Temporallappens, wozu der entorhinale, der perirhinale, sowie der parahippokampale Kortex gehören (Squire & Zola-Morgan, 1991). Langfristiger Speicherort für die Erinnerungen sind die Assoziationsgebiete des zerebralen Kortex (Diekelmann & Born, 2010). Der sog. Papez-Neuronenkreis verbindet den Hippocampus mit dem präfrontalen Kortex (Tranel & Damasio, 2002). Der präfrontale Kortex stellt ein „Ordnungs- und Kontrollsystem“ zur Organisation und Abgrenzung

verschiedener Gedächtnisinhalte dar (Birbaumer & Schmidt, 2010, S. 655). Läsionsstudien zeigen, dass der Hippocampus für die Einprägung neuen Materials unverzichtbar ist. Vertrautes Material kann jedoch langfristig auch ohne Hilfe des Hippocampus aus kortikalen Netzwerken abgerufen werden (Squire & Zola-Morgan, 1991). Der Hippocampus ist insbesondere bei örtlicher Orientierung bzw. der Verknüpfung von Informationen über Raum und Zeit aktiv. Sobald diese neuen Inhalte gebündelt abgespeichert sind, genügt zu einem späteren Zeitpunkt ein kleiner Ausschnitt dieser Situation, um die Gesamtsituation zu reproduzieren. Darüber hinaus enthalten episodische Gedächtnisinhalte oft emotionale Aspekte, bei deren Repräsentation zusätzlich das limbische System beteiligt ist (Jäncke, 2013).

Aufgrund der frühkindlichen Amnesie, einer Erinnerungslücke an autobiografische Gedächtnisinhalte vor dem 3.-5. Lebensjahr, wird die Entstehung des deklarativen Gedächtnisses traditionell in diesem Altersbereich eingeordnet (Birbaumer & Schmidt, 2010). Das semantische Gedächtnis entwickelt sich vor dem episodischen (Tulving, 2005). Die Sichtweise, dass jüngeren Kleinkindern die Fähigkeit zur episodischen Gedächtnisbildung fehlt, hielt sich lange Zeit (Eacott & Crawley, 1998; Squire, Knowlton, & Musen, 1993). Jedoch konnten in der Zwischenzeit in einigen Studien mit verschiedenen Altersgruppen unter fünf Jahren die Enkodierung und befristete Speicherung episodischen Materials nachgewiesen werden (Fivush, Gray, & Fromhoff, 1987; K. Nelson, 1989; Peterson, 2002). Tendenziell wurde die Kompetenz des deklarativen Gedächtnissystems bei jüngeren Kindern in der Vergangenheit aufgrund methodischer Einflüsse unterschätzt (Baddeley et al., 2010; Bauer, 2004; Hayne & Imuta, 2011). Mit kreativeren Methoden, die kleine Kinder stärker interessieren und motivieren, konnten sogar spezifische, kontext-gebundene Gedächtnisrepräsentationen bei Babys und sehr jungen Kleinkindern belegt werden (Baddeley et al., 2010; Fivush et al., 1987; Hayne & Imuta, 2011; K. Nelson, 1989; Peterson, 2002).

Letztlich bleibt unklar, wann genau welche Entwicklungsschritte erreicht werden. Die gemeinsame Betrachtung der verschiedenen Studien lässt vermuten, dass sich verschiedene Aspekte der deklarativen Gedächtniskompetenz nach und

nach entwickeln. Dazu gehören beispielsweise die Chronologie von Episoden oder verschiedene Inhalte, wie Aktivitäten, Personen, Objekte oder Orte (Fivush et al., 1987; Hayne & Imuta, 2011).

Bei allen Studien mit Kindern ist zu beachten, dass sich allgemeine kognitive Fähigkeiten nur allmählich entwickeln. Dazu gehört die Entwicklung von Strategien zur Organisation von Informationen, die Sprachentwicklung und die Entwicklung einer individuellen Identität in der Kleinkindperiode (K. Nelson & Fivush, 2004; Squire et al., 1993). Auch eine rasch zunehmende Aufmerksamkeitsspanne, sowie ein steil ansteigender Erwerb allgemeiner Kenntnisse über die Welt sind Einflussgrößen der deklarativen Gedächtnisentwicklung (Baddeley et al., 2010). Dem Einfluss von schematischem Vorwissen auf die deklarative Gedächtnisbildung messen wir eine große Bedeutung bei, daher wird diese Annahme in Kapitel 1.3.2 *Bedeutung von schematischem Vorwissen* ausführlich entfaltet.

Eine etwas jüngere Hypothese, die von Josselyn und Frankland 2012 veröffentlicht wurde, erklärt die Infantile Amnesie durch Prozesse der Hirnreifung. Ungerichtete Synapsenneubildung im Laufe der frühkindlichen Entwicklung ersetzt demnach die im Hippocampus bestehenden synaptischen Verschaltungen und damit episodische Repräsentationen. Mit abnehmender Neurogenese nimmt die Fähigkeit zur Langzeitspeicherung deklarativen Materials zu. Dieses Erklärungsmodell sei, nach den Autoren, weitgehend unabhängig von sprachlicher Entwicklung u.a. sozialen Faktoren (Josselyn & Frankland, 2012).

In der Gesamtschau muss bei aller Kontroverse (Hayne & Imuta, 2011) über das wann und wie der kindlichen Gedächtniskompetenzen die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass eine stabile Fähigkeit zur deklarativen Gedächtnisbildung mit 2-3 Jahren besteht, jedoch noch unvollkommen und im Prozess der Entstehung ist. Denkbar ist, dass lediglich der spätere Zugriff auf autobiografische Informationen bei kleinen Kindern nicht gelingt. Nach der Altersschwelle von etwa 3 Jahren nimmt die Kapazität zur Speicherung autobiografischer Informationen stark zu, ebenso wie die Retentionsspanne und

der Detailreichtum erinnertes Episoden. Diese Zunahme der Gedächtnisleistung reicht bis zu einem Alter von 12-14 Jahren (Huber & Born, 2014).

1.1.3 Die assoziative Gedächtnisleistung bei Kleinkindern

Die Assoziation verschiedener Gedächtnisinhalte bezeichnet die enge zeitliche Paarung (Kontiguität) von Reiz und Reaktion oder von verschiedenen Reizen (Birbaumer & Schmidt, 2010). Dieses assoziative Zusammenbinden von Kontextreizen wird in der englischen Literatur als *binding* bezeichnet (Birbaumer & Schmidt, 2010). Zunächst ist es wichtig, die Begriffe „Assoziatives Gedächtnis“, „Kontext-Gedächtnis“ und „episodisches Gedächtnis“ klar voneinander zu unterscheiden.

1.1.3.1 Assoziatives Langzeitgedächtnis

Der Begriff „Assoziatives Gedächtnis“ wird meist im Zusammenhang mit einfachen assoziativen Gedächtnisleistungen verwendet, wie z.B. der Verknüpfung zwischen zwei Objektkategorien. Dabei kann das Objekt selbst zusammen mit dem Ort, an dem es sich befindet, verknüpft werden (wo-was) oder eine Eigenschaft des Objekts, wie z.B. seine Farbe, mit dem Objekt selbst (was-was). In der Folge entsteht eine integrierte Gedächtnisrepräsentation des Objekts mit seinen verschiedenen Merkmalen, z.B. ein roter Würfel auf dem Tisch. Für die Fähigkeit zur Objekt-Orts-Assoziation lieferten Oakes, Ross-Sheehy und Luck (2006) Nachweise bei Kindern im Alter von 7,5 Monaten, jedoch noch nicht für Kinder im Alter von 6,5 Monaten. Diese Ergebnisse konnten Oakes, Messenger, Ross-Sheehy und Luck (2009) bestätigen, sodass man davon ausgehen kann, dass die Fähigkeit zu einfachen Objekt-Objekt-Assoziationen bereits im Alter zwischen 6 und 7 Monaten entsteht. Entscheidende Entwicklungsfortschritte im Bereich der räumlichen Kompetenz ereignen sich nach Sluzenski, Newcombe und Satlow in einem Alter zwischen 18 und 24 Monaten (2004). 2-jährige Kinder sind demnach dazu in der Lage, komplexere, stabilere und langfristige Repräsentationen assoziativ verketteter Gedächtnisinhalte zu speichern. Die Autoren führen dies auf die parallele Reifung des Hippocampus zurück. Auch Postma und Kollegen konnten zeigen, dass für

das Objekt-Orts-Gedächtnis eine Hippocampus-Abhängigkeit vorliegt (Postma, Kessels, & van Asselen, 2008).

Sluzenski, Newcombe und Kovacs untersuchten die Entwicklung des Assoziativen Gedächtnisses über einen längeren Zeitraum bis zum 6. Lebensjahr und konnten zwischen 4- und 6-jährigen Kindern noch Entwicklungsunterschiede feststellen (Sluzenski, Newcombe, & Kovacs, 2006).

1.1.3.2 Kontext-Gedächtnis

Die Ausreifung der räumlichen Kompetenz, v.a. bei Kleinkindern unter 2 Jahren (Sluzenski et al., 2004), bildet die Grundlage für die Fähigkeit, umfassendere Kontextinformationen integriert zu verarbeiten und abzuspeichern. Auf dieser Ebene sprechen wir vom „Kontext-Gedächtnis“, welches im Rahmen der vorliegenden Studie im Mittelpunkt steht. Bisher liegen hierfür kaum entwicklungspezifische Daten vor. Newcombe und Kollegen untersuchten die Assoziationsfähigkeit für komplexere Kontextinformationen in drei verschiedenen Experimenten in mehreren Altersgruppen zwischen 15 und 72 Monaten (Newcombe, Balcomb, Ferrara, Hansen, & Koski, 2014). Die Kinder wurden dazu aufgefordert, versteckte Spielsachen in Containern in zwei verschiedenen Räumen aufzusuchen. Im ersten Experiment erfolgte der Abruf mit oder ohne expliziten Hinweis durch einen *contextual cue*. Die jüngsten Kinder von 15-21 Monaten waren mit dem angebotenen Hinweisreiz in der Lage, die Container voneinander zu unterscheiden – also die Spielsachen mit dem Container zu assoziieren – jedoch nicht den übergeordneten räumlichen Kontext. In der Altersgruppe von 21-26 Monaten konnte die Fähigkeit zur Raumunterscheidung mit *context cue* nachgewiesen werden. Interessanterweise konnten die 15 bis 21 Monate-alten Kinder den räumlichen Kontext ohne Hinweisreiz unterscheiden. Möglicherweise stellte die Versuchsaufgabe aufgrund der Fülle verschiedener Kontextinformationen für die jüngsten Kinder eine Überforderung dar, sodass sie den übergeordneten Kontext in Anwesenheit eines Kontexthinweises mental ausklammerten und sich auf den einzelnen semantischen Hinweis fokussierten. In einem zweiten Experiment wurden Kinder im Alter von 34-40 und 64-72 Monaten ohne Kontexthinweise getestet. Die älteren Kinder absolvierten die

Testung nahezu fehlerfrei und auch die jüngere Altersgruppe wählte signifikant häufig das korrekte Versteck unter Berücksichtigung des Raumkontextes. In einem dritten Experiment wurden Kinder zwischen 34 und 56 Monaten auf einen Einfluss verbaler Hinweisreize und einer vorausgehenden Familiarisierungsphase getestet. Während der Familiarisierungsphase lernten die Kinder den Raum spielerisch kennen. Sie wurden angeleitet, alle Container zu öffnen, um das versteckte Spielzeug zu finden. Die Kinder sollten zunächst damit spielen und es anschließend selbst wieder in das spätere Versteck zurücklegen. Weder für die semantischen Hinweise noch für die Familiarisierung vor der Testung konnte ein Effekt nachgewiesen werden. Die Autoren folgerten aus ihren Ergebnissen, dass die Entwicklung des Kontext-Gedächtnisses abhängig vom Alter der Kinder sei und dass zwischen den beiden jüngsten Altersgruppen möglicherweise eine relevante Änderung im Umgang mit Kontextinformationen vorliegt, da erst die 21-26 Monate alten Kinder von den angebotenen Kontexthinweisen profitierten (Newcombe et al., 2014). Im Kapitel *1.1.3.5 Die Entwicklung von recognition zu recall memory* wird diese qualitative Änderung erläutert. In Kapitel 1.3.1 Bedeutung von Familiarisierung mit einer Testumgebung wird der Effekt einer vorausgehenden Familiarisierungsphase näher diskutiert.

1.1.3.3 Episodisches Gedächtnis

Das episodische Gedächtnissystem dient dazu, noch komplexere, hochspezifische Gedächtnisrepräsentationen, nämlich einzelne erlebte Sequenzen, zu einer kohärenten Episode zusammenzufassen (Baddeley et al., 2010). Das episodische Gedächtnis baut also auf der Fähigkeit auf, spezifische Kontextinformationen miteinander zu verknüpfen (Newcombe et al., 2014). Basierend auf dieser Annahme, sowie ihren Studienergebnissen, geht Newcombe davon aus, dass sich das episodische Gedächtnis nicht vor dem Ende des zweiten Lebensjahres entwickelt. Wie im Kapitel *1.1.2 Deklaratives Gedächtnis und dessen Entwicklung* dargelegt, gibt es viele Vertreter dieser Ansicht.

Klassischerweise wird das episodische Gedächtnis in der Verhaltenspsychologie über die Verknüpfung von „Was-Wo-Wann“-Aspekten definiert. Gemäß diesem Verständnis des episodischen Gedächtnissystems können Versuchsparadigmen ohne Sprache auskommen. Nach Tulving (2002) gehört jedoch das innere Wiedererleben der biografischen Episoden – das sog. autooetische Bewusstsein – obligatorisch zum episodischen Gedächtnis dazu. Nachweisen lässt sich dieses Bewusstsein jedoch im Kindesalter bei eingeschränktem Sprachvermögen oft schwer. Voraussetzung für das Ich-Erleben von Kindern ist außerdem ein Bewusstsein für das eigene Ich in Abgrenzung zur Umwelt. Ein solches Konzept vom eigenen Ich entwickelt sich jedoch erst auf der Basis zunehmender Erfahrungen und Erinnerungen im Laufe der ersten Lebensjahre (Baddeley et al., 2010). Lewis und Brooks-Gunn konnten mithilfe einer *visual self-recognition* Aufgabe zeigen, dass sich ein Bewusstsein für das eigene Ich bei Kindern gegen Ende des 2. Lebensjahres entwickelt. In der Studie betrachteten sich die Kleinkinder in einem Spiegel, wobei auf ihrer Nase ein roter Punkt angebracht worden war. Wenn die Kinder an ihre eigene Nase griffen, konnte man davon ausgehen, dass sie sich selbst im Spiegel erkannt hatten. Dies wiederum setzt voraus, dass sie ein Konzept davon entwickelt hatten, dass ihr Erscheinungsbild mit ihrer Existenz verknüpft ist (Lewis & Brooks-Gunn, 1979). Später bestätigten Lewis und Ramsay die Aussagekraft der *visual self-recognition*-Methode in Bezug auf die Entstehung des Ich-Bewusstseins durch den Vergleich mit weiteren Methoden (sprachlicher Gebrauch von Personalpronomen und Rollenspiel) und der Abhängigkeit vom Alter der Kinder (Lewis & Ramsay, 2004).

Tulving postulierte des Weiteren den Begriff des *mental time travels* als zum episodischen Gedächtnis gehörende Eigenschaft. Es handelt sich um die Fähigkeit, Erfahrungen aus der Vergangenheit zu gebrauchen, um sich die Zukunft vorstellen zu können und folglich seine Handlungen zu planen. Dieser Aspekt lässt sich, wie auch das autooetische Bewusstsein, schwer bei Kleinkindern überprüfen (Hayne & Imuta, 2011).

Die neuroanatomischen Strukturen, die insbesondere an der Bildung von episodischen Gedächtnisrepräsentationen beteiligt sind, sind der Hippocampus

und der präfrontale Kortex, auf deren Entwicklung im folgenden Abschnitt eingegangen wird (Battaglia, Benchenane, Sirota, Pennartz, & Wiener, 2011; Huber & Born, 2014).

1.1.3.4 Die Entwicklung des Hippocampus und des präfrontalen Kortex

Gedächtnisstudien mit bildgebenden Verfahren zeigen einheitlich eine Korrelation zwischen Assoziationsleistungen und der Hippocampusaktivität. Läsionsstudien von Huppert und Piercy wiesen bereits früher eine Störung des Kontext-Gedächtnisses bei Patienten mit hippocampalen Läsionen nach (Huppert & Piercy, 1978a, 1978b). Die Patienten konnten sich nur Hippocampus-unabhängiger Gedächtnissysteme bedienen, welche auf einem Gefühl von Bekanntheit basieren, das von Kontextinformationen unabhängig ist (sh. Kap. 1.1.3.5 *Die Entwicklung von recognition zu recall memory*). Weitere Nachweise hierzu lieferten beispielsweise Hannula, Tranel und Cohen in einer jüngeren Studie (2006), sowie Townsend, Richmond, Vogel-Farley und Thomas für Kinder im Schulalter (Townsend, Richmond, Vogel-Farley, & Thomas, 2010). Interessanterweise entwickeln sich diese Hirnregionen vergleichsweise spät im Laufe der Kindheit und reifen möglicherweise erst mit 2-8 Jahren aus (Richmond & Nelson, 2007). Nach Huber und Born weisen der Hippocampus von 6 Monate alten Babys bereits genauso viele Zellen und Synapsen auf wie bei Erwachsenen (Seress & Abraham, 2008). Jedoch sei die Reifung des Gyrus dentatus, welcher ebenfalls Bestandteil der hippocampalen Formation ist, verzögert. Die maximale Zellzahl und Synapsendichte des Gyrus dentatus trete zwischen 16-20 Monaten auf, und sei größer als die von Erwachsenen. Das niedrigere Niveau von Erwachsenen werde dann mit 3-4 Jahren erreicht (Eckenhoff & Rakic, 1992; Seress & Abraham, 2008). Für die frühe Entwicklung des episodischen Gedächtnisses, könnte der Gyrus dentatus also den limitierenden Faktor darstellen (Bauer, 2011; C. A. Nelson, 1997). Innerhalb des hippocampalen Systems wird dem Gyrus dentatus die Funktion zugeschrieben, spezifische Ereignisse von ähnlichen Episoden zu unterscheiden und abzuspeichern (Keresztes et al., 2017). Das Hippocampus-Volumen und die Myelinisierung seiner Neuronen steigt nach dem Säuglingsalter bis ins Jugendalter und junge Erwachsenenalter (Benes, Turtle, Khan, & Farol, 1994; Giedd et al., 1999;

Gogtay et al., 2004; Huber & Born, 2014). Die unterschiedlich schnelle Reifung von Teilen des medialen Temporallappen-Hippocampus-Systems bzw. seiner untergeordneten neuronalen Verschaltungen könnte erklären, warum rudimentäre episodische Gedächtnisbildung früh nachweisbar ist, die Perfektion derselben allerdings ein langwieriger Prozess ist, der bis in die späte Kindheit hineinreicht (Lavenex & Banta Lavenex, 2013). Neue Befunde aus bildgebenden Untersuchungen mit hochauflösenden funktionellen MRT-Geräten und dem Vergleich der Bilddaten mit Gedächtnisleistungen bei Kindern von 6-14 und jungen Erwachsenen von 18-27 Jahren, bestätigen die Bedeutung der Entwicklung der Untereinheiten des Hippocampus. Diese Untereinheiten, u.a. der Gyrus dentatus, weisen unterschiedlichen Aufbau und Funktionen, sowie eine sehr heterogene Entwicklung auf. Die verschiedenen Entwicklungsstufen der Teile zeigten sich abhängig vom Alter und asynchron. Insgesamt reichen diese Reifungsprozesse bis ins junge Erwachsenenalter hinein. Bei den starken funktionellen Verbindungen untereinander, ist es schwierig zu beurteilen, inwiefern sich ihre unterschiedliche Entwicklung im Verlauf der gesamten Kindheit und darüber hinaus auf Hippocampus-abhängige Gedächtnisleistungen auswirkt. Wahrscheinlich liegt ein fein abgestimmtes Gleichgewicht zwischen der Abstraktion schematischen Wissens im Rahmen eines Mustervervollständigungsprozesses (*pattern completion*) und der Repräsentation hochspezifischer Episoden in Abgrenzung von ähnlichen Erinnerungen (*pattern separation*) vor. In der frühen Kindheit liegt der Schwerpunkt auf der schematischen Ableitung von Regelmäßigkeiten, auf Kosten von Detailwissen. Im Laufe der späteren Kindheit und des jungen Erwachsenenalters verlagert sich diese Verteilung hin zu spezifischen Erinnerungen (Keresztes et al., 2017).

Anhand von Versuchsparadigmen, die auf Imitationslernen (*deferred imitation*) basieren, lassen sich indirekt Rückschlüsse auf die Funktion und Entwicklung des Hippocampus ziehen. Die Fähigkeit, Verhaltensmuster an einem Vorbild zu identifizieren und nachzuahmen, stellt eine Abstraktionsfähigkeit dar, die in erster Linie dem Hippocampus zugeschrieben wird (Adlam, Vargha-Khadem, Mishkin, & de Haan, 2005; Bauer, 2011; Huber & Born, 2014). In diesen Versuchsreihen

zeigen 6 Monate alte Säuglinge deutlich reduzierte Hippocampus-abhängige Gedächtnisleistung (Barr, Dowden, & Hayne, 1996; Collie & Hayne, 1999). In einem Alter zwischen 12 und 18 Monaten verbessert sich die Abstraktionsfähigkeit jedoch deutlich. Unabhängig vom gelernten Kontext können Kleinkinder imitiertes Verhalten flexibel einsetzen (Hayne, Boniface, & Barr, 2000).

Die Entwicklung des präfrontalen Kortex, welcher essentiell zur Langzeitspeicherung episodischer Inhalte beiträgt, zeigt sich im Vergleich mit dem medialen Temporallappen und seinen angrenzenden Strukturen, sowie dem restlichen Neokortex noch weiter verzögert. Erst im Alter von 4 Jahren wird das Maximum der Synapsendichte erreicht, welche entwicklungsbedingt im Lauf der späteren Kindheit abnimmt und erst im späten Jugendalter das Niveau von Erwachsenen erreicht (Huttenlocher, 1990; Teffer & Semendeferi, 2012).

Gleichermaßen nimmt die Fähigkeit zu assoziativen Gedächtnisleistungen im Laufe der kindlichen Entwicklung zu (Townsend et al., 2010). Viele Autoren sehen in der verzögerten Entwicklung des Hippocampus den Grund für die parallele Steigerung der Assoziationsfähigkeit. So schlussfolgern auch Newcombe und Kollegen, dass ihre oben dargelegten Studienergebnisse auf die noch nicht voll entwickelte Assoziationsfähigkeit zurückzuführen sind (Newcombe et al., 2014).

1.1.3.5 Die Entwicklung von recognition zu recall memory

Hippocampus-abhängiges Gedächtnis ist also kontext-abhängig und ermöglicht ein Wiedererinnern (*recollection*) an zusammenhängende Informationen bis hin zu ganzen Episoden. Dieser Erinnerungsprozess ist komplex, erfordert kognitive Aufmerksamkeit, unterliegt steuernden Mechanismen und ist damit langsam und anfällig für Störfaktoren. Es liegen Belege vor, dass diese Hippocampus-abhängigen Prozesse gleichzeitig stark durch Schlaf beeinflusst werden bzw. sogar abhängig von Schlaf sind (Huber & Born, 2014; Yonelinas, 2002). Für die Betrachtung der Entwicklung des Gedächtnisses ist es von Bedeutung, hiervon die Hippocampus-unabhängige Gedächtnisleistung abzugrenzen. Bei dieser handelt es sich um ein Wiedererkennen (*recognition*) von bereits bekanntem

Lernmaterial, das auf einem Gefühl von Vertrautheit und eher automatischen, schnell ablaufenden Prozessen basiert. Läsionsstudien haben gezeigt, dass selbst bei schweren isolierten Schädigungen des Hippocampus bei intakten rhinalen und perirhinalen Kortizes ein Wiedererkennen möglich ist (Baddeley et al., 2010). Dieses Hippocampus-unabhängige Gedächtnis ist weitgehend unabhängig von Kontextinformationen und bereits in einem jüngeren Alter funktionsfähig. Bisher wurde dafür kein Schlafeffekt nachgewiesen. Die Annahme von zwei qualitativ verschiedenen und voneinander unabhängigen Gedächtnisprozessen wird als *dual-process* Modell bezeichnet (Yonelinas, 2002). Entscheidend für die Frage, wann und wie sich im Kindesalter dieser Entwicklungsschritt von einem eher allgemeinen Wissen um Bekanntheit zur Fähigkeit, sich an spezifische, konkrete Dinge zu erinnern, ist die Hippocampus-abhängige Fähigkeit, den Kontext beim Lernvorgang einzubeziehen. DeLoache bezeichnet diesen Entwicklungssprung von *recognition* zu *recall memory* als revolutionär und ordnet ihn in Anlehnung an Piagets Entwicklungsstadien zeitlich zwischen 1,5 und 3 Jahren ein (DeLoache, 1980).

Neben der Assoziationsfähigkeit des Hippocampus könnte die Fähigkeit zur Schemabildung ebenso entscheidend zu diesem Schritt der Gedächtnisentwicklung beitragen. Wir vertreten die Hypothese, dass schematisches Vorwissen nötig ist, um Kontextinformationen verarbeiten zu können (sh. Kapitel 1.3.1 *Bedeutung von Familiarisierung*).

1.2 Die Gedächtnisfunktion von Schlaf

Wie zu Beginn der Ausführungen über die Funktion von Schlaf bereits erwähnt, weist eine Vielzahl von Forschungsergebnissen (z.B. Marshall & Born, 2007; Rasch & Born, 2013; Wamsley, Tucker, Payne, & Stickgold, 2010) darauf hin, dass der Aufbau von Gedächtnis eine wenn nicht sogar *die*, herausragende Bedeutung von Schlaf darstellt.

Der Prozess der Gedächtniskonsolidierung kann im Gegensatz zur Enkodierung und dem Abruf nicht während aktiver Phasen der spezialisierten Hirnareale ablaufen und ist damit abhängig vom offline-Zustand im Schlaf (Stickgold, 2005).

Beim Konsolidierungsprozess im Schlaf ist eine Assoziations-stärkende Reaktivierung der enkodierten Gedächtnisinhalte des vorangegangenen Tages ohne störende sensorische Einflüsse möglich (Born, Rasch, & Gais, 2006; Plihal & Born, 1997). Dadurch erklärt sich die Notwendigkeit für den existenziell riskanten Bewusstseins- und Kontrollverlust, der mit dem Schlafzustand einhergeht.

Eine „große Zahl verhaltenspsychologischer Studien weist darauf hin, dass Schlaf die Konsolidierung [...] in allen [...] Gedächtnissystemen fördert“ (Diekelmann & Born, 2010, S. 116, wörtliche Übersetzung durch den Autor). „Bevorzugt wird Material konsolidiert, das explizit (d.h. bewusst) enkodiert wurde und für das Individuum verhaltensrelevant ist“ (Diekelmann & Born, 2010, S. 116, freie Übersetzung durch den Verfasser; Fischer & Born, 2009).

In verhaltenspsychologischen Studien waren folgende, quantitative Effekte messbar: Zum einen stärkt Schlaf Assoziationen und stabilisiert dadurch Gedächtnisspuren gegenüber Störungen durch ähnliches Material. Dieser Widerstand gegenüber Interferenz (*stabilization*) ließe sich theoretisch allein durch einen passiven Effekt erklären, da im Schlaf keine neuen möglicherweise interferierenden Reize aufgenommen werden können. Zum anderen zeigt sich, dass Schlaf die Gedächtnisleistung nach Lernen verschiedener Testaufgaben stärkt (*enhancement*). Beides gilt für deklarative (Gais & Born, 2004; Plihal & Born, 1997) und prozedurale Gedächtnisaufgaben (Diekelmann & Born, 2010; Fischer & Born, 2009).

Weitere Studien weisen darauf hin, dass Schlaf Gedächtnisrepräsentationen auch qualitativ verändert, also eine aktive Rolle in der Konsolidierung hat (Rasch & Born, 2013). Wagner, Gais, Haider, Verleger, und Born (2004) zeigten, dass Probanden nach einem Schlafintervall doppelt so häufig eine zunächst unbekannte Regel in gelernten Zahlenfolgen entdeckten als die Probanden in der Wachbedingung. Die Zahlenfolge wurde zunächst implizit gelernt, d.h. ohne, dass eine zugrundeliegende Regel bekannt gewesen war. Im Schlaf erfolgte dann die Reorganisation der implizit gelernten Zahlenfolge, sodass im anschließenden Wachintervall ein plötzlicher Leistungssprung im Gedächtnistest resultierte (Wagner et al., 2004). Wilhelm und Kollegen konnten ebenfalls

nachweisen, dass Schlaf, besonders bei intensiver *slow wave activity* (SWA) im Tiefschlaf, die Überführung von implizit gelernten Inhalten in explizites, bewusstes, Gedächtnismaterial, fördert. Bei diesem Prozess werden unveränderliche und relevante Eigenschaften zuvor enkodierter Repräsentationen verstärkt, wodurch sie schließlich ins Bewusstsein treten (Wilhelm, Rose, Imhof, Rasch, Buchel, et al., 2013).

Für die Konsolidierung des deklarativen Gedächtnisses, welches im Rahmen der vorliegenden Studie die größte Relevanz besitzt, wurde gezeigt, dass v.a. der SWS-reiche, frühe Nachtschlaf förderlich ist (Plihal & Born, 1997).

Der Prozess der Gedächtniskonsolidierung im Schlaf muss aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden, um das Zusammenspiel der beteiligten Mechanismen zu verstehen. Zum einen laufen Veränderungen auf synaptischer Ebene ab, zum anderen findet die Organisation von Gedächtnismaterial auf der Ebene eines funktionellen Gedächtnismodells statt. Die entsprechenden Annahmen werden als *synaptic homeostasis hypothesis* (Tononi & Cirelli, 2006) bzw. *active systems consolidation hypothesis* (Marshall & Born, 2007) bezeichnet. Zur synaptischen Konsolidierung beim Menschen liegen jedoch nur spärliche Beweise vor (Diekelmann & Born, 2010). Man geht davon aus, dass die Vorgänge an den Synapsen während des REM-Schlafs ablaufen, da hier mit einer gesteigerten Proteinsynthese im Zellkern und fehlender sensomotorischer Interferenzen ein ungestörtes Verarbeiten der vorausgehenden neuronalen Aktivität gegeben ist (Birbaumer & Schmidt, 2010). Es wird angenommen, dass ein optimaler Effekt von Schlaf auf die Gedächtniskonsolidierung bei abwechselnder Folge von SWS und REM-Schlaf entstehe. Die entsprechende Annahme der sequentiellen Prozesse, die sich gegenseitig ergänzen, (*sequential hypothesis*) wurde 1995 von Giuditta et al. vorgeschlagen. Da REM natürlicherweise auf SWS folgt, kann angenommen werden, dass SWS gemäß der unten beschriebenen *active systems consolidation hypothesis* die relevanten Netzwerke für die synaptische Konsolidierung während folgenden REM-Schlafs vorbereitet (Diekelmann & Born, 2010).

Den Ausgangspunkt für die, u.a. von Marshall und Born vorgeschlagene *active systems consolidation hypothesis* (Marshall & Born, 2007) bildet das „Zwei-

Phasen-Modell der Gedächtniskonsolidierung“ (McClelland, McNaughton, & O'Reilly, 1995). McClelland, McNaughton und O'Reilly u.a. Autoren unterstützen die Annahme von zwei separaten Gedächtnisspeichern innerhalb des deklarativen Langzeitgedächtnissystems, die gleichzeitig aktiv sind, aber unterschiedlich schnell arbeiten und Inhalte unterschiedlich lange abspeichern können: Ein schnell arbeitender Speicher zur zeitlich begrenzten Speicherung im Hippocampus und ein langsamer arbeitender Speicher für die langfristige Speicherung im Neocortex. Zunächst werden neue Lerninhalte doppelt enkodiert. Im folgenden Schlafintervall (keine Interferenz) werden die neuen Gedächtnisspuren im schnellen, befristeten Speicher wiederholt reaktiviert (konsolidiert). Die Reaktivierung im schnellen Speicher treibt die simultane Reaktivierung im langsamen Speicher an. Dadurch werden die Repräsentationen in den langfristigen, langsameren Speicher umverteilt und durch Wiederholung des oben beschriebenen Mechanismus selektiv verstärkt (Diekelmann & Born, 2010). Diese theoretische Annahme passt zu den Aktivationsmustern, die von Takashima und Kollegen in fMRT-Untersuchungen gefunden wurden (Takashima et al., 2006). Wenn verknüpfte, ältere Informationen aus dem langfristigen Speicher gleichzeitig aktiviert werden, werden die neuen Inhalte automatisch in das vorhandene Netzwerk eingepasst. Die angenommene Arbeitsweise erlaubt die Extraktion unveränderlicher Aspekte komplexer Stimuli, worin qualitative Veränderungen der Gedächtnisrepräsentationen zu sehen sind (Diekelmann & Born, 2010). Studien mit bildgebenden Verfahren, wie z.B. von Gais et al. (2007) durchgeführt, bestätigen, dass Schlaf zu einer Neuverteilung von Gedächtnisspuren vom Hippocampus zu langfristigen neokortikalen Speicherorten führt. Gais und Born zeigten (2004), dass für diesen Transfer zum Neocortex niedrige Acetylcholin-Spiegel notwendig seien, eine Voraussetzung, die im SWS gegeben ist.

Weitere Studien zur neuronalen Aktivität in Hippocampus und präfrontalem Kortex bestätigen die Schlüsselfunktion dieser Verbindung für die Gedächtniskonsolidierung (Preston & Eichenbaum, 2013; Rasch, Buchel, Gais, & Born, 2007; Wilson & McNaughton, 1994). Rasch und Kollegen lieferten sogar

Hinweise darauf, dass die Reaktivierung dieser Regionen bei Menschen kausal für die Konsolidierung im deklarativen System im Tiefschlaf ist.

Den System-Konsolidierungs-Prozessen liegen offenbar neurophysiologische Mechanismen zugrunde, die sich im Oberflächen-EEG (Elektroenzephalogramm) als lange bekannte charakteristische Signale ausdrücken. Das zeitlich exakt aufeinander abgestimmte Vorkommen von langsamen Oszillationen (Marshall, Helgadóttir, Mölle, & Born, 2006), Spindeln und *sharp-wave ripples* – Äquivalente starker hippocampaler Depolarisationen bei direkten Ableitungen (Sirota, Csicsvari, Buhl, & Buzsáki, 2003) – koordiniert wahrscheinlich den Informationstransfer zwischen spezialisierten Hirnregionen während des Tiefschlafs (Gais & Born, 2004; Staresina et al., 2015).

1.2.1 Gedächtnisbildung im Schlaf bei Kindern

Kinder besitzen von klein auf die erstaunliche Fähigkeit, neue und komplexe Fertigkeiten und Kompetenzen, wie z.B. Laufen, Sprechen und das Verständnis für grundlegende Regeln, nach denen die Welt funktioniert, extrem schnell zu lernen. Man spricht aus neurobiologischer Sicht von einer großen Plastizität (also Formbarkeit) des kindlichen Gehirns. Auf der anderen Seite ist deutlich, dass sich das Gedächtnis in jungen Jahren noch in der Entwicklung befindet (vgl. Kap. 1.1.2 *Deklaratives Gedächtnis und dessen Entwicklung*). Gleichzeitig können grundlegend verschiedene Schlafmuster gegenüber Erwachsenen beobachtet werden. Kinder schlafen länger und tiefer als Erwachsene (Ohayon et al., 2004), *“in fact, children spend roughly half of their life asleep [...]”* (Huber & Born, 2014, S. 2). Auffällig ist insbesondere der hohe Tiefschlaf-Anteil ab dem Kleinkindalter, der bei Erwachsenen kausal an der Gedächtniskonsolidierung beteiligt sein könnte (Rasch et al., 2007; Tononi & Cirelli, 2006). Darüber hinaus weisen die zugrundeliegenden *slow oscillations* bei Kindern eine höhere Amplitude auf (Huber & Born, 2014). Für den Einfluss von Schlaf auf die Gedächtniskonsolidierung im Kindesalter liegen aktuell jedoch nur wenige Studienergebnisse vor (Rasch & Born, 2013), was an den speziellen methodischen Herausforderungen bei Kindern liegen könnte (Huber & Born, 2014). Die Datenlage spricht gleichwohl dafür, dass auch bei Säuglingen und

Kindern Schlaf die Gedächtniskonsolidierung fördert und, dass dabei dem Tiefschlaf, wie bei Erwachsenen, eine entscheidende Rolle zukommt. Längerer und tieferer SWS führt in der Kindheit voraussichtlich zu einer Stärkung Hippocampus-abhängiger deklarativer Inhalte (Backhaus, Hoeckesfeld, Born, Hohagen, & Junghanns, 2008) gegenüber prozeduralen Inhalten, bzw. verhindert sogar eine Zunahme von prozeduraler Gedächtnisleistung nach einem Schlafintervall (Huber & Born, 2014; Wilhelm, Diekelmann, & Born, 2008). Hierin zeigt sich ein deutlicher Gegensatz zur Datenlage bei Erwachsenen, die für einen Gedächtniseffekt von Schlaf auch für prozedurale Aufgaben spricht. Einige Studien belegten, dass bereits ein kurzer Mittagschlaf für die Gedächtniskonsolidierung bei Kleinkindern ausreichend ist (Friedrich, Wilhelm, Born, & Friederici, 2015; Wilhelm, Metzkow-Mészáros, Knapp, & Born, 2012). Außerdem ist anzunehmen, dass auch tagsüber der Großteil des Schlafes bei Kleinkindern aus SWS besteht (Pierpoint et al., 2012, zitiert in Werchan & Gómez, 2014).

Wilhelm und Kollegen stellten in ihrer Button Box-Studie fest, dass das Ausgangsniveau der motorischen Fähigkeiten zum Zeitpunkt des Trainings einen entscheidenden Einfluss auf die Verbesserung der gelernten Fertigkeit während des Schlafs hat und damit vom Vorhandensein von bereits vollständig elaborierten Repräsentationen abhängt (Wilhelm, Metzkow-Mészáros, et al., 2012). Dies spricht für die große Bedeutung von schematischem Vorwissen für die Gedächtnisbildung während der kindlichen Entwicklung (sh. Kap. 1.3.2 *Bedeutung von schematischem Vorwissen*). Noch unverstanden seien allerdings die zugrundeliegenden Mechanismen, die zu dieser Beobachtung führen (Wilhelm, Prehn-Kristensen, & Born, 2012).

Studien mit an ADHS erkrankten Kindern deuten darauf hin, dass der präfrontale Kortex bei der bevorzugten Konsolidierung von deklarativem Material während des SWS eine entscheidende Rolle spielt, indem durch ihn bevorzugt konsolidiertes Material markiert wird (Diekelmann & Born, 2010). Aufgrund einer Fehlfunktion des präfrontalen Kortex bei Kindern mit ADHS eignet sich diese Kohorte für die untersuchte Fragestellung (Wilhelm, Prehn-Kristensen, et al., 2012).

Es stellt sich die Frage, ob bei Kindern die Konsolidierung von Gedächtnis im Schlaf nach denselben Prozessen wie bei Erwachsenen funktioniert, da weder die Gedächtnisfunktion noch die Schlafphysiologie ausgereift sind (Huber & Born, 2014). Möglicherweise, entsteht gerade durch den Konsolidierungsmechanismus der *active system consolidation* das zweistufige Gedächtnismodell eines kurzfristigen und eines langfristigen Speichers (*two-stage model of memory systems*). Denn bei Kindern liegen anfangs weniger entwickelte Wissensnetze des Langzeitgedächtnisses vor, welche das Ergebnis der *active system consolidation* darstellen. In Sprachstudien mit Kleinkindern (Gómez, Bootzin, & Nadel, 2006; Hupbach, Gomez, Bootzin, & Nadel, 2009) konnte gezeigt werden, dass Gedächtniskonsolidierung im Schlaf eher zu einer effektiveren Abstraktion von Schema-artigen Repräsentationen führt, als zur Stabilisation einzelner Aspekte. Kleinkinder, die innerhalb 4 h nach Exposition ggü. der künstlichen Sprache Mittagschlaf hielten, waren im Vergleich zur Wachgruppe besser dazu in der Lage, regelartige Muster zu abstrahieren, die den Wortfolgen zugrunde lagen. Im Gegensatz dazu zeigten Kleinkinder, die nicht geschlafen hatten, besseres Gedächtnis für die Wörter an sich nach einem 4-stündigem Wachintervall, nicht jedoch nach 24 h.

Darüber hinaus führten Friedrich und Kollegen eine weitere Schlafstudie mit Kleinkindern durch, um herauszufinden, ob der *offline*-Zustand im Schlaf entscheidend für die Konsolidierung von Wortbedeutungen sei (Friedrich et al., 2015). Die Hälfte der 9-16 Monate alten Probanden hielt während des ca. 1,5-stündigen Retentionsintervalls Mittagschlaf. Sie stellten fest, dass sich ausschließlich die Kinder, die geschlafen hatten an die neu gelernten Wortbedeutungen erinnerten. Zudem waren sie in der Lage, anhand der kurz zuvor gelernten spezifischen Wortbedeutungen, übergeordnete Bedeutungszusammenhänge abzuleiten. Der Schlaf ermöglichte dem kindlichen Gedächtnissystem also eine Abstraktionsleistung, zu der die Wachgruppe hingegen nicht fähig war. Vielmehr wurde beobachtet, dass die Kinder, die keinen Mittagschlaf hielten sogar die gelernten einfachen Wortbedeutungen über die Zeit des Retentionsintervalls wieder vergessen hatten. Im Gegensatz zu den Studien von Hupbach und Gomez hatten die Kleinkinder der Studie von Friedrich

die Möglichkeit, sich gleichzeitig spezielles und übergeordnetes Wissen anzueignen. Es kam im Rahmen dieses Studiendesigns nicht zu einer Interferenz neuer Gedächtnisinhalte, sodass sich ein Schlafeffekt auf spezifisches als auch allgemeines Wissen nachweisen lies (Friedrich et al., 2015).

1.3 Hypothesen und Zielsetzung der Studie

Will man die Gedächtnisleistung von Kleinkindern in einer Testumgebung beurteilen, sind unserer Ansicht nach folgende Einflussfaktoren zentral: schematisches Vorwissen und Vertrautheit mit der Versuchsumgebung, dem räumlichen Kontext. Diese beiden Aspekte stehen insofern miteinander in Verbindung, als eine vorausgehende Familiarisierung zwingend notwendig für den Prozess der Schemabildung ist. Wie in Kapitel 1.2 *Die Gedächtnisfunktion von Schlaf* beschrieben gehen wir gemäß der *active system consolidation theory* davon aus, dass im Schlaf auch bei Kleinkindern (Friedrich et al., 2015) eine Abstraktion vorausgehender Kontextinformationen stattfindet. Unsere Hypothesen lauten deshalb:

1. Unterschiede in der Gedächtnisleistung unserer Versuchsteilnehmer sind auf unterschiedlich ausgeprägte Vertrautheit mit der Versuchsumgebung zurückzuführen.

2. Schlaf begünstigt in einem Abstraktionsprozess nach vorausgehender Familiarisierung mit dem Lernkontext die Bildung schematischer Netzwerke mit folglich verbesserter Gedächtnisleistung nach Schlaf.

1.3.1 Bedeutung von Familiarisierung mit einer Testumgebung

In Gedächtnisstudien haben die Vertrautheit mit der Versuchsumgebung und damit verbundenem Vorwissen über den räumlichen Kontext entscheidende Auswirkungen auf Testergebnisse und müssen bei deren Interpretation berücksichtigt werden. Sowohl Erwachsene, als auch Kinder zeigen unter Laborbedingungen häufig unterdurchschnittliche Leistungen, verglichen mit alltäglichen Leistungen in gewohnter Umgebung. Es wird angenommen, dass dieser Effekt bei Kindern größer ist als bei Erwachsenen (DeLoache, 1980).

Wegweisend für die Frage nach dem Einfluss der Versuchsumgebung war eine Studie von Acredolo aus dem Jahr 1979. Sie untersuchte den Effekt unterschiedlicher Umgebungen mit 9 Monate alten Kindern bei der Suche nach einem versteckten Objekt. Die Babys saßen an einem Tisch, auf dem eine Box mit zwei Vertiefungen stand. Ein Spielzeug wurde in einer der Vertiefungen versteckt und mit einem Tuch abgedeckt. Anschließend wurden die Kinder auf die andere Seite des Tisches gesetzt, sodass sie letztlich um 180° gedreht waren. Die Säuglinge wurden dazu ermutigt, das Spielzeug von ihrem neuen Sitzplatz aus aufzudecken. Verglichen mit der ursprünglichen Position sind zwei Reaktionen der Kinder möglich: Zum einen konnten sie das korrekte Versteck aufdecken, wenn sie sich an der Lage des Versteckes im Raum, einem objektiven Kriterium, orientierten. Die zweite mögliche Reaktion orientiert sich an der aktuellen räumlichen Beziehung zwischen den Verstecken und dem Kind selbst, also einem egozentrischen Orientierungsrahmen. Dabei lässt das Kind allerdings außer Acht, dass es selbst seine Position verändert hat und öffnet das falsche Versteck. Es zeigte sich, dass die Testergebnisse der Kinder stark davon abhängig waren, in welcher Umgebung sie getestet wurden: Kinder, die zu Hause getestet wurden, reagierten gemäß der objektiven Position des Verstecks im Raum. Kinder, die im Labor getestet wurden, reagierten egozentrisch, das heißt, sie zogen Hinweise aus ihrer Umgebung nicht hinzu, um eine Entscheidung zu treffen (Acredolo, 1979). Folglich nutzten die Säuglinge in vertrauter Umgebung mit bekannten Orientierungspunkten einen externen Bezugsrahmen zur räumlichen Orientierung. In fremder Umgebung griffen sie jedoch auf ihren eigenen Körper als Bezugsrahmen zurück. Acredolo diskutiert als Erklärung hierfür, dass vertraute Orientierungspunkte möglicherweise bei der Wahrnehmung der Umgebung von Kleinkindern mehr hervorstechen und daher effektivere Kontexthinweise darstellen. Unabhängig davon vermittelt die vertraute Umgebung den Kindern höchstwahrscheinlich ein größeres Gefühl von Sicherheit, sodass es ihnen leichter fällt, sich auf die Versuchsaufgabe zu konzentrieren (Acredolo, 1979).

Die Fragestellung nach dem Effekt von Vertrautheit mit einer Versuchsumgebung veranlasste auch DeLoache dazu, die Gedächtnisleistungen von Kleinkindern

zwischen 1,5 und 3 Jahren unter verschiedenen Bedingungen zu vergleichen. Insgesamt betrachtet zeigten die Kinder in ihrem eigenen Zuhause deutlich bessere Gedächtnisleistungen als in einer fremden Umgebung. Es zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Gebrauch von Kontextinformationen und der Versuchsumgebung: In familiärem Setting zogen die Kinder effektiveren Nutzen aus den angebotenen Hinweisreizen. Unter verschiedenen angebotenen Verstecken war es jeweils notwendig, die möglichen Verstecke durch Assoziation mit einem räumlichen Orientierungspunkt voneinander zu unterscheiden. Diese Verknüpfung fiel den älteren Kindern im Vergleich zu den jüngeren leichter (DeLoache, 1980).

Auch bei einer *deferred imitation*-Aufgabe mit Kindern im Alter von 6 bzw. 12-18 Monaten zeigte sich ein altersabhängiger Effekt von Vertrautheit mit einer Versuchsumgebung auf die Gedächtnisleistung. Wechselte der Kontext zwischen Lernvorgang und Abruf konnten die jüngeren Probanden das Gelernte nicht mehr abrufen (Hayne et al., 2000).

Wir möchten in der vorliegenden Studie aus den genannten Gründen den Effekt unterschiedlich ausgeprägter Vertrautheit mit dem Kontext der Testungen auf die Gedächtnisleistung von Kleinkindern untersuchen. Unsere **erste Hypothese** lautet daher:

Unterschiede in der Gedächtnisleistung unserer Versuchsteilnehmer sind auf unterschiedlich ausgeprägte Vertrautheit mit der Versuchsumgebung zurückzuführen.

1.3.2 Bedeutung von schematischem Vorwissen

Gedächtnisstudien bestätigen den Nutzen vorbestehender Wissensnetzwerke zur effektiven Informationsverarbeitung. Allgemein zeigt sich eine bessere Gedächtnisleistung, wenn der Lernende zwischen neuem Lernmaterial und gespeichertem Wissen einen relevanten Bezug herstellen kann (Baddeley et al., 2010; van Kesteren, Ruiters, Fernández, & Henson, 2012). Mehrere Autoren konnten beispielsweise in Untersuchungen zum Gedächtnis für Schachpositionen nachweisen, dass das Vorwissen über Schachpositionen

einen weitaus stärkeren Effekt auf die Gedächtnisleistung hatte als das Alter der Versuchspersonen (Chi, 1978; Schneider, Gruber, Gold, & Opwis, 1993).

Semantische oder assoziative Netzwerke bilden sich im Lauf des Lebens durch Erfahrung mit wiederkehrenden Informationen. Dabei bilden sich übergeordnete Konzepte und Umweltinformationen werden strukturiert, was zu einer erleichterten Informationsverarbeitung beiträgt. Die Unterscheidung zwischen wichtigen und unwichtigen Informationen wird durch solche schematischen Netzwerke erleichtert und neue Inhalte können tiefer elaboriert, schneller konsolidiert (Alba & Hasher, 1983; Morris, 2006; van Kesteren et al., 2012) und abgerufen werden.

Ursprünglich entwickelte Bartlett, beeinflusst von Head und Holmes, 1932 eine Theorie darüber, wie bereits vorhandene Wissensstrukturen die Aufnahme und Wiedergabe neuer Erkenntnisse beeinflussen. Er misst seinem Konzept von sogenannten *Schemata* bei der Gedächtnisbildung eine ursächliche Bedeutung bei. Nach seiner Definition ist ein Schema eine aktive Ordnung vergangener Reaktionen oder Erfahrungen. Schemata modifizieren den Prozess der Wahrnehmung von Umweltreizen ohne unser Bewusstsein in jedem Moment, indem sie aktuelle Reize mit vorausgehenden Informationen in Verbindung setzen. Dadurch bilden sie einen organisierten Rahmen im Wahrnehmungsvorgang. Sie sind nicht statisch, sondern verändern sich selbst unaufhörlich durch eintreffende neue Informationen. Die einzelnen Details, die zur Bildung eines Schemas beigetragen haben, verschwinden bei seiner Bildung, sodass der allgemeine Eindruck im Nachhinein dominiert. Es kommt zur Abstraktion eines Musters von Umweltreizen. Indem Schemata unser Wissen über die Welt ordnen, helfen sie bei der Selektion einer passenden Reaktion auf eine aktuelle Umweltsituation und steuern so menschliches Verhalten. Verschiedene Schemata stehen nach Bartletts Theorie untereinander in Verbindung (Bartlett, 1932).

Seitdem wurden zum Konzept des *Schemas* viele Arbeiten durchgeführt und veröffentlicht, allerdings unter größtenteils unterschiedlichen Begriffsdefinitionen. Teils lässt sich das Verständnis von *semantischen bzw. assoziativen Netzwerken* nicht von dem von *Schemata* unterscheiden. Einigkeit besteht darüber, dass

Vorwissen und schematische Repräsentationen die Gedächtnisbildung und den späteren Abruf fördern (Anderson, 1984), indem sie die Enkodierung neuer Informationen, speziell des episodischen Gedächtnisses erleichtern und Abrufprozesse optimieren und beschleunigen (Bartlett, 1932). Ebenso klar scheint die Ansicht, dass Vorwissen in assoziativ arbeitenden, semantischen Netzwerken organisiert wird, sowie Schlussfolgerungen erleichtern und Verhalten lenken. In einer Übersichtsarbeit erarbeiteten Ghosh und Gilboa 2014 aus der umfassenden Literatur einen Definitionsvorschlag, dem wir in dieser Arbeit folgen möchten. Nach Gosh und Gilboa zeichnen sich Schemata durch vier notwendige und weitere fakultative Eigenschaften aus. Zunächst bestehen Schemata aus einem assoziativen Netzwerk, welches wiederum aus mehreren variablen Elementen zusammengesetzt ist, die in einer bestimmten Beziehung zueinanderstehen. Diese Struktur ergibt sich aus der Entstehung eines Schemas aus mehreren ähnlichen, erlebten Episoden (inklusive Kontextinformationen), aus denen gemeinsame Elemente extrahiert werden. Eine weitere charakteristische Eigenschaft eines Schemas ist das Fehlen von Details. Dadurch, dass das Informationsgerüst eher allgemein ist, können neue Informationen schnell verglichen und in Beziehung gesetzt werden. Eine sich ständig verändernde Umwelt erfordert flexible kognitive Strukturen. So kann das Individuum die Informationen effektiv verarbeiten und schnell ermitteln welche Reaktion angemessen für den aktuellen Kontext ist. Zu diesen notwendigen Eigenschaften kommen weitere Merkmale hinzu, die oft auf Schemata zutreffen. Häufig repräsentieren Schemata die Chronologie mehrerer Episoden, sodass eine Folge von Ereignissen bereits antizipiert werden kann. Die Netzwerkstruktur kann hierarchisch aufgebaut sein. Verschiedene Schemata können sich überschneiden. Sie können nicht nur Informationen enthalten, sondern bereits mögliche Reaktionen auf bestimmte Konstellationen (Ghosh & Gilboa, 2014). Van Kesteren und Kollegen fassen den Begriff „Schema“ folgendermaßen zusammen:

„Netzwerk kortikaler Repräsentationen, die stark miteinander vernetzt sind und deren gemeinsame Aktivierung die Verarbeitung neuer Informationen

beeinflusst“ (van Kesteren et al., 2012, S. 212, wörtliche Übersetzung durch den Verfasser).

In einem bestimmten Kontext werden die entsprechenden schematischen Repräsentationen dann gemeinsam reaktiviert (Ghosh & Gilboa, 2014).

Die aktuelle Studienlage in den Neurowissenschaften spricht dafür, dass bei der Bildung von Schemata durch Abstraktionsprozesse aus vornehmlich episodischen Inhalten der Hippocampus eine wesentliche Rolle spielt (Takashima et al., 2006; van Kesteren, Fernández, Norris, & Hermans, 2010). Des Weiteren ist in bildgebenden Untersuchungen eine gesteigerte Aktivität im medialen präfrontalen Kortex zu beobachten, wenn neue Information mit einem gelernten Schema übereinstimmt (van Kesteren, Rijpkema, Ruiters, & Fernández, 2010). Van Kesteren und Kollegen postulieren zusätzlich ein funktionelles System, bestehend aus medialem präfrontalem Kortex und medialem Temporallappen. Ihren Beobachtungen zufolge sei der mediale präfrontale Kortex umso aktiver bei der Enkodierung neuer Inhalte, je mehr das Lernmaterial mit zuvor gelernten Schemata übereinstimme. Also entspreche die Aktivität im medialen präfrontalen Kortex bei Enkodierung der Aktivierung relevanter schematischer Repräsentationen. Umgekehrt werde bei abnehmender Übereinstimmung der mediale Temporallappen aktiv. Die Autoren gehen von fein abgestimmten Regulationsmechanismen zwischen den beiden Regionen aus (van Kesteren et al., 2012). Ghosh und Gilboa sprechen außerdem von einer Interaktion beider Systeme mit dem posterioren Neokortex. Bei den oben beschriebenen Wechselwirkungen findet ein Abgleich von Repräsentationen und eine Beurteilung dieses Vergleiches statt (Ghosh & Gilboa, 2014).

Bei der Entstehung von Schemata wird eine führende Rolle des präfrontal-hippocampalen Gedächtnissystems angenommen. Der Hippocampus enkodiert unmittelbar erlebte Episoden und stellt innerhalb der Repräsentation Kontextverknüpfungen her. Im Zuge der *active system consolidation* im SWS werden anhand von Lernerfahrungen in vorausgehenden Wachphasen wiederkehrende Informationen verstärkt und deren Repräsentationen durch wiederholte Reaktivierungen in neokortikale und striatale Langzeitspeicher überführt (Huber & Born, 2014; Inostroza & Born, 2013). Im Zuge der

Überführung in extrahippocampale Netzwerke werden die Repräsentationen unabhängiger vom spezifischen Kontext. *„Es könnte sein, dass Reaktivierungen von sich überschneidenden episodischen Repräsentationen die Abstraktion in solche allgemeinen, Schema-artigen Repräsentationen fördern. Reaktivierungen begünstigen des Weiteren die Eingliederung neuer Informationen in vorbestehende Wissensstrukturen, wenn passende Schemata verfügbar sind“* (Huber & Born, 2014, S. 4, freie Übersetzung durch den Verfasser).

Bei Testungen mit Ratten konnte bereits nachgewiesen werden, dass der *system consolidation*-Prozess durch das Vorliegen eines assoziativen Schemas im Langzeitgedächtnis angekurbelt wird, in welches neue Informationen integriert werden können (Wilhelm, Prehn-Kristensen, et al., 2012).

1.3.2.1 Schemata im Kindesalter

Obwohl in vielen Studien mit Erwachsenen ein Effekt von schematischem Vorwissen nachgewiesen werden konnte, fehlen über Schemata bei Kindern fundamentale Erkenntnisse. Doch gerade bei Kindern muss davon ausgegangen werden, dass die von Bartlett und vielen anderen beschriebenen Prozesse hochrelevant sind. Jeder Mensch nimmt zu Beginn seines Lebens unzählige neue Informationen auf, wohingegen mit zunehmender Lebenserfahrung die Konfrontation mit neuem Lernmaterial abnimmt. Für Kinder ist zunächst alles, was sie wahrnehmen neu. Sie können nicht von Anfang an übergeordnete Konzepte erkennen, da diese erst durch wiederkehrende Auseinandersetzung entstehen. *„Es ist offensichtlich, dass ältere Kinder und Erwachsene bedeutend mehr Wissen jeglicher Art als jüngere Kinder besitzen“* (Baddeley et al., 2010, S. 274 freie Übersetzung durch den Verfasser). Brown und DeLoache beschreiben kleine Kinder als *universal novices*, unerfahren in Bezug auf alle Lebensbereiche (Brown & DeLoache, 1978). Dieser Aspekt verdient besondere Beachtung, wenn wir Studienergebnisse von kleinen Kindern interpretieren. Denn unter Versuchsbedingungen wird die begrenzte Kapazität für Informationsverarbeitung von Kleinkindern, die *processing capability* (Shatz, 1978), schon allein dadurch beansprucht, die vielen neuen Aspekte der Umgebung zu beachten oder die Details der Aufgabe herauszufinden, mit der sie konfrontiert werden. Dadurch werden Ressourcen aufgebraucht, die dann nicht mehr für die Durchführung der

Versuchsaufgabe zur Verfügung stehen, was zur Unterschätzung ihrer grundlegenden Kompetenzen führt (DeLoache, 1980). Folglich beinhaltet eine adäquate Einschätzung der Gedächtnisentwicklung von Kleinkindern die Einbeziehung von Vertrautheit und vorhandenen Schemata.

In einem Versuchsparadigma, das darauf beruht, dass Versuchspersonen mit mehr semantischem Vorwissen mehr Fehler machen, zeigten Deese, Roediger und McDermott, wie groß die Bedeutung semantischer Netzwerke bei einem Lernvorgang ist. Wortlisten mit einem gemeinsamen Bezug zu einem zentralen Wort wurden ohne den zentralen Begriff präsentiert. Zwischen den Wörtern müssen starke Assoziationen vorliegen, wie z.B. zwischen Arzt, Krankenhaus, Krankenschwester usw. Ältere Kinder machten deutlich mehr Fehler beim Abruf der Wortlisten als jüngere Kinder, indem sie das zentrale, aber nicht genannte Wort nannten. Diese Studienergebnisse zeigen, wie entscheidend der Einfluss schematischen Vorwissens für den Abruf von Gedächtnismaterial im Kindesalter ist (Deese, 1959; Roediger & Mc Dermott, 1995).

Auch bei den Studienergebnissen von Sullivan und Winner zeigte sich, welcher großen Unterschied es macht, wenn ein existierendes Schema abgerufen werden kann. Die Autoren fanden heraus, dass Kinder unter 4 Jahren unter einer bestimmten Voraussetzung, entgegen bisheriger Auffassung, bereits in der Lage sind, das Wissen anderer Personen einzuschätzen (Sullivan & Winner, 1993). Autoren wie Wimmer und Perner, die im Bereich *Theory of Mind* und *False Belief* forschten (Wimmer & Perner, 1983), gelang es in ihren Studien nicht, die tatsächlichen Fähigkeiten von kleinen Kindern zum Vorschein zu bringen. Erst in einer von Sullivan und Winner aktiven und motivierenden Version einer Täuschungsbedingung konnten die Kleinkinder ihre tatsächlichen mentalen Fähigkeiten abrufen. Alter oder Vereinfachung der Versuchsaufgabe hatten im Gegensatz zur Täuschungshandlung keinen Effekt auf die Testleistung der Kinder. Bisherige Ergebnisse ähnlicher Untersuchungen zeigten, dass Kinder unter 4 Jahren sich nicht von ihrem eigenen Wissen distanzieren können, wenn sie die Erwartungen anderer einschätzen sollen. Sie haben noch keine Vorstellung davon, wie der Geist einer anderen Person funktioniert, scheinen also noch keine *Theory of Mind* zu haben. 3-jährige Kinder denken noch

egozentrisch und sind nicht fähig zu einem Perspektivwechsel. Wenn jedoch ein existierendes Schema, in diesem Fall das der Täuschung, aufgerufen wird: „Komm, wir tricksen [Name des Freundes] aus!“, erwarten auch die jüngeren Kinder korrekterweise, dass andere Menschen über anderes Wissen verfügen als sie selbst (Sullivan & Winner, 1993). Durch mehrfache Erfahrung hatten selbst die jüngsten Studienteilnehmer zwischen 3,0 und 3,7 Jahren eine Vorstellung vom Prinzip der Täuschung. Ein vorhandenes Schema erleichterte ihnen in der Versuchsaufgabe das Verständnis dafür, dass andere Personen eine andere Vorstellung davon haben, was in einem Behälter ist oder wie man sich verhalten muss, wenn man einer anderen Person falsche Tatsachen vorspielen möchte. Auch die Autoren einer Schlafstudie zum Vergleich des räumlich-visuellen Gedächtnisses von Kindern und Erwachsenen diskutieren als mögliche Erklärung für ihre Ergebnisse das Vorhandensein weniger Schemata und Vorwissen im Langzeitgedächtnis, um die neu gelernten Informationen abzugleichen. Denn die Kinder, die bei der Studie teilnahmen, verbrachten doppelt so viel Zeit im SWS wie Erwachsene. Gemäß dem aktuellen Wissensstand über die Gedächtniskonsolidierung im Tiefschlaf wäre also bei Kindern ein größerer Schlafeffekt auf die Konsolidierung von deklarativem Gedächtnismaterial als bei Erwachsenen zu erwarten. Dies war allerdings nicht der Fall. Mangelndes Vorwissen im Vergleich zu Erwachsenen ist demnach als Erklärung zu erwägen (Wilhelm et al., 2008; Wilhelm, Prehn-Kristensen, et al., 2012).

James und Kollegen schließen sich mit der Interpretation ihrer Metaanalyse zu einem Schlafeffekt auf Vokabellernen bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen an Wilhelms Argumentation an. Erwachsene gehen James zufolge von einer reichhaltigeren Wissensbasis aus und können dadurch effektiver konsolidieren. Kinder gleichen dagegen das Defizit semantischen Vorwissens gegenüber Erwachsenen mit mehr Tiefschlaf aus. Demzufolge findet bei Kindern mehr Reorganisation von neuem Lernmaterial zusammen mit der Entwicklung kortikaler Netzwerke im Schlaf statt. James und Kollegen bestätigen in ihrer Übersichtsarbeit den bei Erwachsenen gut erforschten *Matthew-Effekt*, ein Begriff für die Assoziation zwischen reichhaltigem Vokabelwissen und

erleichterem Erwerb neuen Vokabulars. Die Autoren heben unter allen Mechanismen, die mit dem Lernen semantischen Materials zusammenhängen den Einfluss von Vorwissen und diesbezüglicher Forschung ausdrücklich hervor (James, Gaskell, Weighall, & Henderson, 2017).

Sowohl Wilhelm, als auch James untermauern mit ihren Resultaten die Ansicht, dass Schlaf, insbesondere SWS, bei der Abstraktion semantischen Wissens bei Kindern wie bei Erwachsenen eine entscheidende Rolle spielt. Wilhelm und Kollegen konnten sogar zeigen, dass bei den teilnehmenden Kindern im Vergleich mit Erwachsenen ein weitaus stärkerer Schlafeffekt auf die Überführung impliziter Information in explizites Wissen vorliegt. Die Autoren folgerten, dass Kinder Erwachsenen darin überlegen seien, unveränderliche Eigenschaften aus einer komplexen Umwelt zu entnehmen (Wilhelm, Rose, Imhof, Rasch, Buchel, et al., 2013).

Erste Belege für die Abstraktion übergeordneter Bedeutungszusammenhänge im Schlaf bei Kleinkindern von 9-16 Monaten sammelten Friedrich et al. in einer Studie mit Bild-Wort-Paaren im Mittagschlaf-Design (Friedrich et al., 2015). Es fanden sich eindeutige Effekte der abgeleiteten *event-related potentials* (ERPs), die dafürsprechen, dass „*das kindliche Gehirn im Schlaf die vorausgehende Erfahrung mit einzelnen Objekt-Wort-Paaren einer Kategorie in neue semantische Netzwerke integriert hatte, welche die allgemeine Bedeutung der Wörter repräsentiert*“ (Friedrich et al., 2015, freie Übersetzung durch den Verfasser; S. 4). Die ERPs der Kinder, die wach blieben, lieferten keinen Hinweis auf diese semantische Abstraktionsleistung.

Darüber hinaus fehlen allerdings bis heute grundlegende Kenntnisse darüber, ob die bei Erwachsenen und älteren Kindern nachgewiesene Abstraktionsleistung im Schlaf auch für Kleinkinder gilt (Werchan & Gómez, 2014). Werchan und Gómez werfen aufgrund ihrer Studienergebnisse zur Abstraktion von Wortbedeutungen bei 2,5-jährigen Kindern sogar die Frage auf, ob nicht vielmehr als Schlaf der Wachzustand durch das Vergessen irrelevanter Details wichtig für eine Abstraktionsleistung des Gedächtnissystems sei (Werchan & Gómez, 2014). Die Rolle des Kontextes beim Lernvorgang war bei ihnen allerdings eine elementar andere als die im hier vorgeschlagenen Paradigma. Mangels weiterer

Hinweise durch andere Studien bei Kleinkindern im Altersbereich von etwa 2 Jahren kann diese Ambivalenz leider noch nicht aufgelöst werden. Es fehlen schlicht belastbare Daten. Vor allem im Bereich der Bedeutung von Vorwissen für episodische Gedächtnisinhalte liegen kaum entwicklungspezifische Fakten vor. Aufgrund der starken Kontextabhängigkeit episodischer Inhalte ist jedoch gerade dieser Bereich interessant.

Newcombes Studie zum Kontext-Gedächtnis aus dem Jahr 2014 legt nahe, dass Kleinkinder sich aufgrund mangelnden Vorwissens auf Detailinformationen, wie z.B. spezifische Hinweisreize, fokussieren (Newcombe et al., 2014). Der Grund dafür, dass Newcombe keinen Effekt der eingesetzten Kontexthinweise belegen konnte, könnten ebenso fehlende Schemata bei Kleinkindern sein. Denn die Kontext-Hinweise können den Abruf der gesamten Kontextrepräsentation nur dann hervorrufen, wenn das entsprechende Schema bereits vorhanden ist (Bower, Karlin, & Dueck, 1975).

Die relativ niedrige Dichte vorhandener Schemata im sich entwickelnden kindlichen Gehirn könnte zusammen mit der allgemein erhöhten Formbarkeit (*plasticity*) erklären, wieso im Schlaf während der frühen Kindheit im Rahmen der *active systems consolidation* vorrangig semantische Netzwerke durch Abstraktion aus Hippocampus-abhängigen Repräsentationen geformt werden (Huber & Born, 2014).

Unsere **zweite Hypothese** lautet daher:

Schlaf begünstigt in einem Abstraktionsprozess nach vorausgehender Familiarisierung mit dem Lernkontext die Bildung schematischer Netzwerke mit folglich verbesserter Gedächtnisleistung.

1.3.3 Methodische Zielsetzung der vorliegenden Studie

Neben den genannten Hypothesen verfolgen wir mit der vorliegenden Studie auch die Zielsetzung, ein geeignetes Versuchsparadigma zu entwickeln, um die assoziative Gedächtnisleistung von Kleinkindern adäquat abzubilden. Wie oben dargelegt verfügen die meisten gängigen Methoden über eine eingeschränkte Aussagekraft, da sich die Tests zu sehr auf Sprache o.a. Aspekte konzentrieren, die von der allgemeinen kindlichen Entwicklung abhängig sind. Des Weiteren

sind Testbedingungen häufig dem Alltag der Versuchspersonen entfremdet und lassen daher wenig Rückschlüsse auf tatsächliche Gedächtnisfähigkeiten zu, wie sie im Alltag zum Einsatz kommen. Dieser Effekt ist besonders bei Gedächtnisstudien mit Kindern zu beachten. Als Beispiele sind hier Studien mit Bild-Wort-Paaren zu nennen, die im realen Leben nicht existieren und den Säuglingen und Kleinkindern in einer hohen Dichte auf einem Bildschirm präsentiert werden (Friedrich et al., 2015). Im echten Leben begegnen Kleinkinder jedoch realen, 3-dimensionalen Gegenständen oder Lebewesen, die sie mit allen Sinnen wahrnehmen können und über einen längeren Zeitraum hinweg immer wieder sehen, hören und aktiv erforschen können. Erstrebenswert sind also Testbedingungen, die der natürlichen Lebenswelt von Kleinkindern möglichst realistisch entsprechen (DeLoache, 1980).

Außerdem liegen insbesondere für 2-jährige Kinder ausgesprochen wenige Studien vor, die den Zusammenhang von Schlaf und Gedächtnis untersuchen. Angesichts der gewaltigen Entwicklungsumbrüche in diesem Alter, die sich unter anderem durch die rasche Sprachentwicklung ergeben, ist es aus unserer Sicht jedoch unverzichtbar, Testverfahren für diese Kinder zu entwickeln. Ohne diese bliebe die Beschreibung der kindlichen Gedächtnisentwicklung unvollständig (vgl. DeLoache, 1980).

Newcombe und Kollegen haben mit dem von ihnen entwickelten Paradigma (Newcombe et al., 2014) einen wertvollen Beitrag in dieser Hinsicht geleistet. Die Versteckaufgabe ist interessant für Kleinkinder und angemessen für ihre altersentsprechende Entwicklung, sodass man von einer ausreichenden Motivation und prinzipiellem Verständnis für die Testaufgabe ausgehen kann, wie es auch die Studienergebnisse bestätigen. Wenn Kinder selbst aktiv beim Verstecken eines Spielzeugs und dem späteren Enthüllen sein dürfen, kann bereits im Voraus eine grundsätzliche Kooperation angenommen werden. Wir stützen uns in der vorliegenden Studie daher auf das von Newcombe entwickelte Versuchsparadigma mit dem Schwerpunkt Familiarisierung mit dem Kontext und damit verbundener Schemabildung im Schlaf. Dabei beschränken wir uns auf Kleinkinder im Alter von 2 Jahren. Denn grundlegende Fähigkeiten zur assoziativen Gedächtnisbildung können nach dem Ende des zweiten

Lebensjahres vorausgesetzt werden (P. J. Bauer et al., 2012; Mullally & Maguire, 2014; Newcombe et al., 2014; Ribordy, Jabes, Banta Lavenex, & Lavenex, 2013; Sluzenski et al., 2006). Die Ausreifung der Assoziationsfähigkeit, insbesondere der assoziativen Verknüpfung komplexer kontextueller Informationen, erfolgt allerdings bis zu einem Alter von 6 Jahren (Sluzenski et al., 2006). Die Ergebnisse von Newcombe lassen vermuten, dass wichtige Entwicklungsschritte des Kontext-Gedächtnisses im Alter von 2 Jahren ablaufen (Newcombe et al., 2014).

2 Material und Methoden

2.1 Stichprobe

An der vorliegenden Studie nahmen 25 Kinder im Alter von 26-36 Monaten ($M = 30$ Monate) teil (*Abbildung 3*), davon waren 10 weiblich und 15 männlich.

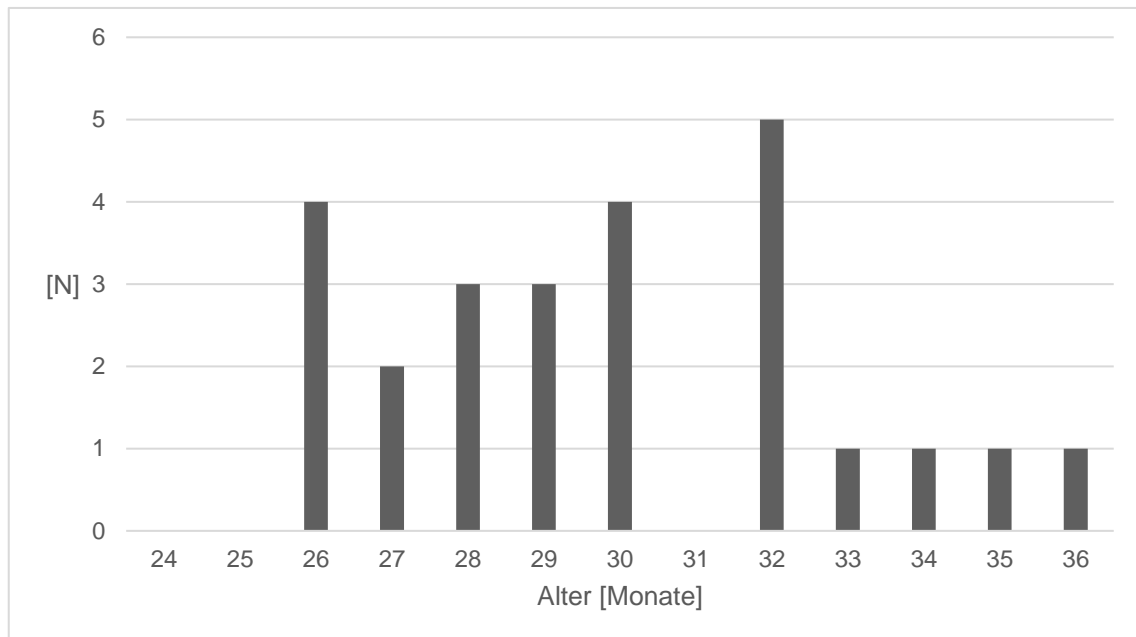


Abbildung 3 Altersverteilung der Stichprobe
Altersverteilung der insgesamt 25 Studienteilnehmer. Angabe des Alters in Monaten; N = Anzahl der Probanden.

Die Einschlusskriterien der Studie wurden vorab per Telefonscreening erfragt. Laut Elternauskunft waren alle Studienteilnehmer reif geboren und gesund, nahmen nicht regelmäßig Medikamente ein, waren altersgerecht entwickelt, machten regelmäßig Mittagsschlaf und erwarben Deutsch als Muttersprache. Die intellektuelle Reife wurde objektiv mittels standardisiertem Entwicklungstest (Bayley, 2007) erhoben (sh. Kap. 2.3.2 *Kennenlerntermin*).

Eine Probandin wurde in der 37. Schwangerschaftswoche geboren. Aufgrund der insgesamt schwierigen Rekrutierungslage wurde diese Probandin dennoch in die finale Stichprobe aufgenommen.

Alle Eltern erhielten eine Aufwandsentschädigung von 100 € für die Teilnahme an der Studie. Die Kinder bekamen ein kleines Spielzeug-Geschenk.

Die Studie wurde durch die Ethikkommission der Universität Tübingen genehmigt (Projektnummer 772/2015BO1).

2.2 Design

Die Studie folgte einem randomisierten *Cross-over-Design* mit Schlaf oder Wachheit während des Retentionsintervalls als zentrale unabhängige Variable. Alle Kinder nahmen also sowohl an der Schlaf-, wie auch an der Wachbedingung teil, wobei die Reihenfolge der Bedingungen über Versuchspersonen (VPN) hinweg randomisiert war. Zwischen Schlaf- und Wachtermin lagen etwa zwei Wochen ($M = 20,04$ d; Range: 11 - 41 d), in denen die Teilnehmer nicht zu uns ins Schlaflabor kamen. Im Sinne der Hypothesen war es zentral, dass die Versuchsteilnehmer zu Beginn jedes Versuchstermins eine unbekannte Umgebung betraten, mit der sie sich anschließend vertraut machen sollten. Um diese Bedingung in unserem Messwiederlungsdesign zu gewährleisten, fanden die beiden Studientermine in unterschiedlichen Laboren des Instituts für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie in unterschiedlichen Gebäuden (Labor Berg/B und Labor Tal/A) statt. Die Reihenfolge in der die Versuchsteilnehmer die jeweiligen Labore besuchten, wurde ebenfalls zwischen Versuchspersonen randomisiert und mit dem Faktor der Schlaf-/Wachreihenfolge gekreuzt, so dass sich vier Hauptgruppen ergaben (sh. *Tabelle 1*).

Tabelle 1 Die vier Hauptgruppen

Das randomisierte Cross-over-Design der vorliegenden Studie umfasste vier Zellen. Alle Versuchsteilnehmer absolvierten zwei Experimentaltermine mit Schlaf bzw. Wachheit während der Retentionsintervalle, die in zwei verschiedenen Laboren stattfanden. Die Reihenfolge der Retentionsbedingung (Schlaf/Wach) sowie die Reihenfolge in der die Labore besucht wurden, war zwischen den Versuchspersonen ausgeglichen.

Gruppe	Termin 1		Termin 2	
	Bedingung	Labor	Bedingung	Labor
1	Schlaf	Tal	Wach	Berg
2	Wach	Berg	Schlaf	Tal
3	Schlaf	Berg	Wach	Tal
4	Wach	Tal	Schlaf	Berg

Auf der Ebene der Aufgabendurchführung wurde ein weiterer Faktor eingeführt, um die Reihenfolge von Lern- und Abrufkontexten zu kontrollieren (sh. *Tabelle 2*). Anders als bei Newcombe und Kollegen (Newcombe et al., 2014), bei denen die Versuchsteilnehmer die Kontexte während des Abrufs stets in der gleichen Reihenfolge aufsuchten, wie während der Enkodierung, wurde die Reihenfolge im vorliegenden Versuch abgewechselt.

Tabelle 2 Bedingung der Abrufreihenfolge

Aufbauend auf Tabelle 1 wird die zusätzliche Bedingung eingeführt, in welchem Raum, bezogen auf die Enkodierung des ersten Durchgangs des ersten Experimentaltermins, die Versuchsperson den Abruf fortsetzt. Es liegen zwei Optionen vor: Gleicher Raum zuerst oder anderer Raum zuerst. Beispielhaft sind die zwei verschiedenen Möglichkeiten der Abrufbedingung aufgeführt, die auf die Enkodierungsreihenfolge „Raum 1, dann Raum 2“ folgen können

Bedingung Abrufreihenfolge	Enkodierung	Abruf
<i>gleicher Raum zuerst</i>	Raum 1, dann 2	Raum 1, dann 2
<i>anderer Raum zuerst</i>	Raum 1, dann 2	Raum 2, dann 1

Um den Einfluss der Abrufreihenfolge möglichst von dem der zentralen experimentellen Faktoren zu trennen, wurde die Abfolge der Reihenfolgen (gleicher Raum zuerst vs. anderer Raum zuerst) wiederum zwischen Versuchspersonen randomisiert und mit den Faktoren der Laborreihenfolge und der Schlaf-/Wachreihenfolge gekreuzt. Auf diese Weise ergaben sich acht Untergruppen (sh. *Tabelle 3*).

Tabelle 3 Die acht Untergruppen und deren Probandenzahl

Hier sind die in Tabellen 1 und 2 eingeführten Einteilungen zusammengefasst dargestellt. Durch die Kombination der vier Hauptgruppen mit den zwei verschiedenen Bedingungen der Abrufreihenfolge ergeben sich je zwei Untergruppen pro Hauptgruppe. Im zweiten Experimentaltermin wechselt die Abrufreihenfolge innerhalb der Versuchspersonen, um einen möglichen Effekt auszubalancieren. Die Zahlen bezeichnen die Anzahl der Probanden, die den acht Untergruppen gemäß Randomisierungsliste zugeordnet sind.

		Schlaf zuerst		Wach zuerst	
		3	3	3	3
Berg zuerst	Gleicher	Anderer Raum	Gleicher	Anderer Raum	
	Raum zuerst	zuerst	Raum zuerst	zuerst	
Tal zuerst	Gleicher	Anderer Raum	Gleicher	Anderer Raum	
	Raum zuerst	zuerst	Raum zuerst	zuerst	
		3	4	3	3

Innerhalb der Versuchspersonen wurden also folgende Faktoren randomisiert und ausbalanciert: Die Retentionsbedingungen schlaf und wach, die Schlaflabore Berg und Tal, die Abrufbedingungen „Gleicher Raum zuerst“ und „Anderer Raum zuerst“, sowie die vier verschiedenen Zielcontainer, die als Verstecke bei der Versuchsaufgabe dienten (sh. Kap. 2.3.3.1 *Versuchsumgebung*). Folglich handelt es sich um ein 2x2x2x4-faktorielles Design.

Zwischen den Versuchspersonen wurden folgende Faktoren randomisiert und ausbalanciert: Die Reihenfolge der Retentionsbedingungen (Schlaf zuerst/Wach zuerst), die Reihenfolge der Schlaflabore (Berg zuerst/Tal zuerst), die Reihenfolge der Abrufbedingungen im ersten Durchgang des Abrufs in Relation zur Enkodierung (Gleicher Raum zuerst/Anderer Raum zuerst).

In der folgenden *Tabelle 4* sind die o.g. Faktoren, i.e. die unabhängigen Variablen, zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 4 Unabhängige Variablen

Übersicht über die unabhängigen Variablen (rechte Spalte) und deren Randomisierung oder zufällige Verteilung innerhalb bzw. zwischen Versuchspersonen (VPN; linke Spalte).

Randomisierung	Unabhängige Variablen
innerhalb Versuchsperson en	Bedingungen Schlaf/Wach
	Schlaflabore Berg/Tal
	Abrufbedingung Gleicher Raum/Anderer Raum
	Zielcontainer
zwischen Versuchsperson en	<u>Reihenfolge</u> Schlaf/Wach-Bedingung (Schlaf zuerst/Wach zuerst)
	<u>Reihenfolge</u> Schlaflabor (Berg zuerst/Tal zuerst)
	<u>Reihenfolge</u> Abrufbedingung (Gleicher Raum zuerst/Anderer Raum zuerst)
zufällig innerhalb und zwischen VPN	Auswahl der Handpuppen und Zuordnung zu Kontexten

Aufgrund der schwierigen Rekrutierungssituation konnten wir nicht erwarten, eine ausreichend hohe Probandenzahl zu erreichen, sodass nicht alle in Frage kommenden Einflussfaktoren randomisiert werden konnten. Folgende Faktoren bildeten daher die Ausnahmen, die konstant gehalten wurden:

Innerhalb und zwischen Versuchspersonen wurde die Zuordnung der vier verschiedenen Kontexte (Küche, Teddyklinik, Zoo und Zugzimmer; vgl. Kap. 2.3.3.1 Versuchsumgebung) zu den zwei verschiedenen Schlaflaboren fixiert; ebenso die Reihenfolge der Kontexte in der Familiarisierung und die Standorte der Container in den Versuchsräumen.

Zwischen Versuchspersonen konstant gehalten wurde die Reihenfolge der Zielcontainer über zwei Durchgänge (1. Durchgang: Container 1 in Raum 1, Container 3 in Raum 2; 2. Durchgang: Container 2 in Raum 1, Container 4 in Raum 2; vgl. Kap. 9.2 *Randomisierungsliste*).

Die Reihenfolge der Kontexte im Rahmen der Familiarisierung wurde so festgelegt, dass jedes Kind auf dem Berg zuerst im Zoo und anschließend im Zugzimmer familiarisiert wurde. Im Tal begann die Familiarisierung in der

Spielküche und wurde in der Teddyklinik fortgesetzt. Die folgende *Tabelle 5* bietet einen Überblick über die fixierten Rahmenbedingungen des Studiendesigns.

Tabelle 5 Fixierte Rahmenbedingungen
Übersicht über Rahmenbedingungen der Studie (rechte Spalte), die innerhalb bzw. zwischen Versuchspersonen (linke Spalte) fixiert wurden. Durch diese Maßnahme wird der geringen Probandenzahl entgegengewirkt.

Gültigkeit	Fixierte Rahmenbedingungen
innerhalb und zwischen VPN konstant	Experimenteller Ablauf: Familiarisierung, Retentionsintervall, Enkodierung, Abruf
	Zuordnung der Kontexte zu den Schlaflaboren (Zoo und Zugzimmer im Schlaflabor Berg, Teddyklinik und Spielküche im Schlaflabor Tal)
	Reihenfolge der Kontexte in Familiarisierung
	Standort der Container im Raum
zwischen VPN konstant	Reihenfolge Zielcontainer über 2 Trials

2.3 Versuchsablauf und Versuchsaufgabe

Die Studie umfasste insgesamt drei Termine: Der erste Termin diente der Eingewöhnung und der Durchführung des Entwicklungstests. Auf Grundlage

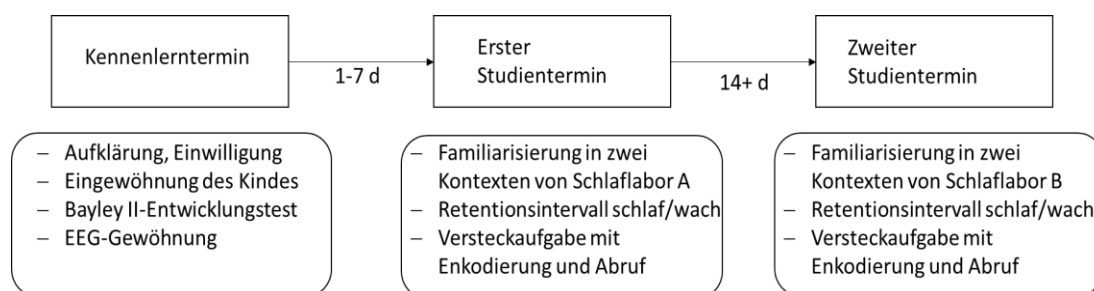


Abbildung 4 Überblick über den Versuchsablauf
Die vorliegende Studie umfasst drei Studientermine, welche im oberen Teil der Abbildung aufgeführt sind. Die Zeiträume zwischen den Terminen betragen 1-7 Tage bzw. mind. 14 Tage. Darunter ist stichpunktartig das Programm der Termine aufgelistet. Bayley-II-Entwicklungstest: Test zur Einschätzung der kognitiven Reife; EEG: Elektro-Enzephalographie.

dieses Tests erfolgte anschließend der Einschluss in die Studie. Die Termine 2 und 3 dienten der eigentlichen experimentellen Erhebung. Struktur und Ablauf der Sitzungen waren identisch mit der Ausnahme, dass die Teilnehmer an einem Termin schliefen, an dem anderen jedoch wachten und dass die zwei Termine an unterschiedlichen Orten (Labor A/Labor B) stattfanden (*Abbildung 4*). Entsprechend des randomisierten *Cross-over-Designs* der Studie, wurde die Reihenfolge von Schlaf und Wachheit sowie die Reihenfolge der Orte zufällig zugewiesen, über die Stichprobe hinweg jedoch ausgeglichen. Alle Testungen mit den minderjährigen Probanden liefen in Anwesenheit eines Elternteils ab. Die Eltern konnten ihre Kinder dabei motivierend unterstützen, jedoch nicht darüber hinaus in den Versuchsablauf eingreifen.

2.3.1 Rekrutierung

Die Teilnehmer wurden aus einer institutseigenen Datenbank, über Flyer in Kinderarztpraxen, Briefe an Kindertagesstätten und andere öffentliche Einrichtungen, sowie über Geburtsannoncen in lokalen Zeitungen rekrutiert. Zudem erhielten alle Angehörigen der Universität Tübingen eine Rundmail über universitäre Emailverteiler. Nachdem die Eltern grundsätzliches Interesse an einer Teilnahme signalisierten, wurden sie telefonisch über Studienablauf und Ziele aufgeklärt. Detaillierte Studieninformationen wurden den Studieninteressierten auch per E-Mail zugesandt. Mit den Eltern, die ihr Einverständnis mündlich gegeben hatten, wurden die Einschlusskriterien anhand eines standardisierten Telefonprotokolls überprüft und Studientermine vereinbart. Bei der Terminvereinbarung orientierten wir uns an dem üblichen Schlaf-Wach-Rhythmus der Kinder. Dadurch ergaben sich unterschiedliche Tageszeiten der Testungen zwischen den Versuchspersonen. Auf diesen Aspekt wird in den Kapiteln *2.3.3.4 Retentionsintervall* und *2.4 2.4 Testdauer und Tageszeiten* näher eingegangen.

2.3.2 Kennenlerntermin

Die schriftliche Einwilligung erfolgte nach neuerlicher mündlicher Aufklärung und der Erörterung möglicher Fragen durch die Unterschrift eines Erziehungsberechtigten auf der Einverständniserklärung. Darüber hinaus diente dieser Termin der Eingewöhnung des Kindes an Versuchsleiter und Versuchsumgebung sowie der Durchführung eines Entwicklungstests zur Erfassung des Reifegrades des Kindes.

Der Versuchsleiter führte mit den Versuchsteilnehmern die kognitive Skala des Bayley II-Entwicklungstest (Bayley, 2007) durch, um anhand des Mental Development Index (MDI) das kognitive Entwicklungsalter des Kindes zu bestimmen (sh. Kap. 2.6.2 *Auswertung des Bayley II-Entwicklungstests*). Eine auf dieser Grundlage bestimmte altersgemäße Entwicklung diente als weiteres Einschlusskriterium (vgl. Kap. 2.1 *Stichprobe*).

Daneben war ein weiterer wichtiger Teil des Vorbereitungstermins, dem Kind die EEG-Ausrüstung zu zeigen, um eine erste Gewöhnung daran zu erzielen.

2.3.3 Experimentaltermine

Die beiden Haupttermine waren identisch in ihrem strukturellen Ablauf (sh. *Abbildung 5*), wobei die Kinder zunächst mit der Versuchsumgebung spielerisch vertraut gemacht wurden, um anschließend in einer etwa ein- bis zweistündigen Pause entweder zu schlafen oder zu wachen. Nach der Pause wurde die in Kap. 2.3.3.3 *Gedächtnisparadigma* beschriebene Aufgabe zur Untersuchung des kontext-spezifischen Objekt-Ortsgedächtnisses durchgeführt, die an die Aufgabe nach Newcombe und Kollegen (Newcombe et al., 2014) (sh. Kap. 1.1.3.2 *Kontext-Gedächtnis*) angelehnt war.

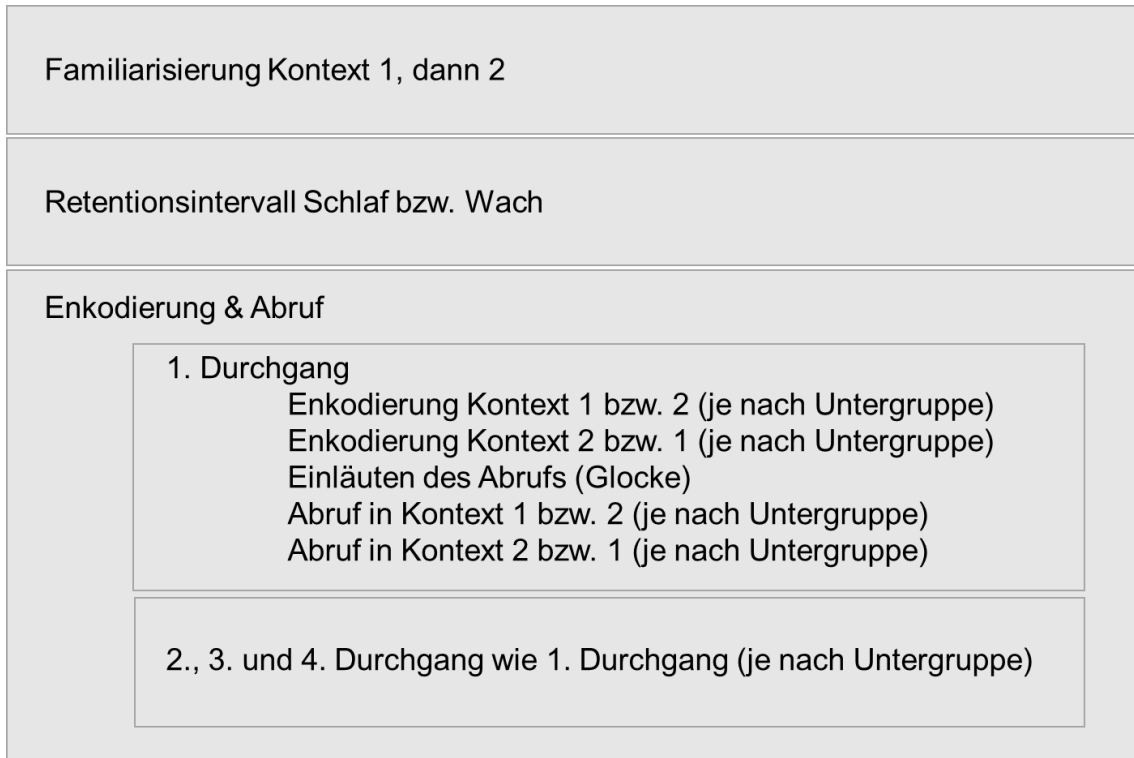


Abbildung 5 Ablauf der Experimentaltermine

Die beiden Experimentaltermine beginnen jeweils mit einer Familiarisierungsphase, in der das Kind die verschiedenen Kontexte kennenlernt, in denen später der Gedächtnistest stattfindet. An die Familiarisierung schließt sich ein Retentionsintervall an. Abhängig von der Experimentalgruppe ist der Proband in dieser Zeit entweder wach oder er schläft. Das Gedächtnisparadigma wird in maximal vier Durchgängen absolviert. Jeder Durchgang besteht aus Enkodierung und Abruf in jedem Kontext. Die Reihenfolge der Kontexte wird durch die Randomisierung der Probanden festgelegt. Zwischen Enkodierung und Abruf läuten die Kinder eine Glocke in einem dritten Raum, um den Abruf flexibel fortzusetzen.

2.3.3.1 Versuchsumgebung

Die Kontexte, in denen die Gedächtnistests stattfanden, waren in zwei Räumen angelegt, die als distinkt erfahrbare Spielwelten gestaltet worden waren. Die Rahmenbedingungen der Kontexte sind hier aufgrund ihrer wesentlichen Bedeutung für die Fragestellung der vorliegenden Studie ausführlich beschrieben. Da in zwei verschiedenen Laboren getestet wurde, wurde es notwendig, insgesamt vier verschiedene Kontexte, zwei je Labor, bereitzustellen.

So waren für jedes Kind an jedem Studientermin zwei neue Kontexte vorhanden, was Übertragungseffekte über die zwei Testtermine hinweg minimieren sollten. Die vier Kontexte waren eine Spielküche, eine Teddyklinik, ein Zoo und ein Zugzimmer. Zum Schlaflabor A gehörten die beiden Kontexte Spielküche und Teddyklinik (*Abbildung 6*). Im Schlaflabor B waren Zoo und Zugzimmer gegeben (*Abbildung 7*).

Das gemeinsame Element der verschiedenen Kontexte waren vier Container, mithilfe derer im zweiten Teil des Versuchs das Gedächtnisexperiment durchgeführt wurde. Jeder Kontext enthielt vier verschiedene Container, wobei die beiden Kontexte des Schlaflabors, die einander zugeordnet waren, exakt dieselben vier Container beinhalteten. Die Container im Schlaflabor A unterschieden sich jedoch von den Containern im Schlaflabor B. Die beiden Kontexte des Schlaflabors B enthielten je eine weiße Kiste, einen gelben Sitzhocker, eine Bob der Baumeister-Tonne und eine Rakete-Tonne. Im Schlaflabor A waren in beiden Kontexten je ein Papierkorb, ein Blumentopf, ein Karton und ein blauer Rollcontainer vorhanden. Der Standort der Container im Raum wurde für jeden Kontext nach untenstehendem Raumplan festgelegt und war zwischen den Kontexten eines Schlaflabors verschieden.

Des Weiteren beinhaltete der Versuchsaufbau eine Auswahl an Handpuppen, welche im Rahmen der Enkodierung in den Zielcontainern versteckt wurden. Keine Puppe war an einen bestimmten Kontext gebunden. Für einen Studientermin wurden zwei Puppen nach dem Zufallsprinzip ausgewählt, sodass die Auswahl der Puppen zwischen und innerhalb der Probanden randomisiert war. Möglich waren eine Kasperle-Puppe, eine Räuber Hotzenplotz-Puppe, eine Großmutter-Puppe, eine Wachtmeister-Puppe, eine König-Puppe, eine Zauberer-Puppe und eine Hexe-Puppe.

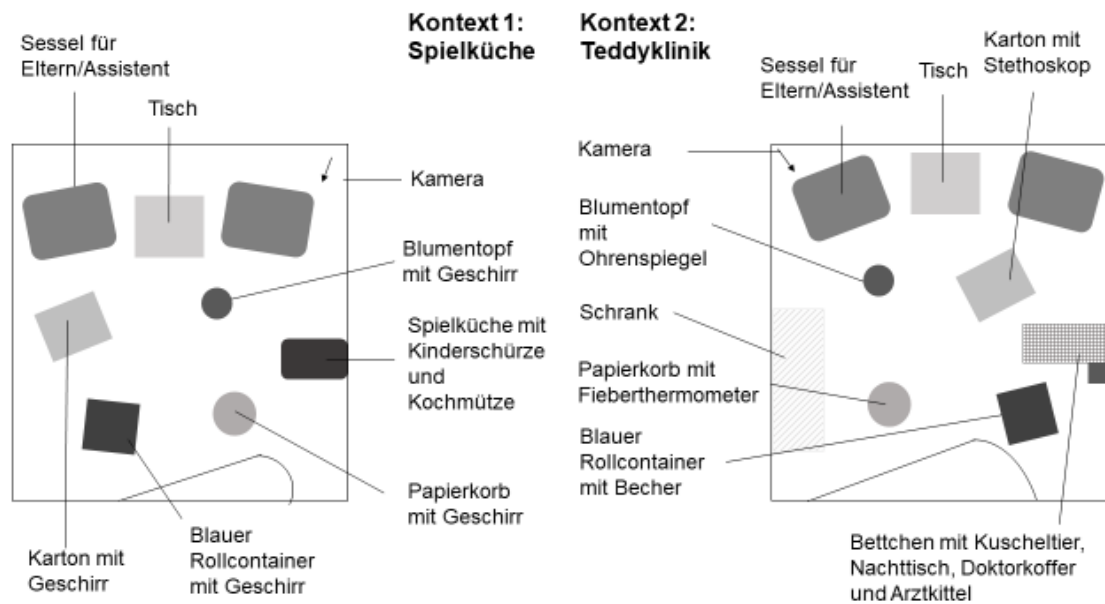


Abbildung 6 Raumläne Labor A

Im Schlaflabor A befinden sich die zwei Kontexte Spielküche und Teddyklinik. Größe und Proportionen der Räume sind nahezu identisch. Die Ausstattung variiert geringfügig, beispielsweise befindet sich im Kontext 2 ein Schrank. Übereinstimmend sind Sessel, Tische und die vier Container, die als Verstecke für das Gedächtnisexperiment dienen. Der Standort der Container unterscheidet sich zwischen den Kontexten, ebenso die kontextspezifischen Eigenschaften. Passend zur Spielküche befindet sich auf den Containern in Kontext 1 Geschirr, wohingegen medizinische Spielzeuginstrumente mit den Containern der Teddyklinik assoziiert sind.

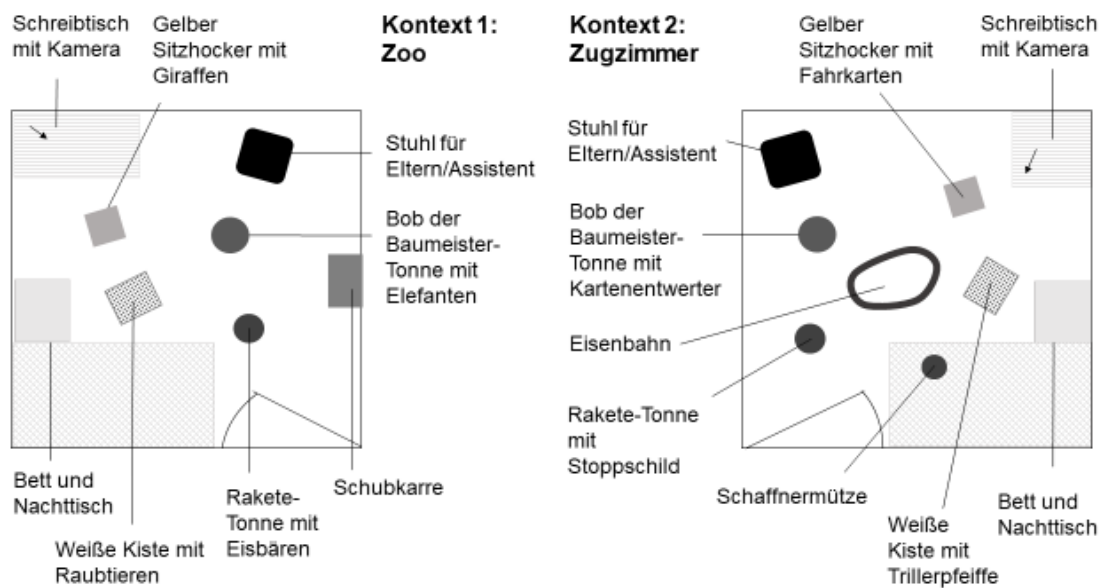


Abbildung 7 Raumpläne Labor B

Im Schlaflabor B befanden sich die zwei Kontexte Zoo und Zugzimmer. Größe und Proportionen der Räume waren nahezu identisch. Die Ausstattung variierte geringfügig. Übereinstimmend waren jeweils Bett, Nachttisch und die vier Container, die als Verstecke für das Gedächtnisexperiment dienen. Der Standort der Container unterschied sich zwischen den Kontexten, ebenso die kontextspezifischen Eigenschaften. Passend zum Zoo befanden sich bei den Containern in Kontext 1 verschiedene Tiere, sowie die Schubkarre eines Zoowärterers. Kontext 2 enthielt neben der Eisenbahn die Spielzeug-Ausstattung eines Zugführers, welche mit den Containern assoziiert war.

2.3.3.2 Familiarisierung des Kindes mit dem Kontext

Die Kinder wurden mit zwei verschiedenen Kontexten pro Studientermin familiarisiert. Die Familiarisierung fand im Spiel anhand eines Ablaufprotokolls (sh. Kap. 9.1 *Experimentaltermin*) statt. Für jeden Kontext existierten spielerische Vorgaben, durch die alle Kinder gleichermaßen dazu angeleitet wurden, den Kontext möglichst umfassend zu erkunden und zu verinnerlichen. Anfangs sollten die Kinder die Möglichkeit bekommen, sich eigenständig mit den Spielsachen zu beschäftigen. Nach einer Minute stieg der Versuchsleiter ins Spiel des Kindes ein

und stellte schrittweise den ganzen Kontext vor. Beispielsweise sagte er beim Erkunden der Spielküche: "Schau mal, wir haben hier eine Schürze! Willst du sie anziehen? Dann bist du ein richtiger Koch!" Jeder Container sollte von jedem Probanden geöffnet und inspiziert werden, um im Vorfeld des Versteckspiels bereits die Verstecke kennenzulernen. Eine entsprechende Anweisung lautete: "Kochst du mir ein Ei? Ich möchte mein Ei dort [spezifischer Container] essen. Komm wir schauen, ob was darin ist? Nein, dann können wir hier ja essen." Der Ablauf der Familiarisierung wurde vom Versuchsleiter in einem Protokollbogen (sh. Kap. 9.1 *Ablaufprotokoll Experimentaltermin*) dokumentiert und per Video aufgezeichnet. Jeder Proband verbrachte in der Familiarisierungsphase max. 15 min in einem Kontext.

2.3.3.3 Gedächtnisparadigma

Um einen Familiarisierungseffekt feststellen und den Einfluss des Schlafs darauf untersuchen zu können, wurde anschließend das kontext-spezifische Objekt-Ortsgedächtnis in den familiarisierten Kontexten untersucht. Das Gedächtnisparadigma orientierte sich eng am Vorgehen von Newcombe und Kollegen (Newcombe et al., 2014), wurde jedoch um einige Aspekte verändert. Zum Beispiel wurden stets Handpuppen versteckt, die keinen Bezug zum spezifischen Kontext aufwiesen.

Während der Enkodierung sollten die Versuchsteilnehmer die erste Puppe im ersten Kontext und anschließend die zweite Puppe im zweiten Kontext verstecken. An dieser Stelle veränderten wir das Paradigma von Newcombe (Newcombe et al., 2014) dahingehend, dass die Kinder selbst aktiv nach Anleitung des Versuchsleiters die Puppen versteckten. Die Reihenfolge der Kontexte bei der Enkodierung war gemäß Randomisierungsliste (sh. Kap. 9.2 *Randomisierungsliste*) vorgegeben. Die vier Container in jedem Kontext dienten als vier mögliche Verstecke für die Puppe. Die Zielcontainer in den beiden Kontexten unterschieden sich jeweils voneinander, sodass in einem Durchgang niemals derselbe Container in beiden Räumen das korrekte Versteck war. Die beiden Verstecke eines Durchgangs lagen sich in den beiden Räumen jeweils

gegenüber. Über zwei Durchgänge hinweg war die Reihenfolge der Zielcontainer zwischen den Versuchspersonen festgelegt.

Die Enkodierung lief also folgendermaßen ab: Zunächst wurden alle vier Container mit den Kindern inspiziert und gemeinsam festgestellt, dass sie leer waren: „Hast du gesehen, alle Verstecke sind leer?“ Der Versuchsleiter gab entsprechende Anweisungen an die Versuchsperson, wo sie die Puppe verstecken sollte. Um den Gedächtnisinhalt auf episodischer Ebene zu halten, sollten die Kinder das möglichst selbstständig tun. Jedes Kind wurde beim Verlassen des Raumes aufgefordert, sich gut zu merken, wo es die Puppe versteckt hatte. Anschließend wurde die zweite Puppe im zweiten Kontext im vorgegebenen Versteck auf dieselbe Art und Weise versteckt.

Nach der Enkodierung sollte das Kind eine Glocke läuten, die sich in einem dritten Raum in einiger Entfernung zu den beiden Kontexten befand. So sollte der Einfluss des letzten Raumes auf die Enkodierung möglichst reduziert werden. Im Gegensatz zu Newcombes Ablauf begann die anschließende Suche abwechselnd in jedem der beiden Kontexte, unabhängig davon, in welchem Raum die Enkodierung geendet hatte.

Die Suche der Puppen entsprach dem Abruf der zuvor kodierten Information über das Versteck der Puppen: Je nachdem, welcher Untergruppe das Kind angehörte, wurde der Abruf im selben Raum begonnen, in dem bereits die Enkodierung begann oder umgekehrt (sh. Kap. 2.2 *Design*).

Sobald das Kind den Raum betreten hatte, forderte der Versuchsleiter das Kind auf, die Puppe in ihrem Versteck zu suchen. Die Puppen wurden nicht beim Namen genannt, um einen Gedächtnishinweis auf semantischer Ebene zu vermeiden. Die Kinder sollten den Objektort rein auf Grundlage ihrer vorherigen Erfahrung in dem jeweiligen Kontext abrufen. Jedes geöffnete Versteck wurde im Protokollbogen dokumentiert, ebenso die Zeiten, die der Proband ab dem Betreten des Raumes benötigte, um alle korrekten und nicht korrekten Verstecke zu öffnen. Konnte die Versuchsperson das korrekte Versteck selbstständig finden wurde sie gelobt und die Suche im nächsten Raum fortgesetzt. Wurde das korrekte Versteck innerhalb von 2:30 Min nicht gefunden, öffnete der Versuchsleiter den korrekten Container und zeigte dem Kind, wo die Puppe war

und die Suche wurde im nächsten Raum fortgesetzt bzw. der nächste Durchgang begann.

Dadurch, dass die möglichen Verstecke sich unter den beiden Kontexten glichen, war es für die Versuchsteilnehmer nur dann möglich, das korrekte Versteck zu finden, wenn sie sich erinnern konnten, in welchem spezifischen Kontext sie welche Puppe in welchem Container bei der Enkodierung versteckt hatten.

2.3.3.4 Retentionsintervall

Um den Einfluss von Schlaf auf die Kontextualisierung von Gedächtnisinhalten zu erfassen, beinhaltete das Versuchsparadigma zwischen der Familiarisierungsphase und der zweiten Versuchsphase, bestehend aus Enkodierung und Abruf, ein Retentionsintervall. An zwei verschiedenen Terminen verbrachte jedes Kind jeweils ein Retentionsintervall schlafend und eines wachend. In der Wachbedingung konnten die Probanden die zweistündige Pause wach und ansonsten nach Belieben verbringen. In der Schlafbedingung machten alle Kinder ihren üblichen Mittagsschlaf. Je nach Bedarf nahmen die Kinder anschließend eine kleine Mahlzeit zu sich. Unmittelbar vor dem Schlafenlegen wurde den Kindern ein EEG, ein EOG (Elektrookulogramm) und ein EMG (Elektromyogramm) angelegt (sh. Kap. 2.3.3.5 *Schlafaufzeichnung*).

Die Kinder wurden nicht vorzeitig aus ihrem Mittagsschlaf aufgeweckt, sodass das Retentionsintervall in der Schlafbedingung länger als zwei Stunden dauern konnte (s.u.). Zusätzlich wurde den Kindern eine 30-minütige Pause zwischen dem Aufwachen aus dem Mittagsschlaf und dem Beginn des Versteckspiels gegeben. Mittels Elternfragebögen zum Retentionsintervall wurden Schlafdauer und besondere Vorkommnisse ermittelt. Die mittlere Schlafdauer betrug 86,72 min (Minimum 31 min, Maximum 152 min, SD 31,03). Die mittlere Dauer des Retentionsintervalls unter der Schlafbedingung betrug 194 min (Minimum 105 min, Maximum 353 min, SD 51,11). Unter der Wachbedingung betrug die mittlere Dauer des Retentionsintervalls 117 min (Minimum 68 min, Maximum 135 min, SD 15,94).

2.3.3.5 Schlafaufzeichnung

Das kleine tragbare Polysomnografie-Gerät der Firma SOMNOmedics (Modell: SOMNOscreen™ plus) diente dazu, eine polysomnografische Aufzeichnung des Mittagsschlafs der Kinder zu erheben. Zur Polysomnografie zählen die Erfassung von EEG, EOG und EMG. Das EEG wurde mit einer Samplingrate von 256 Hz aufgezeichnet, EOG und EEG mit 0,2-70 Hz und EMG mit 0,2-150 Hz (Klein, 2016). Die polysomnografische Ableitung umfasste EEG-Elektroden an Positionen des 10-20 Systems (Cz, C3, C4, sowie Referenzelektroden an den Positionen M1 und M2), einer Erdungselektrode, sowie zwei EOG- und zwei EMG-Elektroden. Die EOG-Elektroden wurden über der rechten Augenbraue und unterhalb des linken Auges, die beiden EMG-Elektroden jeweils am Kinn des Kindes angebracht (sh. *Abbildung 8*). Die EEG-Elektroden wurden je nach Compliance des Kindes entweder mittels einer EEG-Haube (EASYCAP GmbH, Deutschland) oder frei auf dem Kopf appliziert. Für die Ableitung wurden Silber-Silberchlorid-Ringelektroden genutzt. Als Leitmittel für die EEG-Elektroden wurde das Elektrolyt-Gel der Firma Easycap, für die EOG-, EMG-, und Referenzelektroden eine besser hautverträgliche Leitcreme (Kustomer Kinetics, Inc., Synapse Conductive Electrode Cream) verwendet. Um ein Austrocknen des Gels zu verhindern, wurden die Elektroden mit Klebestreifen verschlossen. Alle Elektrodenpositionen wurden vor Applikation mit Hautdesinfektionsmittel, jedoch nicht mit abrasiver Paste vorbehandelt, um die Leitfähigkeit zu erhöhen, die kindliche Haut jedoch nicht zu stark zu belasten. Die Zielwerte für die Impedanzen von max. 5 k Ω bzw. 10 k Ω im Gesicht konnten aufgrund mangelnder Kooperation der Kinder nicht immer erreicht werden.

Zwei Versuchspersonen tolerierten die EEG-Hauben nicht, weshalb in diesem Fall die leitende und gleichzeitig haftende Elektrodencreme EC2® (Genuine Grass Electrode Cream) und entsprechende Elektroden zur Anwendung kamen. Aufgrund schlechter Datenqualität, bedingt durch eingeschränkte Kooperation der Probanden und weitgehenden Verzicht auf abrasive Elektrodencreme, konnten die EEG-Aufzeichnungen im Rahmen der vorliegenden Dissertation nicht ausgewertet werden.



Abbildung 8 Schematische Darstellung der Elektrodenpositionen am Kopf
 Links: Ansicht von kranial. Rechts: Ansicht von frontal. Cz ist Referenzelektrode, G (Ground) ist Erdungselektrode. C3, C4, M1 und M2 dienen der Elektroenzephalografie, EOG1 und EOG2 der Erfassung von Augenbewegungen (Elektrookulografie) und EMG1 und EMG2 zeichnen den Muskeltonus auf (Elektromyografie). Die weißen Elektroden sind in die Elektrodenkappe integriert (Cz, C3, C4, G), die hellgrauen Elektroden kleben frei (EOG1, EOG2, EMG1, EMG2, M1, M2).

2.4 Testdauer und Tageszeiten

Wegen des individuellen Schlaf-Wach-Rhythmus' der Probanden und der folglich unterschiedlich langen Retentionsintervalle unterschied sich auch die Gesamtdauer der Testungen zwischen den Bedingungen schlaf und wach.

Unter der Schlafbedingung betrug die mittlere Gesamtdauer der Testungen $M = 293,84$ min (Range: 205-456 min, SD: 51,85). Unter der Wachbedingung betrug die mittlere Gesamtdauer der Testungen $M = 237,40$ min (Range: 170-260 min, SD: 24,21).

Die Tageszeiten, zu denen die Testungen der Schlafbedingung durchgeführt wurden, unterschiedenen sich von den Tageszeiten unter der Wachbedingung ebenfalls aufgrund des individuellen Schlaf-Wach-Rhythmus' der Kinder innerhalb und zwischen den Versuchspersonen. Ebenso unterschieden sich aus demselben Grund die Tageszeiten der Schlaf-Sessions zwischen den Versuchspersonen.

Die Testungen unter der Schlafbedingung begannen zwischen 10 Uhr morgens und 12:35 Uhr mittags. Die Testungen unter der Wachbedingung begannen zwischen 8:20 Uhr morgens und 15:20 Uhr nachmittags. Die großen zeitlichen Differenzen unter der Wachbedingung ergaben sich aus den verschiedenen habituellen Mittagsschlafzeiten der Kinder. Kinder, deren Mittagsschlaf üblicherweise früher beginnt, erschienen nach Beendigung des Mittagsschlafs am Nachmittag. Dagegen begann der Versuch bei Kindern mit vergleichsweise spätem Schlafrythmus bereits am Morgen, damit der Test vor eintretender Müdigkeit abgeschlossen werden konnte. Die Anzahl der Teilnehmer in den beiden Gruppen (Vormittag vs. Nachmittag, i.e. Beginn vor vs. nach 12 Uhr mittags) betrug $n=19$ vormittags und $n=6$ nachmittags.

Die Testungen unter der Schlafbedingung endeten zwischen 14:30 Uhr und 17:45 Uhr nachmittags. Die Testungen unter der Wachbedingung endeten zwischen 11:10 Uhr vormittags und 19:00 Uhr abends.

2.5 Erprobung des Versuchsparadigmas

Mit den ersten fünf Teilnehmern wurde zunächst erprobt, ob unser an Newcombe und Kollegen angelehntes Versuchsparadigma unter den gegebenen Bedingungen durchführbar und praktikabel war. Zu beachten galt im Besonderen die gewählte Altersgruppe, die Gegebenheiten der Schlaflabore, die Balancierung und Randomisierung der unabhängigen Variablen, sowie die Standardisierung der Rahmenbedingungen. Dementsprechend wurden die Bedingungen wie oben beschrieben festgelegt.

Beispielsweise wurden die Standorte der Container im Raum, sowie die Zielcontainer, nach der fünften Versuchsperson neu definiert und die Reihenfolge der Zielcontainer zwischen den Versuchspersonen über zwei Trials konstant gehalten, da sich herausstellte, dass für eine systematische Randomisierung der Zielcontainer zwischen den Versuchspersonen nicht genügend Studienteilnehmer zu erwarten waren.

Des Weiteren stellten wir fest, dass die Spielsachen, die Teil der Kontexte waren, für die Kleinkinder teilweise eine große Ablenkung vom Versteckspiel darstellten. Infolgedessen wurde bei drei Versuchsteilnehmern getestet, ob Enkodierung und Abruf ohne die Kontext-Spielsachen entscheidend besser durchführbar waren. Neben der Durchführbarkeit war jedoch die Präsenz des Kontextes essentiell für die o.g. Fragestellung. Daher wurden die Kontexte in der Folge nur um wenige Spielsachen reduziert, um ausreichend Kontextinformationen zur Erfüllung der Versuchsaufgabe zu gewährleisten.

Ebenso diente die Erprobungsphase zur Einarbeitung der Versuchsleiter in die Durchführung des vorgegebenen Ablaufs. Dabei wurde besonderer Wert auf die sprachlichen Anweisungen gelegt, die an die Kinder erfolgen sollten, um standardisierte Bedingungen zu gewährleisten.

2.6 Datenauswertung

Zur Auswertung der erhobenen Daten standen die originalen Protokollbögen (sh. Kap. 9.1 Ablaufprotokoll Experimentaltermin, sowie Videoaufnahmen der Testungen zur Verfügung.

2.6.1 Datenbereinigung

An der Studie nahmen 25 Versuchspersonen teil. Nicht alle Probanden konnten jedoch in der Auswertung berücksichtigt werden. Die Versuchspersonen 1-5 wurden aus der Auswertung aller Fragestellungen ausgeschlossen, da nach Abschluss ihrer Testungen Änderungen am Studiendesign vorgenommen wurden (vgl. Kap. 2.5 *Erprobung des Versuchsparadigmas*). Außerdem wurde Proband CS13 aufgrund ungenügender Kooperation sowohl von der statistischen, als auch von der qualitativen Datenauswertung ausgeschlossen. Folglich beinhaltete die Auswertung die Ergebnisse von 19 Versuchspersonen. Der Proband CS17 war während des Wachintervalls eingeschlafen. Trotzdem entschieden wir uns, das gesamte Sample in die Analyse mit aufzunehmen, da

wir alle Analysen sowohl mit als auch ohne diese Versuchsperson rechneten und sich die Ergebnisse nicht substantiell änderten.

2.6.2 Auswertung des Bayley II-Entwicklungstests

Insgesamt wurden 25 Kinder mit dem Bayley II-Entwicklungstest (Bayley, 2007) getestet. Aufgrund eines Verfahrensfehlers musste zusätzlich zu den ersten fünf Probanden (sh. Kap. 2.6.1 *Datenbereinigung*) zusätzlich ein Proband ausgeschlossen werden. Somit lagen für die Auswertung Ergebnisse von 19 Kindern vor. Die elf Jungen und neun Mädchen, deren Testergebnisse zur Auswertung herangezogen werden konnten, zeigten sich normal entwickelt. Die Testergebnisse wurden anhand des Mental Development Index (MDI) interpretiert. Der Mittelwert (M) des MDI liegt bei 100, die Standardabweichung (SD) bei 15. „Ein Indexwert von 100 auf der Skala zeigt eine durchschnittliche Leistung des Kindes in einer bestimmten Altersgruppe an“ (Bayley, 2007, S. 173). Die Indexwerte der getesteten Kinder reichten von einem Minimum von 82 über einen Median von 99 bis zum Maximum von 114. Bei der Entscheidung für oder wider den Einschluss in die Studie legten wir Wert darauf, dass die potentiellen Teilnehmer den Durchschnittswert nicht zu weit unterschritten. So konnten wir davon ausgehen, dass keine kognitiven Einschränkungen vorlagen, die die Durchführung des Experiments störten. Weniger ausschlaggebend hierfür waren die maximalen kognitiven Potentiale der Kinder. Daher verzichteten wir auf die Erhebung des exakten Entwicklungsalters und testeten lediglich die Minimalanforderungen.

2.6.3 Qualitative Analyse

Anhand der Originalprotokolle und Videoaufzeichnungen wurde das Verhalten der Kinder im Experiment analysiert, um zu beurteilen, wie aussagekräftig die Antworten der Probanden in Bezug auf die tatsächliche Gedächtnisleistung war. Hierzu diente ein standardisierter Protokollbogen (Kap. 9.3 *Protokollbogen für die*

qualitative Analyse der Verhaltensdaten). Ausgehend von der Beurteilung der Videos wurden alle Antworten der Kinder in zwei Kategorien klassifiziert: zielgerichtet oder nicht zielgerichtet. Als zielgerichtetes Vorgehen im Abruf wurde definiert: Die Versuchsperson deckt Verstecke zielgerichtet auf, i.S.v. nicht zufällig; die Versuchsperson lässt sich höchstens geringfügig vom Versteckspiel ablenken und folgt größtenteils aufmerksam und motiviert den Spielvorgaben. Bei der Kategorisierung wurden sowohl die verbale, als auch die nonverbale Kommunikation der Kinder berücksichtigt. Hinweise auf zielgerichtetes Verhalten bei der Videoanalyse konnten z.B. Zeichen der Reflexion zur Entscheidungsfindung sein, wie ein kurzes Innehalten oder eine bewusste Richtungsänderung hin auf ein Versteck. Mitunter äußerten die Kinder ihre Gedanken laut und teilten ihre Einsichten explizit mit. Kap. 3.7 *Einflussfaktoren auf die Gedächtnismaße aus der qualitativen Verhaltensanalyse* befasst sich mit der Auswertung der qualitativen Daten.

Als weiteres Maß für die Motivation und Konzentration der Probanden beim Experiment diente die Anzahl der absolvierten Versuchsdurchgänge.

2.6.4 Statistische Analyse

2.6.4.1 Datenaufbereitung

Als abhängiges Maß, um den Einfluss des Schlafs auf die Konsolidierung der verschiedenen Kontexte nach Familiarisierung untersuchen zu können, diente die Korrektheit des ersten Antwortversuches in jedem Kontext eines Durchgangs. Um zu beschreiben, inwieweit die Kinder die beiden Kontexte voneinander unterscheiden konnten, wurden ihre Antwortversuche in drei Kategorien klassifiziert (Newcombe et al., 2014): der korrekte Container im korrekten Kontext als *vollständig korrekte Antwort*, der korrekte Container in falschem Kontext als *semantisch korrekte Antwort* und Container, die in keinem Kontext des aktuellen Lerndurchgangs als Versteck dienten, als *Fehler*. Die Summe aller semantisch korrekten Antworten beinhaltete sowohl die vollständig korrekten, als auch die semantisch korrekten Antworten. Anders ausgedrückt bzw. handelt es sich bei

den *vollständig korrekten Antworten* um eine Teilmenge der *semantisch korrekten Antworten*. Gaben die Kinder eine *semantisch korrekte Antwort*, ist davon auszugehen, dass sie die Verstecke im Rahmen einer Hippocampus-unabhängigen Gedächtnisleistung als bekannt wahrnehmen (*recognition*), jedoch die Kontextinformation in ihre Entscheidung nicht mit einbezogen. Kontext-abhängiges, hippocampales Gedächtnis ermöglicht hingegen ein Wiedererinnern (*recollection*) an zusammenhängende Informationen bis hin zu ganzen Episoden. Dieses Wiedererinnern führt zu vollständig korrekten Antworten (vgl. Kap. 1.1.3.5 *Die Entwicklung von recognition zu recall memory*). Das Verhältnis der vollständig korrekten Antworten gegenüber allen semantisch korrekten Antworten (*vollständig korrekte* und sonstige *semantisch korrekte*) gibt Aufschluss über den Grad der Kontextintegration. Dieser **Integrationsindex** kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Dabei bedeutet 1, dass die Kinder stets das vollständig korrekte, jedoch nie das semantisch korrekte Versteck des anderen Raumes wählten. Ein Wert von 0 bedeutet demnach, dass die Kinder ausschließlich semantisch korrekte Antworten gaben, jedoch nie korrekt antworteten. In dem Fall, dass die Kinder zwar über *recognition memory* verfügen, die Kontextinformationen in ihre Entscheidung jedoch nicht mit einbeziehen, ist gemäß der Ratewahrscheinlichkeit ein Wert von 0,5 zu erwarten. In einer weiterführenden Auswertung (sh. Kap 3.7.2 *Abhängigkeit der Verhaltensdaten von den Retentionsbedingungen*) wurde außerdem die Gesamtzahl der benötigten Antwortversuche bis zur richtigen Lösung in allen absolvierten Durchgängen berücksichtigt.

2.6.4.2 Statistische Datenauswertung

Alle Tests wurden jeweils für den ersten Durchgang beider Experimentaltermine eines Kindes, sowie für die Gesamtheit aller Durchgänge eines Kindes durchgeführt. Ein Durchgang beinhaltete den Abruf in zwei Kontexten. Zwischen den Versuchspersonen unterschied sich die maximale Anzahl an Durchgängen abhängig von der Kooperation und Belastbarkeit der Kinder.

Die statistische Datenauswertung wurde mit R (R Core Team, 2019) unter Verwendung des Pakets ez (Lawrence, 2016) durchgeführt. Für die Analyse der zentralen abhängigen Variablen nutzten wir vornehmlich parametrische Verfahren wie Varianzanalysen für Messwiederholungen und t-Tests für abhängige Stichproben für post-hoc-Tests. Für die Visualisierung nutzten wir das Paket ggplot2 (Wickham, 2016). Statistische Signifikanz wurde bei $p \leq 0,05$ angenommen.

3 Ergebnisse

3.1 Nachweis der allgemeinen, unspezifischen Gedächtnisleistung durch die Fehlerrate

Wenn die Kinder im Experiment weder auf das Wiederkennen noch auf das Erinnern zurückgreifen konnten (vgl. Kap. 1.1.3.5 *Die Entwicklung von recognition zu recall memory*), erwarteten wir eine Antwort, die weder korrekt noch semantisch korrekt war, d.h. einen *Fehler* (vgl. Kap. 2.6.4.1 *Datenaufbereitung*). Die Fehlerrate ist somit ein Maß für die totale, unspezifische, Gedächtnisleistung unabhängig vom Gedächtnissystem (*recollection* oder *recognition*). Um dieses zu untersuchen, betrachteten wir zunächst die *Fehler* der *ersten Antwort* in beiden Kontexten des ersten Versuchsdurchgangs. Die beobachtete Fehlerrate der Kinder lag mit $M = 0,19$ ($SD = 0,30$) deutlich unter dem durch Zufall erwarteten Niveau von 0,5; $t(17) = -6,12$; $p < 0,001$. Dieser Gedächtniseffekt bleibt auch bestehen, wenn *wiederholte Versuchsdurchgänge* in die Analyse mit einbezogen werden, $M = 0,26$ ($SD = 0,11$); $t(17) = -8,50$; $p < 0,001$. Die Fehlerrate hing dabei nicht signifikant vom Versuchsdurchgang ab (sh. *Abbildung 9*); $\chi^2(3) = 3,13$; $p > 0,250$.

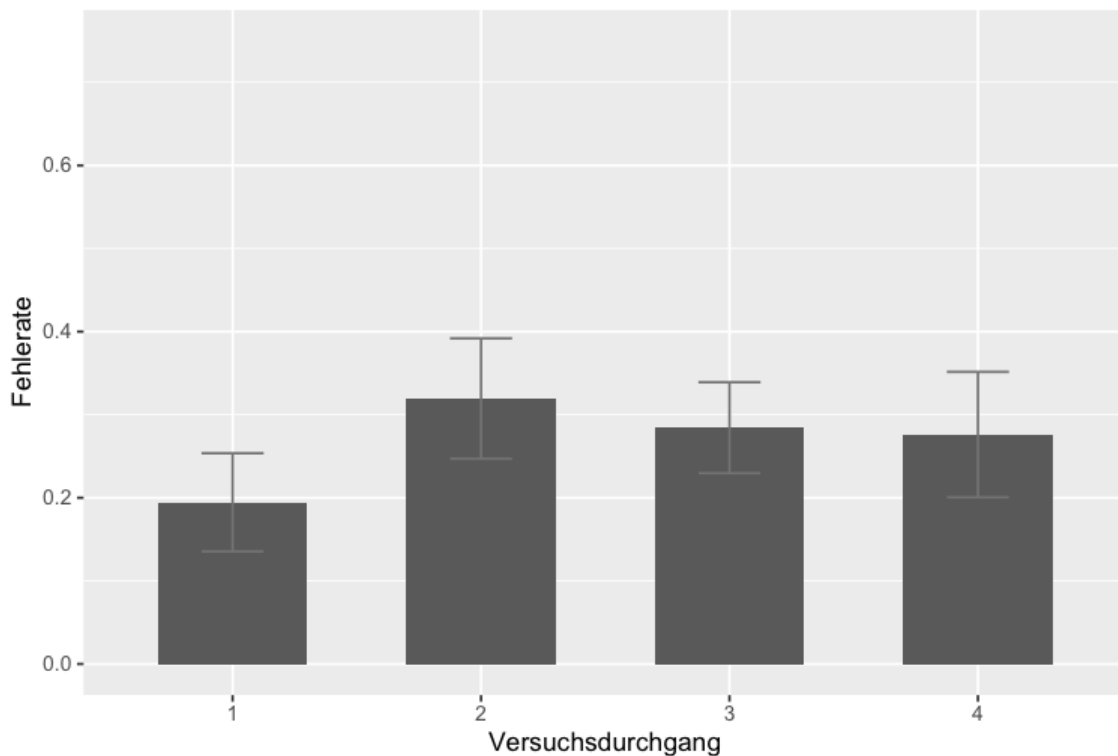


Abbildung 9 Mittlere Fehlerrate (+/- Standardfehler) in Abhängigkeit vom Versuchsdurchgang
 Die vier Durchgänge eines Experiments bilden die vier Kategorien auf der x-Achse. Die Fehlerrate auf der y-Achse bezieht sich auf alle Antworten, die nicht den Kategorien semantisch korrekt oder vollständig korrekt zugeordnet werden können. Die Höhe der Balken markiert den Mittelwert der Fehlerrate. Die Fehlerbalken sind die Standardfehler des Mittelwerts. Die Fehlerrate lag in allen Versuchsdurchgängen deutlich unter dem Zufallsniveau von 0,5 und ist unabhängig vom jeweiligen Versuchsdurchgang.

3.2 Nachweis der Kontextintegration anhand des Integrationsindex

Um über die allgemeine Gedächtnisleistung der Kinder hinaus zu beurteilen, inwieweit ihre Antworten auf dem reinen Wiedererkennen der Container basierten oder sich vielmehr an den konkreten Container im konkreten Kontext erinnerten, nutzten wir den **Integrationsindex** (sh. 2.6.4.1 Datenaufbereitung). Dieser Index beschreibt das Verhältnis aus vollständig korrekten Antworten und der Gesamtheit semantisch und vollständig korrekter Antworten. Sollten die Kinder stets Kontextinformationen mit einbeziehen, erwarten wir einen Index von 1 und sollten die Kinder Kontextinformationen außer Acht lassen, erwarten wir

einen Index von 0,5. Die Daten zeigten, dass die Kinder in der Lage waren, die Kontextinformation in ihren Gedächtnisabruf mit einzubeziehen. Mit $M = 0,69$ ($SD = 0,31$) lag der Integrationsindex der *ersten Antwort* deutlich über dem Zufallsniveau von 0,5; $t(17) = 2,55$; $p = 0,021$. Dies traf auch zu, wenn *spätere Versuchsdurchgänge* in die Analyse mit aufgenommen wurden, $t(17) = 4,04$; $p < 0,001$; wobei die Kontextintegration nicht vom Versuchsdurchgang abhängig war, $\chi^2(3) = 1,89$; $p > 0,250$ (sh. *Abbildung 10*).

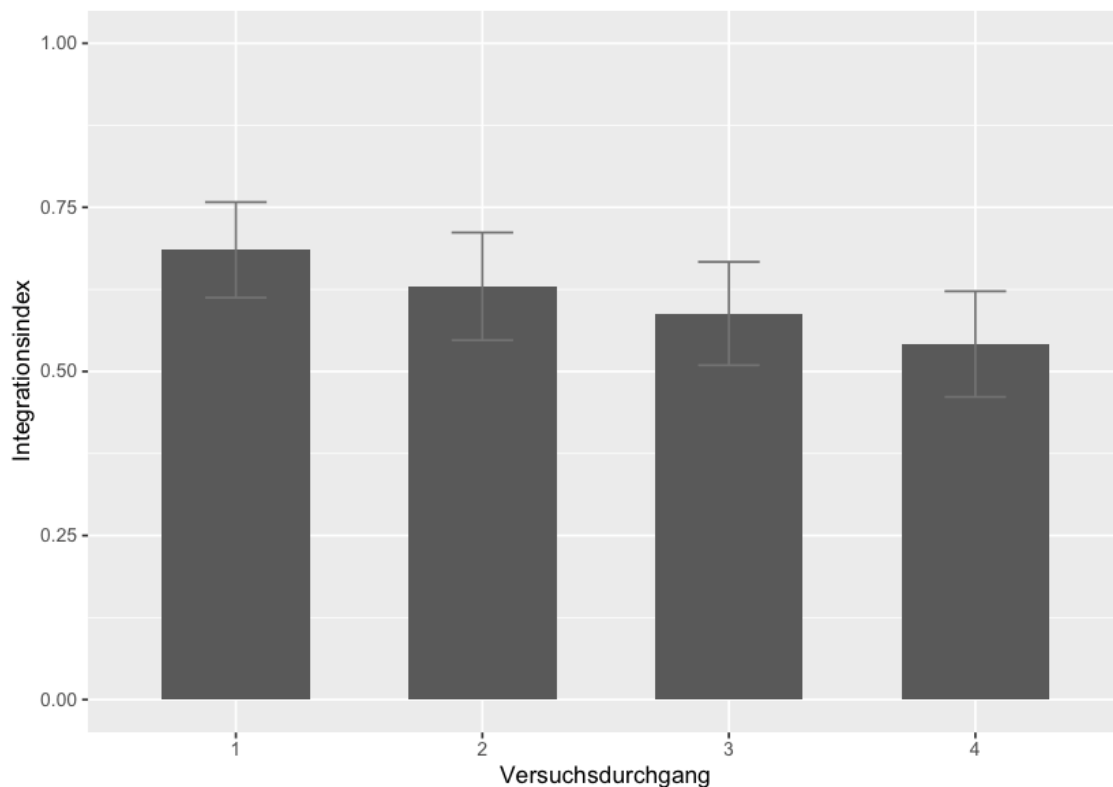


Abbildung 10 Integrationsindex in Abhängigkeit vom Versuchsdurchgang

Die vier Durchgänge des Experiments bilden die vier Kategorien auf der x-Achse. Der Integrationsindex auf der y-Achse ergibt sich aus dem Verhältnis der vollständig korrekten Antworten zur Gesamtheit aus vollständig korrekten und semantisch korrekten Antworten. Damit bildet der Index ein Maß für die erfolgte Kontextintegration. Ein Wert von 1 ist zu erwarten, wenn die Kinder die Kontextinformationen bei allen Antworten einbeziehen. Lassen sie die Kontextinformationen stets außer Acht ist ein Wert von 0,5 zu erwarten. Der Integrationsindex ist dargestellt als Mittelwert +/- Standardfehler. Der mittlere Integrationsindex liegt in allen Versuchsdurchgängen signifikant höher als das Zufallsniveau von 0,5 und ist unabhängig vom jeweiligen Versuchsdurchgang.

3.3 Einfluss von Schlaf auf die allgemeine, unspezifische Gedächtnisleistung anhand der Fehlerrate

Um den Effekt des Schlafs auf die frühkindliche Gedächtnisbildung zu untersuchen, betrachteten wir zunächst die **Fehlerrate** im *ersten Versuchsdurchgang* nach dem Retentionsintervall um allgemein förderliche Effekte des Schlafs auf Prozesse des Enkodierens und Abrufs sichtbar zu machen. Es zeigte sich dabei kein förderlicher Schlafeffekt, $t(17) = 0$ (sh. *Abbildung 11*). Dieses Ergebnis zeigte sich auch, wenn *spätere Versuchsdurchgänge* mit in die Analyse einbezogen wurden, $t(17) < 1$.

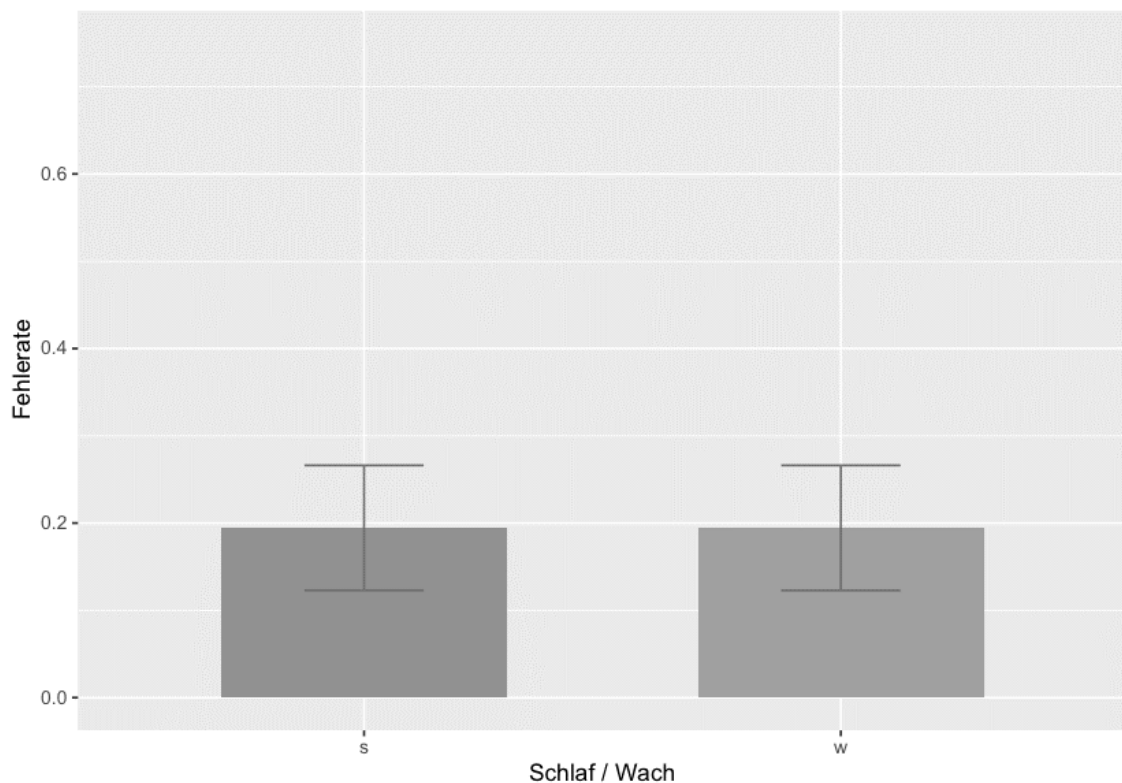


Abbildung 11 Mittlere Fehlerrate der ersten Antwort im Vergleich zwischen den Retentionsbedingungen Schlaf vs. Wach

Die Kategorien der Retentionsbedingung Schlaf vs. Wach sind der x-Achse zugeordnet. Die mittlere Fehlerrate, die der y-Achse zugeordnet ist, liegt unter beiden Bedingungen deutlich unterhalb des Zufallsniveaus von 0,5. Es ist kein Unterschied zwischen den Bedingungen erkennbar. Die whiskers markieren den Standardfehler des Mittelwerts.

Wir erweiterten das einfache Schlaf-/Wach-Modell, um den *Einfluss der Abrufreihenfolge* der Räume (vgl. 2.2 *Design*) auf die Fehlerrate statistisch zu

kontrollieren. Hierbei zeigte sich eine Interaktion zwischen der Retentionsbedingung (Schlaf vs. Wach) und der Abrufreihenfolge (gleicher Raum zuerst vs. anderer Raum zuerst). Nach einem Wachintervall waren die Versuchsteilnehmer wesentlich stärker durch die Raumreihenfolge beeinflusst als nach dem Schlaf, $\chi^2(1) = 6,26; p = 0,012$.

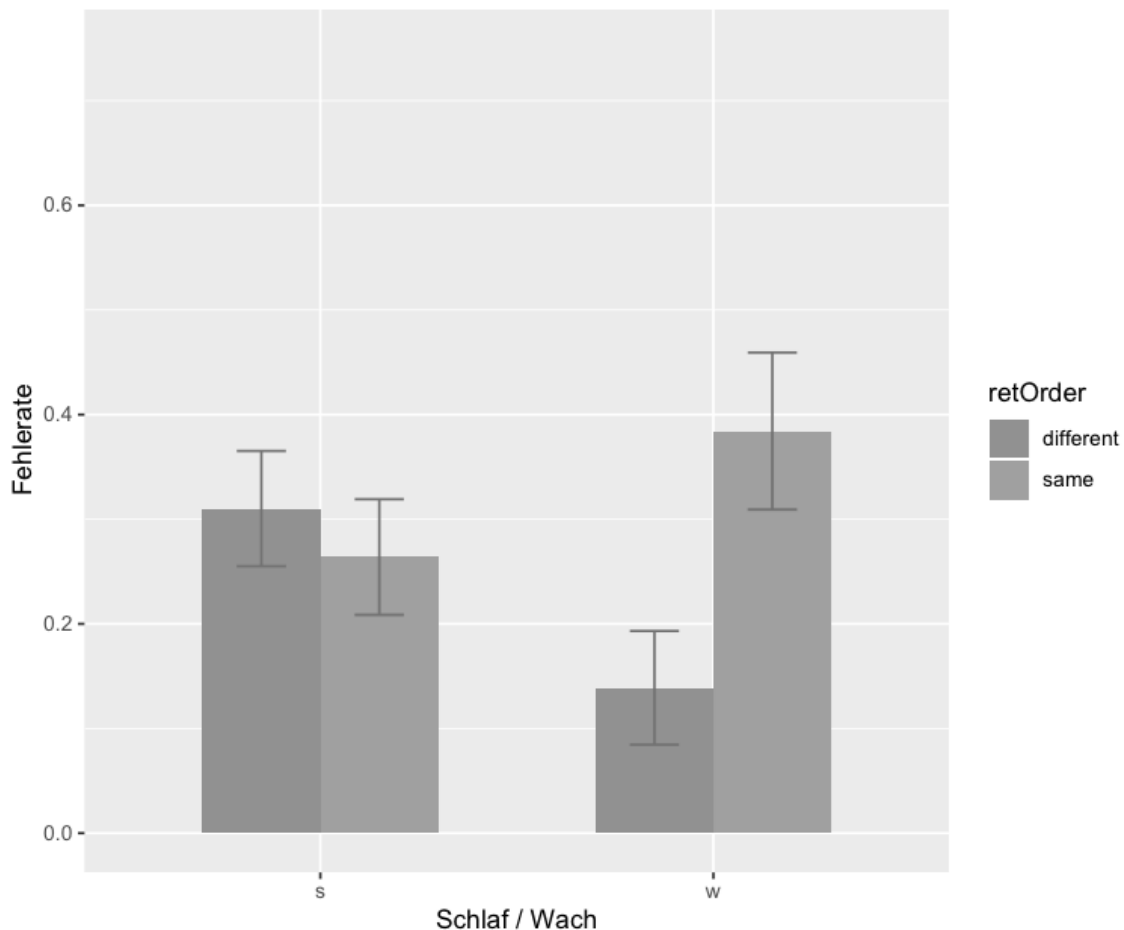


Abbildung 12 Zusammenhang zwischen Fehlerrate, Retentionsbedingung und Abrufbedingung

Getrennte Darstellung der mittleren Fehlerrate (+/- Standardfehler) für beide Abrufbedingungen, gleicher vs. anderer Raum zuerst, im Vergleich zwischen den Retentionsbedingungen Schlaf und Wach. In der Wachbedingung zeigt sich eine deutliche Differenz zwischen der Fehlerrate unter den verschiedenen Abrufbedingungen. Nach einem Wachintervall liegt die Fehlerrate unter der Abrufbedingung gleicher Raum zuerst wesentlich höher als unter der Bedingung anderer Raum zuerst.

3.4 Einfluss von Schlaf auf die Kontextintegration anhand des Integrationsindex – Test auf zentrale Hypothese

Unsere zentrale Hypothese, dass der Schlaf zu einer stärkeren Familiarisierung mit den präsentierten Kontexten führt, untersuchten wir mittels des **Integrationsindex**. Wir erwarteten, dass die Integration des räumlichen Kontexts mit größerer Vertrautheit mit dem Kontext zunehmen sollte und dass diese Vertrautheit durch den Schlaf vermittelt wird. Unsere Daten bestätigten diese Hypothese jedoch zunächst nicht, wenn wir den *ersten Versuchsdurchgang* nach dem Retentionsintervall betrachteten: Der Integrationsindex zeigte sich unbeeinflusst von der Retentionsbedingung, $t(17) < 1$ (sh. *Abbildung 13*); der Schlaf führte hier also nicht zu einer stärkeren Einbeziehung des Kontextes während des Gedächtnisabrufs.

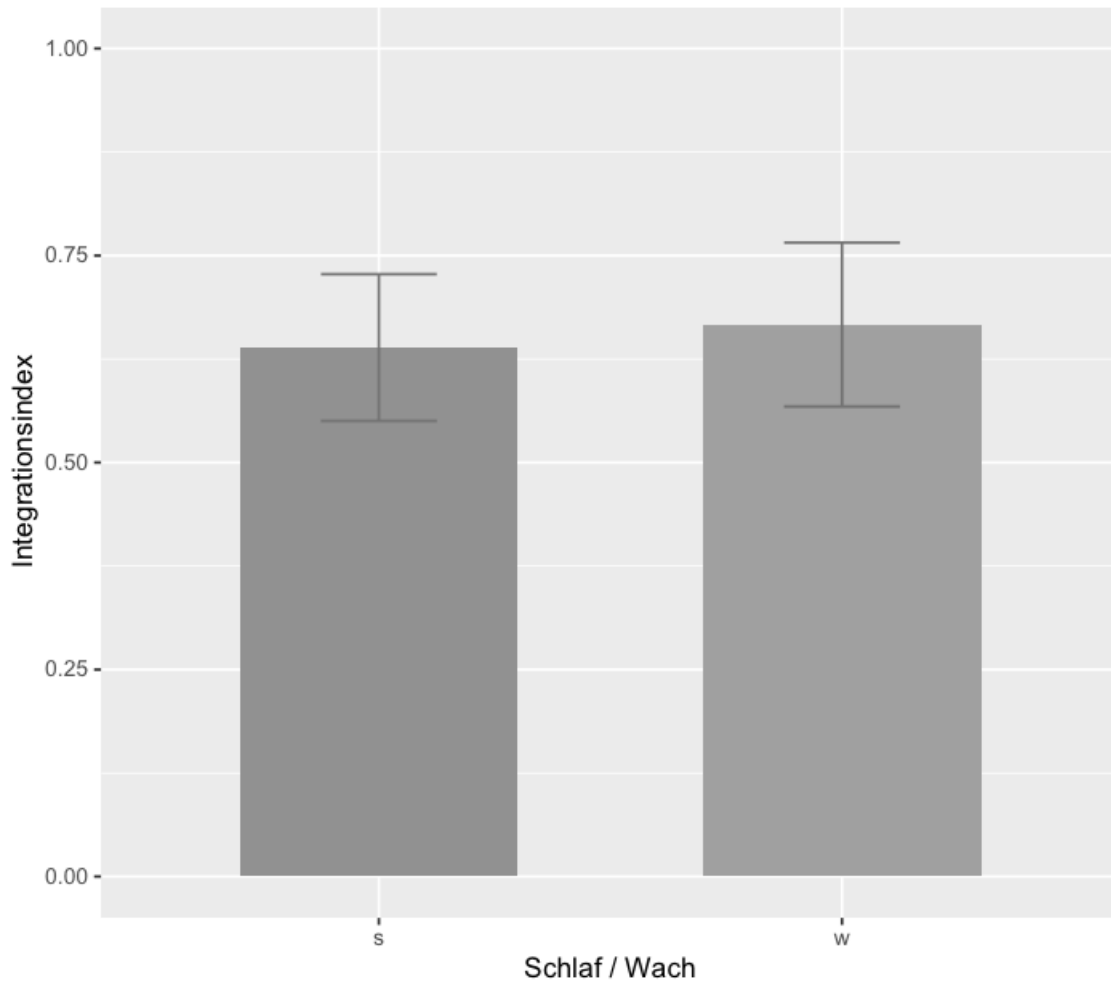


Abbildung 13 Integrationsindex der ersten Antwort im Vergleich zwischen den Retentionsbedingungen Schlaf und Wach
 Die Retentionsbedingungen sind auf der x-Achse aufgetragen, links die Daten der Schlafbedingung, rechts die der Wachbedingung. Der mittlere Integrationsindex, aufgetragen auf der y-Achse, liegt in beiden Bedingungen über dem Zufallsniveau von 0,5. Es zeigt sich kein Einfluss der Retentionsbedingung auf den Integrationsindex. Die whiskers markieren den Standardfehler des Mittelwerts.

Bezieht man jedoch auch *spätere Versuchsdurchgänge* in die Analyse ein, zeigte sich im Trend ein hypothesenkonformes Muster. Hier war der Integrationsindex in der Schlafbedingung gegenüber demjenigen nach der Wachbedingung leicht erhöht, $t(17) = 1,86$; $p = 0,089$; $d = 0,61$. Die oben beschriebene allgemeine, kontextunabhängige Fehlerrate unterschied sich hingegen nicht zwischen den Bedingungen.

In einem erweiterten Modell, das den *Einfluss der Abrufbedingung* (gleicher vs. anderer Raum zuerst) mit einbezieht, konnte dieser Trend bestätigt werden:

$F(1,17) = 3,66$; $p = 0,073$; $\eta_p^2 = 0,06$. Es zeigte sich ein höherer Integrationsindex nach Schlaf als nach Wachheit, wobei – im Gegensatz zur Analyse der Fehlerraten – die Raumreihenfolge diesen Effekt nicht zusätzlich beeinflusste, $F(1,17) < 1$ (sh. *Abbildung 14*).

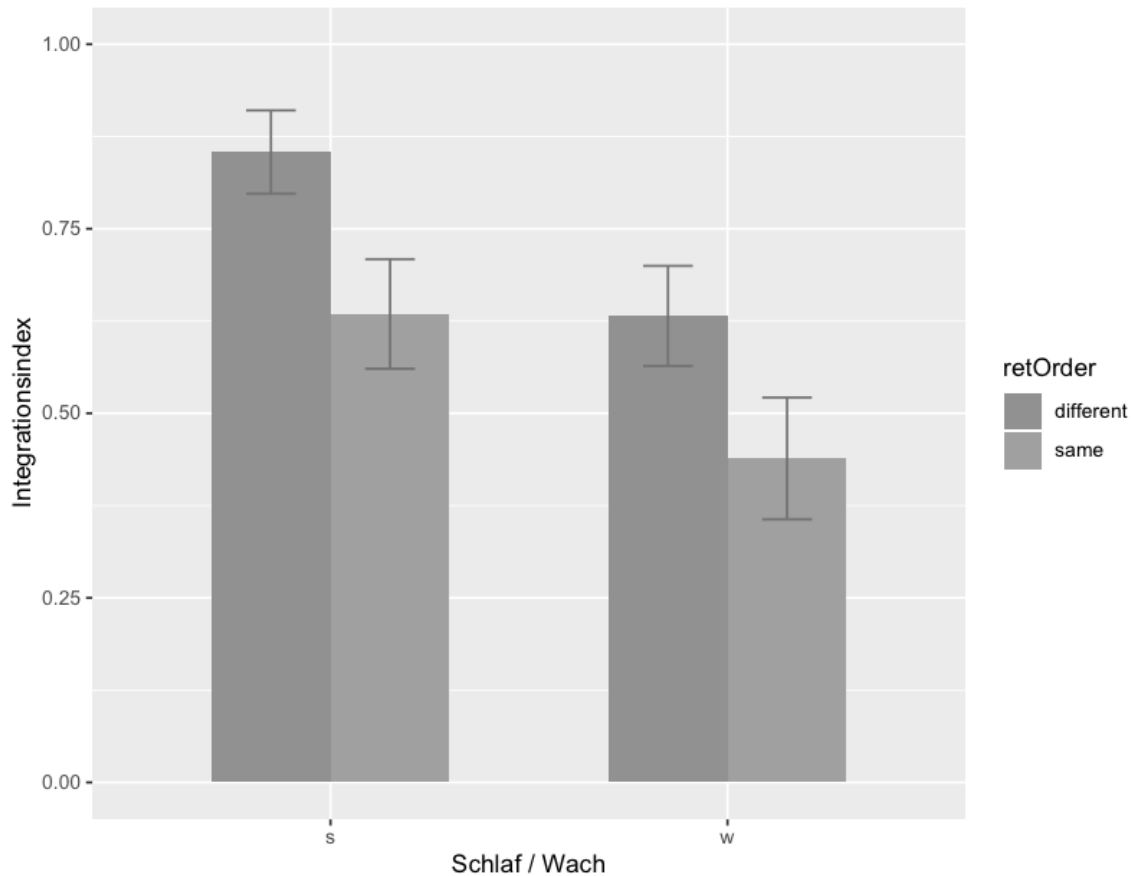


Abbildung 14 Zusammenhang zwischen Integrationsindex, Retentionsbedingung und Abrufbedingung
Getrennte Darstellung des mittleren Integrationsindex (+/- Standardfehler) für beide Abrufbedingungen, gleicher vs. anderer Raum zuerst, im Vergleich zwischen den Retentionsbedingungen Schlaf und Wach. Der Integrationsindex nimmt unter der Schlafbedingung höhere Werte an als unter der Wachbedingung. Dieser Unterschied erreicht jedoch keine statistische Relevanz. Es ist kein Einfluss der Abrufbedingung auf den Schlafeffekt auf Kontextintegration zu sehen.

3.5 Betrachtung von Nebeneffekten

Die vorliegende Studie wurde mit großer Sorgfalt geplant, um den möglichen Einfluss konfundierender Variablen zu minimieren. Hierbei standen vor allem die

Abrufreihenfolge, der Untersuchungstag, das Alter und das Geschlecht im Mittelpunkt.

3.5.1 Einfluss der Abrufbedingung

Die Abrufbedingung (sh. Kap. 2.2 *Design*) ist eine zentrale Designvariable, da sie potentiell kontext-sensitives bzw. -insensitives Verhalten bedingen kann: Wenn die Versuchsteilnehmer beim Abruf unreflektiert den beim Lernvorgang zuletzt gesehen Container wählen, ist zu erwarten, dass es zu einer vollständig korrekten Antwort kommt, wenn die Kinder in den selben Kontext zurückgeführt werden. Dagegen ist eine semantisch korrekte Antwort zu erwarten, wenn sich der Kontext zwischen letztem Lernen und erstem Abruf ändert. Entsprechend dieser Hypothese ist hier nur ein geringer Effekt der Abrufbedingung auf die Fehlerrate zu erwarten, da diese unabhängig vom Kontext sein sollte. In Übereinstimmung mit diesen Überlegungen konnten wir unter Berücksichtigung aller Durchgänge keinen Effekt der Abrufbedingung auf die **Fehlerrate** feststellen, $\chi^2(1) = 2,24$; $p = 0,134$. Dem gegenüber steht ein starker Effekt der Abrufbedingung auf den **Integrationsindex**. $F(1,17) = 7,83$; $p = 0,012$; $\eta_p^2 = 0,11$; wobei die Integration des Kontextes in der Abrufbedingung *anderer Raum zuerst* deutlich stärker war, die Kinder also während des Abrufs zunächst in denjenigen Kontext zurückkehrten, in dem sie zuletzt gelernt hatten (sh. *Abbildung 15*).

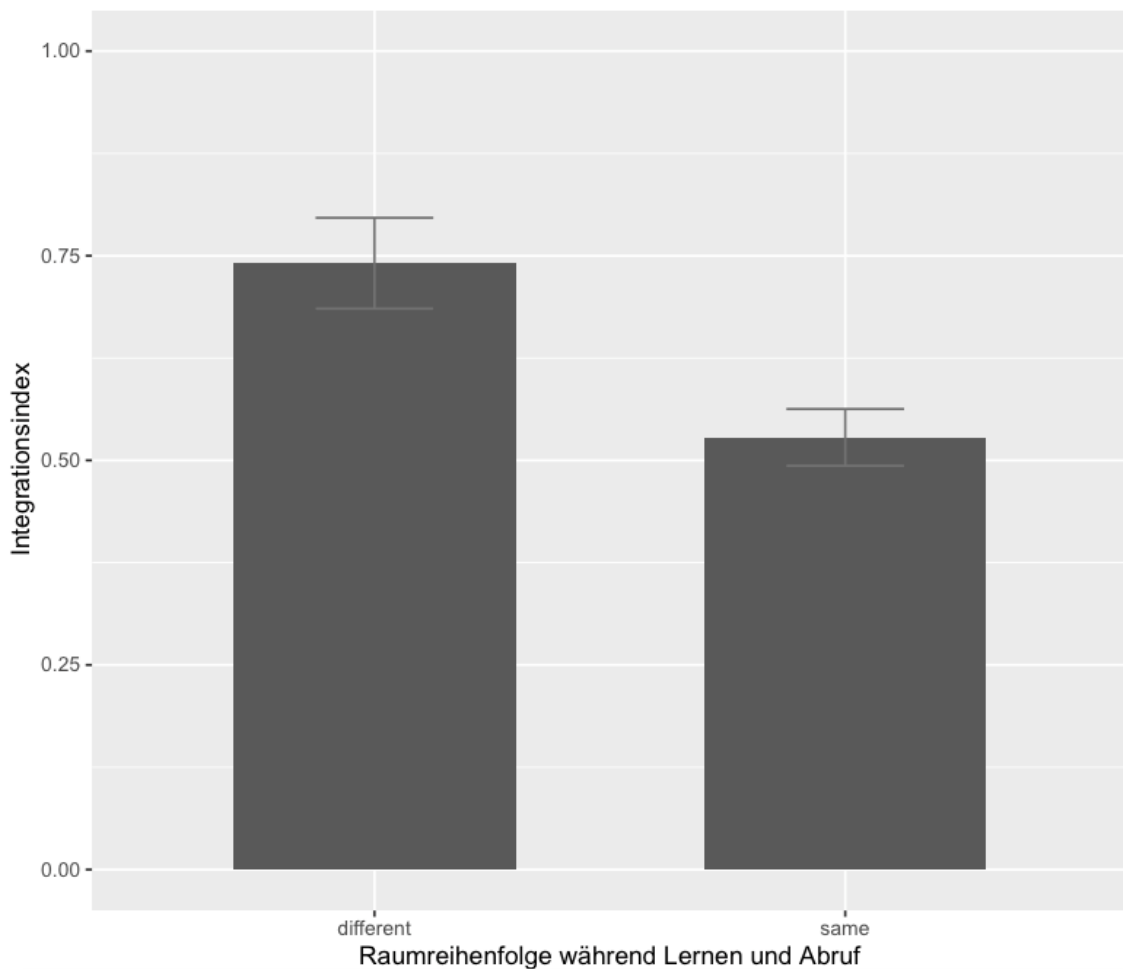


Abbildung 15 *Abhängigkeit des Integrationsindex von der Abrufbedingung*
Auf der x-Achse sind die beiden Kategorien der Abrufbedingung, gleicher Raum zuerst und anderer Raum zuerst, aufgetragen. Der Integrationsindex als Maß für die Integrationsleistung, aufgetragen an der y-Achse, liegt unter der Abrufbedingung gleicher Raum zuerst im Bereich des Zufallsniveaus. Im klaren Unterschied dazu erreichen die Probanden unter der Bedingung anderer Raum zuerst Werte um einen Mittelwert von 0,75. Dargestellt sind die Mittelwerte +/- Standardfehler.

3.5.2 Einfluss des Versuchstages und der Reihenfolge der Retentionsbedingungen (Schlaf zuerst/Wach zuerst)

Um die Teststärke für die Schlaf-/Wachmanipulation zu maximieren, wählten wir hier ein Messwiederholungsdesign (sh. Kap. 2.3 *Versuchsablauf und Versuchsaufgabe*). Obgleich wir ein Intervall von wenigstens zwei Wochen zwischen den einzelnen Testterminen einhielten und die Versuchstage in unterschiedlichen Örtlichkeiten stattfanden, sind Reihenfolgeeffekte nicht

vollständig auszuschließen. In der Analyse aller Durchgänge ergab sich jedoch kein reliabler Versuchstageffekt für die **Fehlerrate**, $\chi^2(1) < 1$ (sh. *Abbildung 16*). Des Weiteren war der Effekt der Schlaf-/Wach-Manipulation unabhängig davon, ob die Kinder zunächst geschlafen oder gewacht hatten, $\chi^2(1) < 1$.

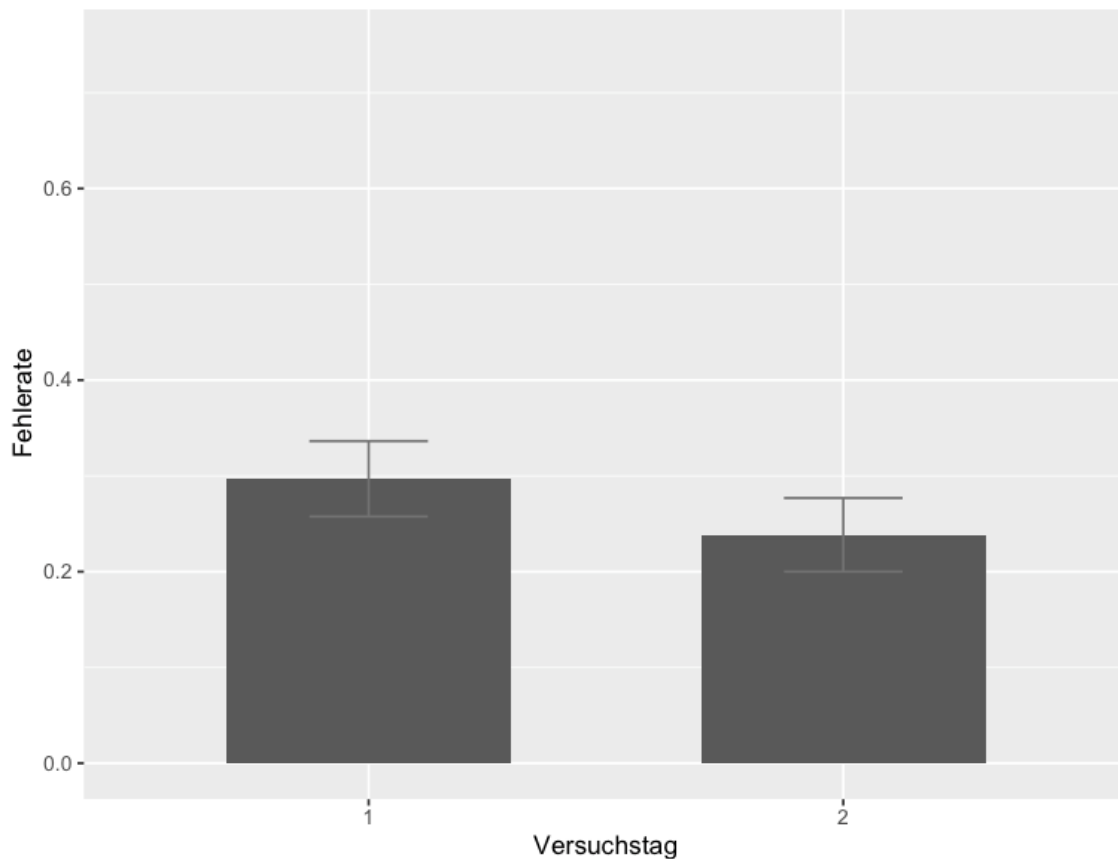


Abbildung 16 *Abhängigkeit der mittleren Fehlerrate (+/- Standardfehler) vom Versuchstag*
Auf der x-Achse sind die beiden Kategorien erster Versuchstag und zweiter Versuchstag eines Probanden aufgezeigt. Die Fehlerrate, welche der y-Achse zugeordnet ist, liegt in beiden Kategorien deutlich niedriger als das Zufallsniveau von 0,5. Die Werte der verschiedenen Versuchstage weichen nur geringfügig voneinander ab.

Der gleiche Befund zeigte sich in Bezug auf die **Kontextintegration**. Auch hier hatte der Versuchstag keinen reliablen Einfluss auf die Integrationsleistung, $F(1,16) = 1,62$; $p = 0,220$; $\eta_p^2 = 0,05$ (sh. *Abbildung 17*). Es zeigte sich auch kein Effekt der Reihenfolge der Retentionsbedingung (Schlaf zuerst vs. Wach zuerst) auf den Schlafeffekt, $F(1,16) = 1,16$; $p = 0,296$; $\eta_p^2 = 0,03$.

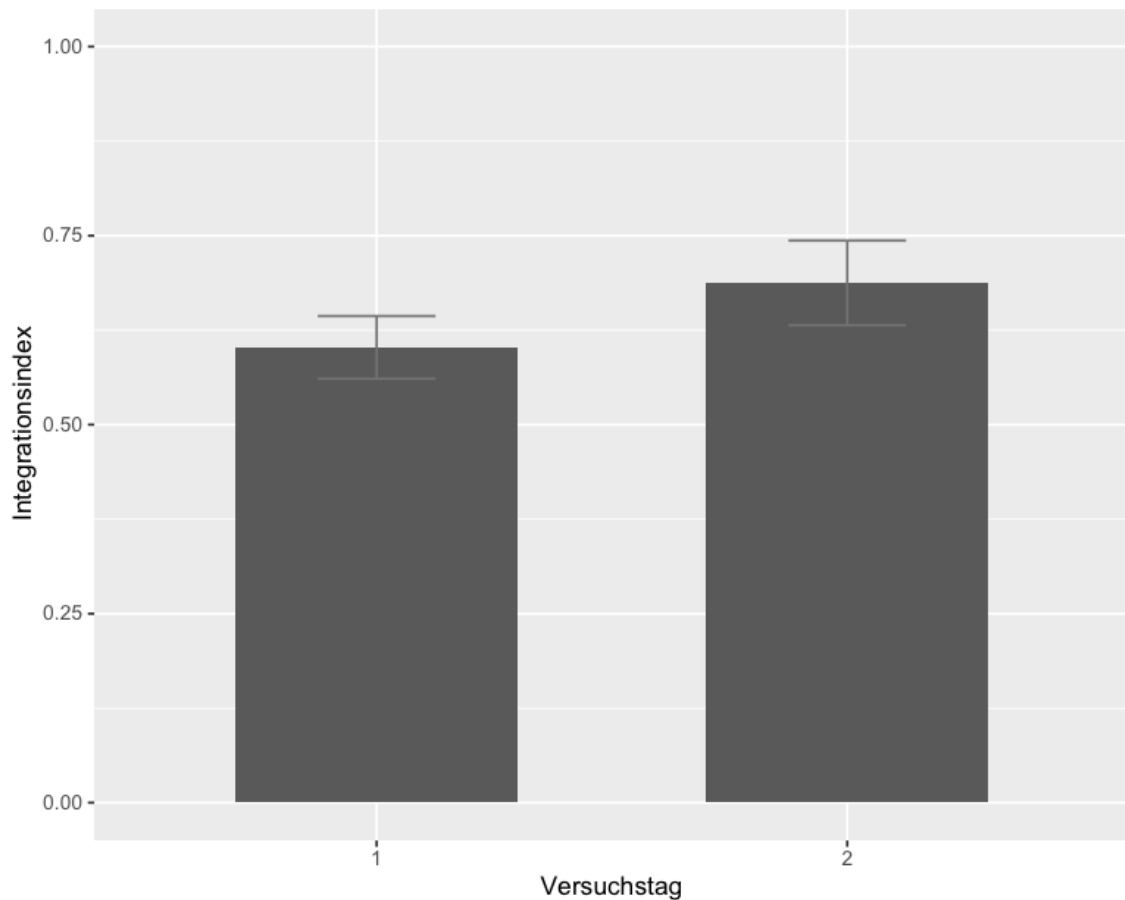


Abbildung 17 Abhängigkeit des mittleren Integrationsindex (+/- Standardfehler) vom Versuchstag

Auf der x-Achse sind die beiden Kategorien erster Versuchstag (links) und zweiter Versuchstag (rechts) eines Probanden aufgezeigt. Der Integrationsindex, welcher der y-Achse zugeordnet ist, liegt in beiden Kategorien über dem Zufallsniveau von 0,5. Die Werte der verschiedenen Versuchstage weichen nur geringfügig voneinander ab.

3.5.3 Einfluss des Alters und des Geschlechts

Zuletzt betrachteten wir den Effekt interindividueller Variablen wie des Alters und des Geschlechts auf die zentralen abhängigen Maße unserer Studie.

Aufgeteilt in zwei Gruppen entsprechend eines Median-Splits, zeigte sich kein allgemeiner **Alterseffekt** für die Fehlerrate, $\chi^2(1) < 1$ (sh. *Abbildung 18*) und auch keine Interaktion zwischen Schlaf-/Wachmanipulation und Altersgruppe, $\chi^2(1) < 1$.

In der Kontextintegration zeigte sich numerisch ein leichter Vorteil der älteren Gruppe gegenüber den jüngeren Versuchsteilnehmern (sh. *Abbildung 18*), dieser

erreichte jedoch keine statistische Bedeutsamkeit, $F(1,16) = 2,72$; $p = 0,118$; $\eta_p^2 = 0,08$. Das Alter der Versuchsteilnehmer beeinflusste den Effekt des Schlafs auf die Integrationsleistung nicht, $F(1,16) < 1$.

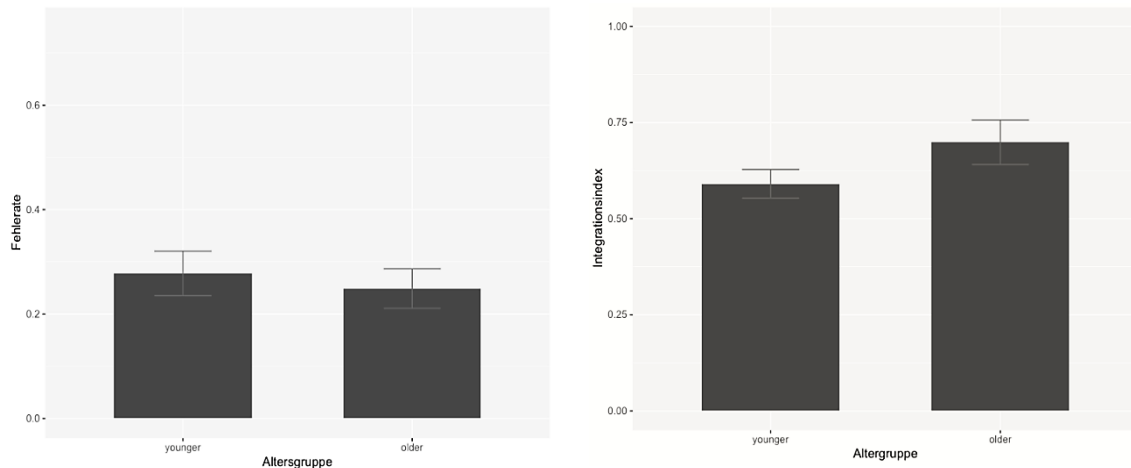


Abbildung 18 Fehlerrate und Integrationsindex in Abhängigkeit vom Alter der Probanden
Die Gedächtnisleistungen der jüngeren und älteren Teilnehmer im Vergleich anhand der Fehlerrate, dargestellt auf der linken Seite, sowie des Integrationsindex, rechts dargestellt. Die Altersgruppen wurden durch Mediansplit gebildet. Bei der Fehlerrate sind keine Altersunterschiede sichtbar. Der Integrationsindex liegt bei den älteren Kindern etwas höher, erreicht jedoch keine statistische Signifikanz. Abgebildet sind die Mittelwerte +/- Standardfehler.

Auch das **Geschlecht** der Versuchsteilnehmer zeigte keinen Einfluss auf die Fehlerrate, $\chi^2(1) < 1$ oder die Integrationsleistung, $F(1,16) < 1$, sowie die entsprechenden Interaktionen.

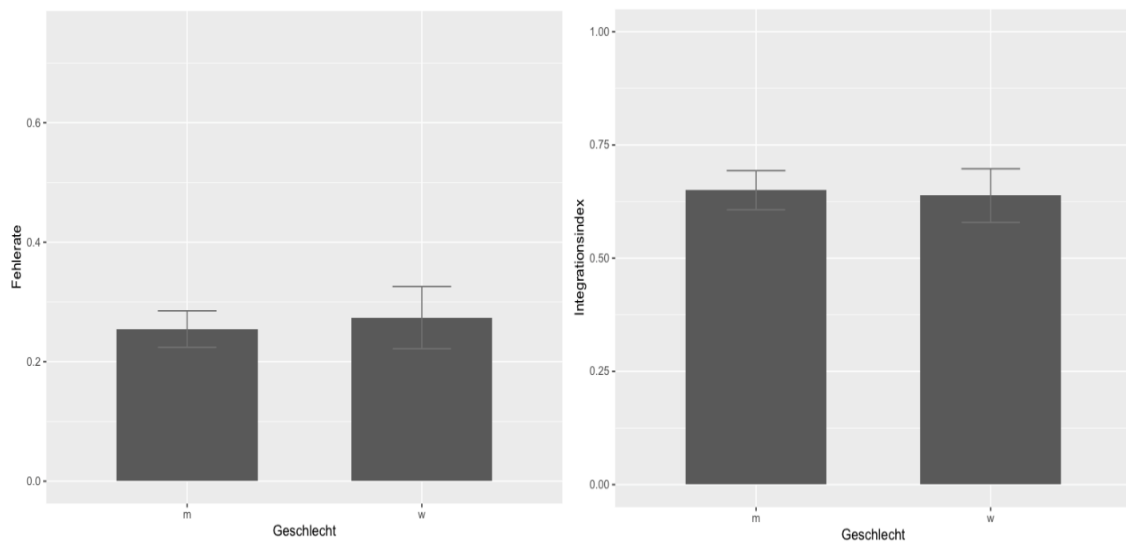


Abbildung 19 Fehlerrate und Integrationsindex in Abhängigkeit vom Geschlecht
 Links dargestellt ist die mittlere Fehlerrate (+/- Standardfehler), rechts der mittlere Integrationsindex (+/- Standardfehler), jeweils im Vergleich der Geschlechter. Es sind keine Unterschiede zu erkennen.

3.6 Gesamtzahl der benötigten Antwortversuche im Vergleich der Retentionsbedingungen

Als zusätzliches Gedächtnismaß betrachteten wir weiterhin die **Anzahl der Versuche**, die die Kinder in den jeweiligen Retentionsbedingungen benötigten, um die richtige Lösung zu finden. Hier zeigte sich ein leichter Vorteil in der Schlafbedingung verglichen mit der Wachbedingung (Schlaf: Median = 1,75, Min = 1, Max = 2,67; Wach: Median = 1,88, Min = 1,25, Max = 3,5; $V = 115$; $p = 0.068$), vgl. *Abbildung 20*.

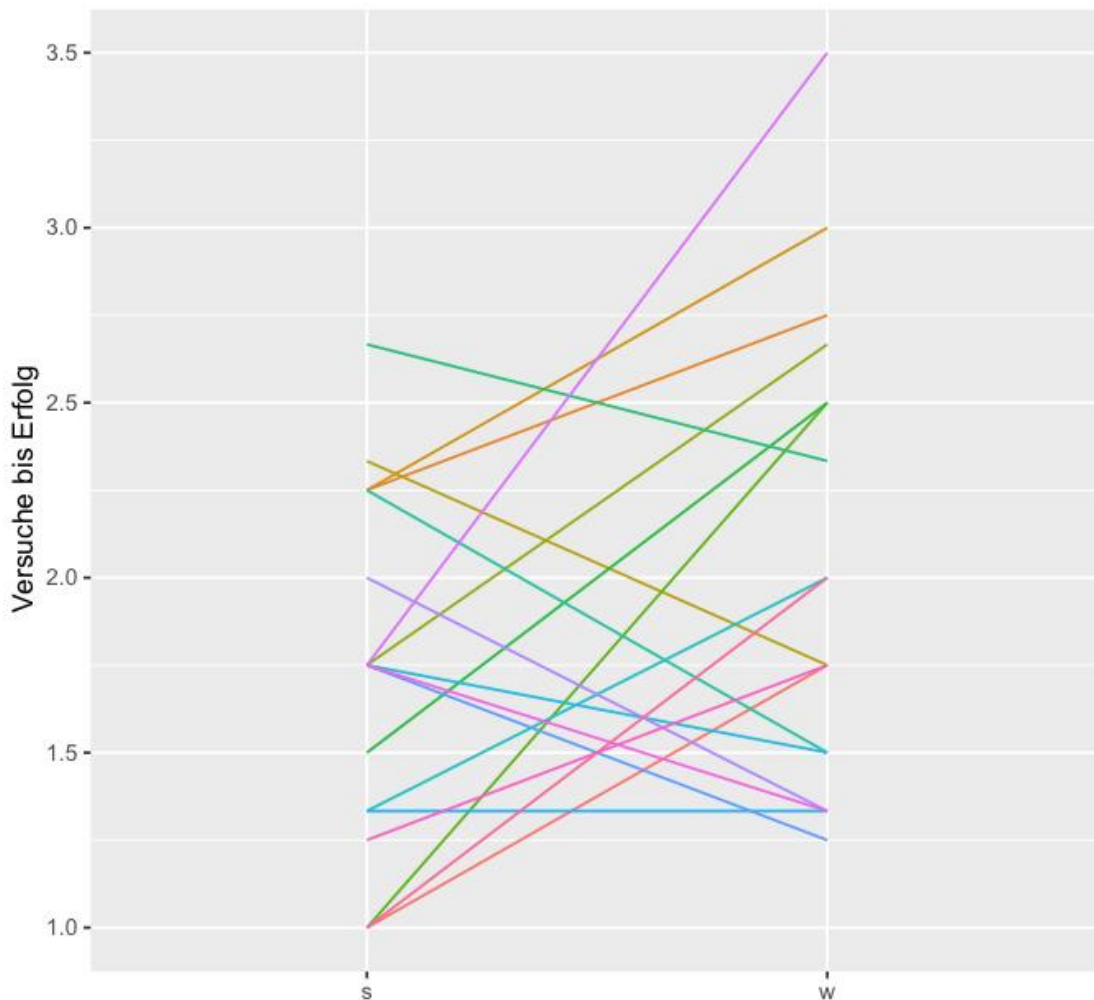


Abbildung 20 Versuche bis zum Erfolg im Vergleich zwischen den Retentionsbedingungen

Die beiden Retentionsbedingungen Schlaf (S, links) und Wach (W, rechts) sind kategoriell auf der x-Achse aufgetragen. Die benötigten Versuche bis zur korrekten Antwort je Proband sind an der y-Achse abzulesen. Die zu einem Probanden gehörenden Daten sind mit einer farbigen Linie verbunden. Dabei ist jedem Probanden eine bestimmte Farbe zugeteilt. Im Trend wurden unter der Schlafbedingung insgesamt etwas weniger Versuche benötigt als unter der Wachbedingung.

3.7 Einflussfaktoren auf die Gedächtnismaße aus der qualitativen Verhaltensanalyse

Im Interesse der Objektivität war das experimentelle Procedere der vorliegenden Studie weitgehend standardisiert. In Anbetracht des jungen Alters und der begrenzten Kooperationsbereitschaft der Kinder war es jedoch erforderlich, Freiheitsgrade im Versuchsablauf offen zu halten. Daraus ergab sich die Notwendigkeit, die Konzentration und Mitwirkung der Versuchsteilnehmer im Rückblick abzuschätzen, um mögliche bedingungsbezogene Unterschiede zu erfassen.

3.7.1 Qualitative Untersuchung auf zielgerichtetes Vorgehen

Um beurteilen zu können, inwiefern die Probanden zielgerichtet vorgingen, führten wir eine sorgfältige Analyse der Videoaufzeichnungen von Enkodierung und Abruf sowie der Ablaufprotokolle durch. Zur Etablierung eines möglichst standardisierten Vorgehens beim Video Scoring, wurde ein Protokollbogen entworfen (sh. *9.3 Protokollbogen für die qualitative Analyse der Verhaltensdaten*).

Entsprechend der in Kap. 2.6.3 *Qualitative Analyse* vorgestellten Definition wurden in allen beendeten Durchgängen alle Antwortversuche in „zielgerichtet“ oder „nicht zielgerichtet“ kategorisiert. Wir beobachteten nicht zielgerichtetes Verhalten folgender Art und Häufigkeit:

Die Versuchsperson hat ein starkes Interesse am Kontext und möchte lieber mit den Kontext-Spielsachen spielen (14 Probanden). Die Versuchsperson zeigt grundsätzlich wenig Interesse am vorgegebenen Spiel und lässt sich schwer motivieren (10 Probanden). Die Versuchsperson ist ratlos, wo die Puppe sein könnte und gibt die weitere Suche auf (7 Probanden). Seltener wurde der Spielfluss aufgehalten, weil in Labor Berg einer der vier Container für die Kinder deutlich schwieriger zu öffnen und zu schließen war (6 Probanden). Weitere Verzögerungen kamen zustande, weil manche Probanden den Abruf vorzeitig im anderen Kontext fortsetzen wollten (5 Probanden). Häufig fiel auf, dass dieselbe Versuchsperson an den beiden Experimentalterminen aufgrund

unterschiedlicher „Tagesform“ sehr unterschiedlich motiviert und kooperativ sein konnte.

3.7.2 Abhängigkeit der Verhaltensdaten von den Retentionsbedingungen

Um mögliche Zusammenhänge der experimentellen Ergebnisse mit den Retentionsbedingungen festzustellen, betrachteten wir zunächst die **Anzahl der Versuchsdurchgänge**, an denen die Kinder mitwirkten. Es zeigte sich dabei kein Unterschied zwischen den Bedingungen (Schlaf: Median = 8; Min = 4; Max = 8; Wach: Median = 8; Min = 4; Max = 8), vgl. *Abbildung 21*.

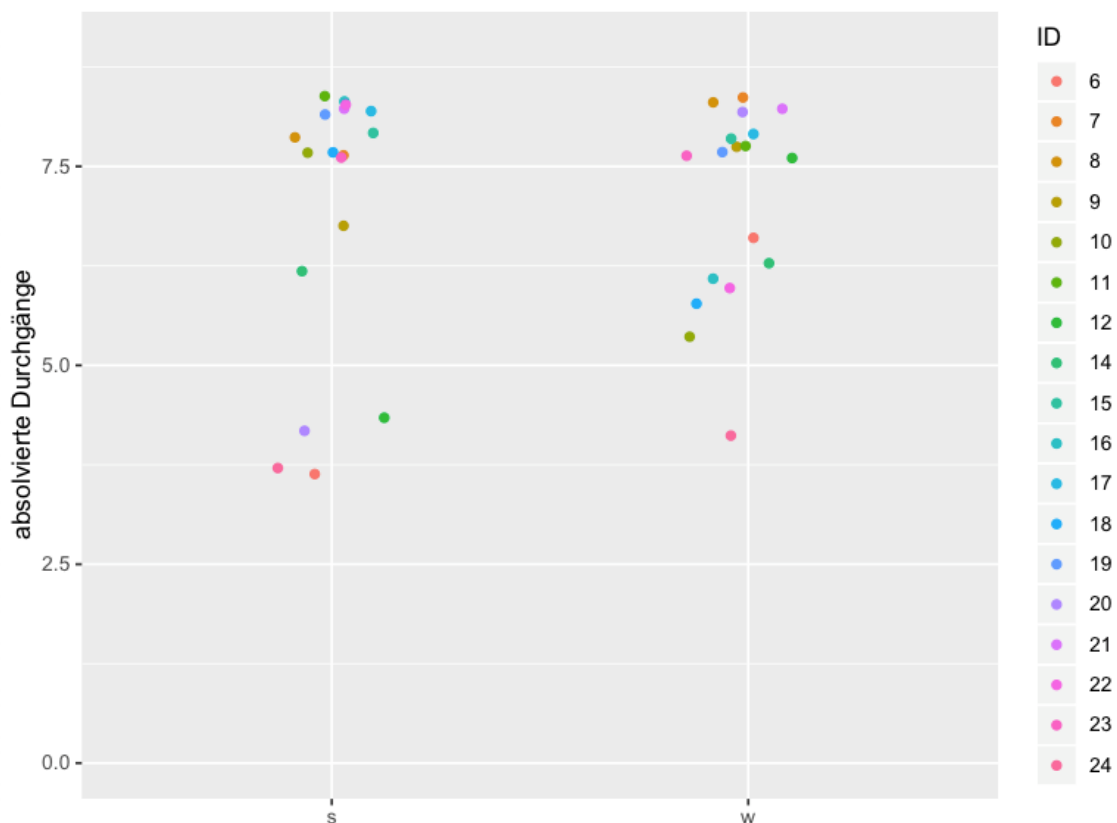


Abbildung 21 Absolvierte Durchgänge im Vergleich der Retentionsbedingungen

Auf der x-Achse befinden sich die beiden Kategorien der Retentionsbedingung: Schlaf (S, links) und Wach (W, rechts). Die Anzahl der absolvierten Durchgänge pro Versuchsperson ist an der y-Achse abzulesen. Bei jeweils zwei Kontexten in vier möglichen Durchgängen liegt der Maximalwert bei acht. Jedem Probanden wurde dabei eine Farbe zugeteilt (sh. rechte Spalte). Die Verteilung der Punkte und damit die absolvierten Durchgänge wies keine Abhängigkeit von der Retentionsbedingung auf.

Um zu beurteilen, ob es einen Zusammenhang zwischen Retentionsbedingung und zielgerichtetem Vorgehen (sh. Kap. 3.7.1 *Qualitative Untersuchung auf zielgerichtetes Vorgehen*) gibt, bildeten wir das Verhältnis von zielgerichteten Antworten und der Gesamtheit der Antworten pro Testtag und Proband. Die durchschnittlichen Verhältnisse der Schlafbedingungen aller berücksichtigten Probanden wurden mit den Durchschnittswerten der Wachbedingungen verglichen. Der Vergleich des Anteils der zielgerichteten Versuche ergab einen deutlichen Schlafeffekt wobei die Kinder während der Schlafbedingung (M = 0,71; SD = 0,29; Min = 0; Max = 1) weniger zielgerichtet vorgehen als während der

Wachbedingung (M = 0,89; SD = 0,11; Min = 0,64; Max = 1; $t(19) = -3,13$; $p = 0,005$). *Abbildung 22* veranschaulicht diesen Zusammenhang.

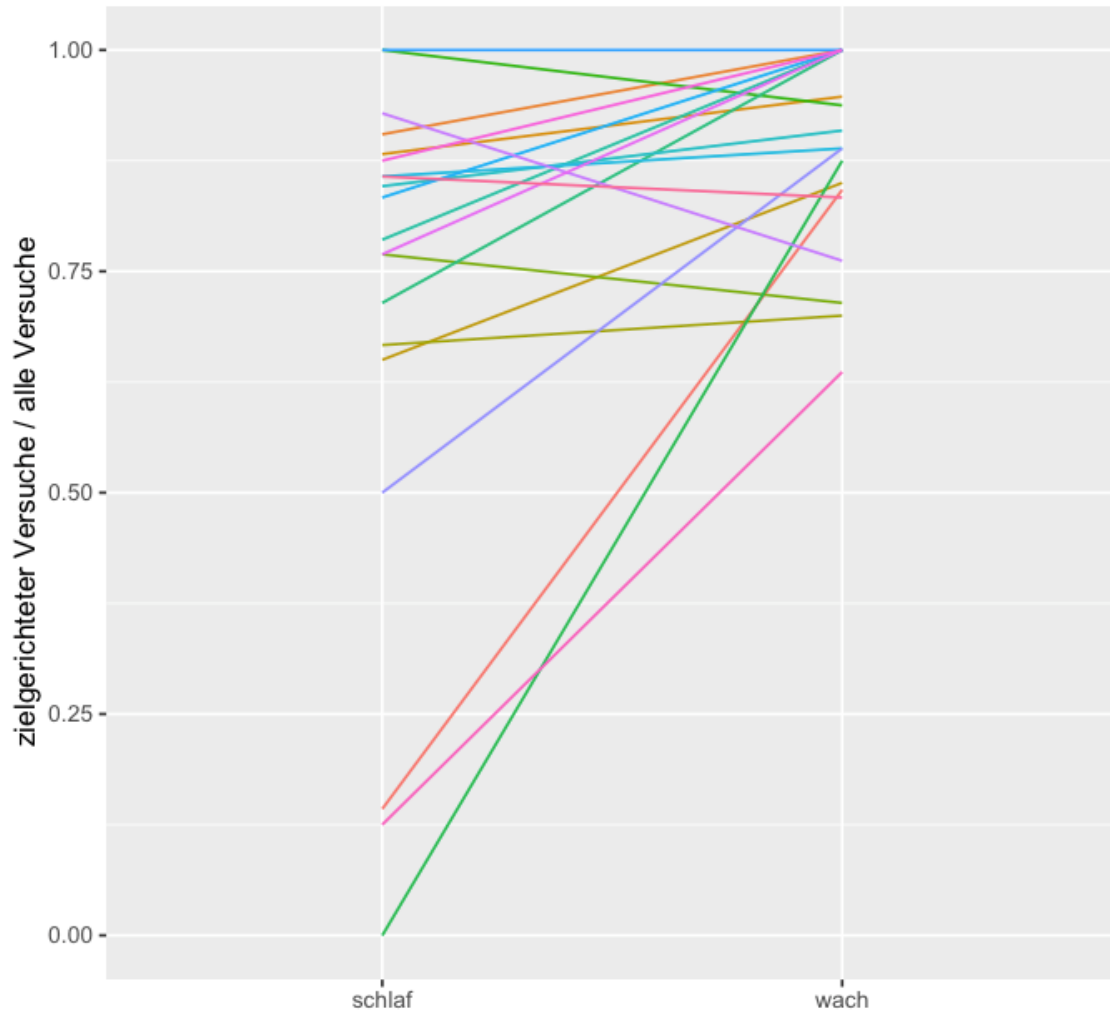


Abbildung 22 Anteil der zielgerichteten Versuche im Vergleich zwischen den Retentionsbedingungen

Die Retentionsbedingungen Schlaf (links) und Wach (rechts) sind auf der x-Achse aufgetragen. Mittels qualitativer Analyse der Videoaufzeichnungen und Originalprotokolle wurden alle Antworten der Probanden in zielgerichtet und nicht zielgerichtet klassifiziert. Der Anteil der zielgerichteten Versuche an allen Antwortversuchen eines Experimentaltermins pro Proband ist auf der y-Achse aufgetragen. Die Daten eines Probanden sind mittels einer farblichen Linie verbunden. Unter der Schlafbedingung zeigte sich ein deutlich weniger zielgerichtetes Vorgehen der Kinder.

3.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Insgesamt zeigten die Kinder, unabhängig vom Versuchsdurchgang, eine Performance über dem Zufallsniveau. Somit kann eine allgemeine, unspezifische Gedächtnisleistung belegt werden. Dies zeigte zunächst die Untersuchung der Fehlerrate. Auf diese allgemeine Gedächtnisleistung war kein Schlafeffekt zu finden. Jedoch hatte der Schlaf einen Einfluss auf den Zusammenhang zwischen der Fehlerrate, als Maß für das allgemeine Gedächtnis, und der Abrufbedingung (gleicher Raum zuerst vs. anderer Raum zuerst). Demnach waren die Probanden nach einem Wachintervall deutlich stärker durch die Raumreihenfolge beim Abruf beeinflusst als nach dem Schlaf.

Die Fähigkeit zur Integration spezifischer Kontextinformationen konnte darüber hinaus in allen Versuchsdurchgängen durch die Untersuchung des Integrationsindex bestätigt werden. Auch diese Ergebnisse zeigten sich unabhängig vom Versuchsdurchgang. Auf die Kontextintegration konnten wir entgegen unserer zentralen Hypothese keinen Schlafeffekt nachweisen. Jedoch zeigte sich bei der Berücksichtigung aller absolvierten Durchgänge im Trend ein hypothesenkonformes Muster, wobei der Integrationsindex unter der Schlafbedingung gegenüber der Wachbedingung leicht erhöht war. Die Untersuchung der Interaktion zwischen Retentionsbedingung und Abrufbedingung bestätigte diesen Trend: Der Integrationsindex lag nach Schlaf über dem Index nach Wachheit. Einen Einfluss der Abrufreihenfolge auf den Zusammenhang zwischen Kontextintegration und Retentionsbedingung bestätigte dieser Test nicht. Des Weiteren befürwortete die Analyse der benötigten Antwortversuche bis zur korrekten Antwort im Trend einen leichten Vorteil der Schlafbedingung gegenüber der Wachbedingung.

Das unspezifische Gedächtnis blieb von der Abrufbedingung unbeeinflusst. Die Kontextintegration hingegen variierte in Abhängigkeit von der Abrufbedingung. Dabei war die Integration des Kontextes in der Abrufbedingung *anderer Raum zuerst* deutlich stärker. In diesem Fall begann der Abruf in dem Kontext, in dem die Kinder zuletzt gelernt hatten.

Effekte der Reihenfolge der Versuchstage, sowie der Reihenfolge der Retentionsbedingungen auf den Schlafeffekt wurden ausgeschlossen.

Signifikante Alterseffekte auf die Fehlerrate oder die Zusammenhänge zwischen Fehlerrate bzw. Integrationsindex und Retentionsbedingung waren ebenfalls nicht nachweisbar. Lediglich ein leichter numerischer Vorteil der älteren Teilnehmer auf die Kontextintegration war vorhanden.

Auch das Geschlecht der Versuchsteilnehmer zeigte keinen Einfluss auf die Fehlerrate oder die Integrationsleistung sowie die entsprechenden Interaktionen.

Um die Aussagekraft der statistischen Ergebnisse über die tatsächlich vorhandene Integrationskompetenz der Kinder einzuordnen, prüften wir in einer qualitativen Analyse das Verhalten der Probanden. Als Maß der Motivation für die Versuchsaufgabe diente die absolute Anzahl der absolvierten Durchgänge und die standardisierte Einschätzung des Verhaltens (zielgerichtet oder nicht zielgerichtet). Es zeigte sich keine Differenz der absolvierten Durchgänge zwischen den Retentionsbedingungen. Hingegen stellte sich ein deutlicher Schlafeffekt auf das Verhalten (zielgerichtet oder nicht zielgerichtet) heraus: nach Schlaf gingen die Kinder eindeutig weniger zielgerichtet vor als nach dem Wachintervall.

4 Diskussion

4.1 Zentrale Fragestellung und Befunde

An dieser Stelle werden die Testergebnisse unserer zentralen Hypothesen erörtert. Wir postulierten, dass Schlaf einen Abstraktionsprozess von Kontextinformationen nach Familiarisierung fördert, bei dem schematisches Vorwissen entsteht, wodurch Schlaf zu stärkerer Integration von Kontextinformationen führt. Zudem stellten wir die These auf, dass Unterschiede in der Gedächtnisleistung unserer Versuchsteilnehmer auf unterschiedlich ausgeprägte Vertrautheit mit der Versuchsumgebung zurückzuführen seien.

Die Untersuchung zeigte, dass die Kleinkinder zur Integration spezifischer Kontextinformationen in der Lage waren. Ein Schlafeffekt auf die beobachtete Integrationsleistung ließ sich für den ersten Versuchsdurchgang nicht nachweisen.

Die allgemeine Gedächtnisleistung der Kinder zeigte sich darin, dass sie unabhängig von Kontext und Bedingung in der Lage waren, die Objekte wiederzufinden.

4.2 Nachweis der Kontextintegration anhand des Integrationsindex

Zur Beurteilung, inwieweit die Kinder bei der Versuchsaufgabe Kontextinformationen einbezogen, bildeten wir den sog. Integrationsindex (sh. Kap. 2.6.4.1 *Datenaufbereitung*). Darin drückt sich das Verhältnis aus vollständig korrekten Antworten und der Gesamtheit semantisch und vollständig korrekter Antworten aus. Ein Index von 1 war zu erwarten, wenn die Kinder Kontextinformationen stets beachteten. Auf der anderen Seite erwarteten wir einen Index von 0,5 (Zufallsniveau) für den Fall, dass sie den Kontext maßgeblich außer Acht ließen.

Im spezifischen Test auf Kontextintegration zeigte sich ein Index deutlich über 0,5 – sowohl bei der ersten Antwort in beiden Kontexten, als auch bei allen anderen Durchgängen. Beide Untersuchungen erreichten das angenommene statistische Signifikanzniveau. Ebenso zeigte die Untersuchung, dass der

ermittelte Integrationsindex nicht abhängig vom Versuchsdurchgang war. Somit weisen die vorliegenden Ergebnisse klar in dieselbe Richtung: Bei unseren 2-jährigen Probanden war die Fähigkeit zur Kontextintegration vorhanden, wenn auch nicht vollständig ausgeprägt.

Unsere Befunde stehen insofern in Einklang mit der Literatur, dass Kinder im Altersspektrum zwischen 18 und 36 Monaten durchaus in der Lage sind, die Orts- und Kontext-Informationen bei der Unterscheidung von Lernerfahrungen zu nutzen, dass diese Fähigkeit jedoch noch nicht stabil und voll ausgereift ist (z.B. Deloache, 1980; Ribordy et al., 2013; Sluzenski et al., 2006). Es zeigte sich eine entscheidende Veränderung im Umgang mit Kontexthinweisen. Auch im für unsere Studie maßgeblichen Paradigma Newcombes zeigte sich ein entsprechendes Muster: Die ältesten Kinder im Alter von 64-72 Monaten zeigten eine nahezu fehlerfreie Performance im Experiment ohne explizite Kontexthinweise. Etwas jüngere Kindern im Alter zwischen 34-40 Monaten bewältigten die Kontextgedächtnisaufgabe gut jedoch nicht fehlerfrei. Kleinkindern im Alter zwischen 15 und 20 Monaten waren jedoch gar nicht in der Lage von den angebotenen Kontexthinweisen zu profitieren, diese Fähigkeit setzte erst ab einem Alter von 21-26 Monaten ein (Newcombe et al., 2014).

Zur Entwicklung des Hippocampus, seiner Untereinheiten und den damit verbundenen Gedächtnisleistungen im Entwicklungsverlauf führten Keresztes und Kollegen eine Studie mit bildgebenden Verfahren durch. Dabei war zu erkennen, dass der Schwerpunkt bei der Verarbeitung von Information in der frühen Kindheit auf der schematischen Ableitung von Regelmäßigkeiten auf Kosten von Detailwissen liegt. Im Laufe der späteren Kindheit und des jungen Erwachsenenalters verlagert sich diese Verteilung hin zu spezifischen Erinnerungen. Bei den starken funktionellen Verbindungen zwischen den Untereinheiten des Hippocampus ist es schwierig zu beurteilen, inwiefern sich ihre unterschiedliche Entwicklung im Verlauf der gesamten Kindheit und darüber hinaus auf Hippocampus-abhängige Gedächtnisleistungen auswirkt. Wahrscheinlich liegt ein fein abgestimmtes Gleichgewicht zwischen der Abstraktion schematischen Wissens im Rahmen eines Mustervervollständigungsprozesses (*pattern completion*) und der

Repräsentation hochspezifischer Episoden in Abgrenzung von ähnlichen Erinnerungen (*pattern separation*) vor (Keresztes et al., 2017).

Mit dieser Entwicklung der Fähigkeit zur Kontextualisierung stehen auch unsere oben beschriebenen Ergebnisse im Einklang. Unsere 26-36 Monate alten Probanden bezogen erwartungsgemäß Kontextinformationen in ihre Entscheidung zur Lösung der Versuchsaufgabe mit ein, konnten jedoch, ihrem Alter entsprechend, keinen optimalen Nutzen daraus ziehen.

4.3 Einfluss von Schlaf auf die allgemeine, unspezifische Gedächtnisleistung anhand der Fehlerrate

Die Überlegung, dass Schlaf durch allgemeine Wirkfaktoren wie z.B. bessere Vigilanz oder Compliance zu einer besseren allgemeinen Gedächtnisleistung führt, überprüften wir anhand der Fehlerrate. Wir fanden weder für den ersten Durchgang noch für die Gesamtheit aller Durchgänge einen Schlafeffekt. Die Fehlerraten unterschieden sich nicht zwischen den Retentionsbedingungen.

Dem entgegen steht die Ansicht einiger Autoren, „*dass Schlaf die Konsolidierung [...] in allen [...] Gedächtnissystemen fördert*“ (Diekelmann & Born, 2010, S. 116, wörtliche Übersetzung durch den Autor). Dafür spricht, dass Schlaf bereits allein durch einen passiven Effekt Gedächtnisspuren gegen Interferenz stabilisiert, da während des Schlafs keine neuen, möglicherweise interferierenden Reize, aufgenommen werden können (Gais & Born, 2004; Plihal & Born, 1997). Die Annahme, dass Schlaf allgemeine Gedächtnisinformationen gegen Interferenz durch konkurrierende Inhalte stabilisiert, bestätigt sich in der gefundenen **Interaktion zwischen der Retentionsbedingung und der Abrufreihenfolge** unseres Experiments, die wir **anhand der Fehlerrate** testeten: Obgleich sich die mittlere Fehlerrate zwischen Wach- und Schlafbedingung nicht unterschied, zeigten sich die Kinder in der Wachbedingung stärker durch die Abrufreihenfolge beeinflusst. Wurden sie zum Abruf in denselben Raum geführt, den sie während des Lernens zuletzt besucht hatten, profitierten Sie gegenüber der Schlafbedingung. Dieses Bild kehrte sich um sobald die Kinder während des

Abrufs nicht direkt in denjenigen Kontext geführt worden, den sie zuletzt besucht hatten. Nun war in der Wachbedingung ein Nachteil gegenüber der Schlafbedingung zu beobachten. Diese Befunde deuten darauf hin, dass es in der Wachbedingung zu einer Fokussierung auf die letzte Lernerfahrung kommt während mehrere Lernerfahrungen in der Schlafbedingung aufrechterhalten können werden – mit der Konsequenz, dass nun das direkte Wiedererkennen der letzten Lernerfahrung beeinträchtigt ist. Des Weiteren entspricht die Abrufbedingung gleicher Raum zuerst einer längeren Behaltensdauer, welche zur oben beschriebenen Interaktion ebenfalls beigetragen haben könnte.

4.4 Einfluss von Schlaf auf die Kontextintegration anhand des Integrationsindex – Test auf zentrale Hypothese

Die Testergebnisse unserer zentralen Hypothese, dass Schlaf einen Abstraktionsprozess von Kontextinformationen nach Familiarisierung fördert, bei dem schematisches Vorwissen entsteht, wodurch Schlaf zu stärkerer Kontextintegration führt, werden hier erörtert.

Wir erwarteten, dass die Kinder in der Schlafbedingung besser in der Lage sind, Kontextinformationen einzubeziehen und damit korrekte Antworten zu geben. Die Daten bestätigten diese Hypothese jedoch nicht.

4.4.1 Vertrautheit und Kontextgedächtnis

Eine denkbare Erklärung für den fehlenden Schlafeffekt ist, dass unsere Prämisse nicht zutrifft, nach welcher die Performance der Kinder im Gedächtnisexperiment von ihrer Vertrautheit mit dem Kontext und damit verbundenem Vorwissen über die Versuchsumgebung abhängig ist. Der Einfluss des Vorwissens per se war in der vorliegenden Studie nicht explizit untersucht worden und erfordert die Durchführung weiterer Experimente. Der Einfluss des Vorwissens auf Gedächtnisleistung im Kindesalter soll hier dennoch theoretisch betrachtet werden.

Für die Annahme der Prämisse, dass Vertrautheit mit einer Umgebung die Gedächtnisleistung maßgeblich beeinflusst, sprechen die wegweisenden Studien zum Thema Familiarisierung von Acredolo und DeLoache (Acredolo, 1979; DeLoache, 1980). Ihre Studienergebnisse wiesen eindeutig in dieselbe Richtung: Kinder beziehen Kontexthinweise in einer vertrauten Umgebung viel stärker ein als in einer fremden Umgebung. Der förderliche Gedächtniseffekt einer Familiarisierungsphase konnte sowohl bei Erwachsenen, als auch bei Kindern nachgewiesen werden. Die Kohorte von DeLoaches Studie befand sich in einem mit unserer Studie vergleichbaren Altersbereich von 1,5-3 Jahren (DeLoache, 1980). Acredolo führt den positiven Einfluss von Vertrautheit bei ihren 9 Monate alten Probanden auf ein allgemeines Gefühl von Sicherheit zurück, dass den Kindern hilft, sich auf die Versuchsaufgabe zu konzentrieren. Außerdem diskutiert sie, dass Kinder vertraute Orientierungspunkte möglicherweise stärker wahrnehmen, wodurch diese als Kontexthinweise effektiver sind. Auch DeLoache sieht im effektiveren Nutzen von Kontextinformationen den Grund für die weitaus bessere Performance der 1,5-3 Jahre alten Kinder im eigenen Zuhause. Da sowohl die Kohorte, als auch das Paradigma dieser Studie, bei dem die Kinder anhand räumlicher Orientierungspunkte verschiedene Verstecke voneinander unterscheiden mussten, der vorliegenden Studie sehr ähnlich sind, können diese Erkenntnisse gut auf unsere Hypothesen übertragen werden.

Andere Autoren, die den Effekt einer Familiarisierungsphase untersuchten, konnten ebenso wie wir keinen solchen Nachweis erbringen. Als naheliegendes Beispiel ist erneut die Studie von Newcombe und Kollegen zu nennen, die in einem dritten Experiment den Effekt einer Familiarisierungszeit in drei verschiedenen Altersgruppen zwischen 34-56 Monaten kontrollierten (Newcombe et al., 2014). Mit 3-6 min war die Familiarisierung dabei möglicherweise nicht intensiv genug, um gelernte Assoziationen zu stärken. Viele Autoren gehen davon aus, dass die Verarbeitungstiefe, die eine Information erreicht, darüber entscheidet, ob und wie lange sie gespeichert wird (Craik & Lockhart, 1972; Tucker & Fishbein, 2008).

Umfassendere Belege liegen für den förderlichen Einfluss vorbestehender Wissensnetzwerke auf die Gedächtnisbildung vor (Chi, 1978; Schneider et al., 1993; van Kesteren, Fernández, et al., 2010; van Kesteren et al., 2012). Sowohl die Konsolidierung, als auch der Abruf von neuer Information werden durch Vorwissen verbessert, dies gilt insbesondere für episodische Gedächtnisinhalte (Alba & Hasher, 1983; Anderson, 1984; Bartlett, 1932; Craik & Lockhart, 1972; Huber & Born, 2014; Morris, 2006; van Kesteren et al., 2012). Bei diesen Studien geht es zwar nicht ausdrücklich um Vertrautheit mit einer Versuchsumgebung, jedoch gilt Lernen im Langzeitgedächtnissystem immer als kontextabhängig (Baddeley et al., 2010). Alle Informationen, die mit einem Lerninhalt in Verbindung stehen, werden verknüpft konsolidiert. Somit gehören Kontextinformationen in jedem Fall zu den assoziativ verbundenen Informationen eines schematischen Wissensnetzes. In einem dynamischen Prozess wird bei der Bildung von Schemata ein Muster von Umweltreizen extrahiert (Bartlett, 1932).

Deese (1959), Roediger und Mc Dermott (1995) zeigten, dass ältere Kinder beim Abruf von speziellen Wortlisten deutlich häufiger als jüngere Kinder, das zentrale, aber nicht genannte Wort nannten, weil sie deutlich mehr Vorkenntnisse über die Zusammenhänge besaßen.

Weitere Belege für die Bedeutung von schematischem Vorwissen für den Abruf bei Kleinkindern legten Sullivan & Winner (1993) vor. In ihren Untersuchungen zum *false-belief* konnten sie zeigen, dass Kinder unter vier Jahren über eine Form der *theory of mind* verfügten, wenn die Aufgabe in einen vertrauten Kontext, nämlich das willentliche Täuschen, gesetzt wurde. Anders als in der klassischen *false-belief* Aufgabe, in der die Einsicht der Kinder in falsche Überzeugungen anderer geprüft wird, indem sie als passive Beobachter eine Szene betrachten und anschließend entscheiden sollen, was die beobachtete Person wahrscheinlich tun wird, wurden die Kinder hier explizit in das Geschehen involviert und damit auch dazu angeregt eine Repräsentation der Perspektive des Gegenübers zu generieren. Durch das vorhandene Schema vom Prinzip der Täuschung konnten sie verstehen, dass eine andere Person eine andere Auffassung eines Sachverhalts haben kann und wie man sich verhalten muss,

wenn man einer anderen Person falsche Tatsachen vorspielen möchte. Wird dieses Schema aktiviert, zeigt sich situationsspezifisch ein deutlich reiferes Bild der kindlichen Kognition.

Auch Wilhelm und Kollegen argumentierten, dass die teilnehmenden Kinder aufgrund fehlender semantischer Netzwerke trotz der doppelten SWS-Dauer im Vergleich mit Erwachsenen geringere räumlich-visuelle Gedächtnisleistungen abriefen (Wilhelm et al., 2008; Wilhelm, Prehn-Kristensen, et al., 2012).

Da kleine Kinder in Bezug auf alle Lebensbereiche unerfahren sind, hat Vorwissen bei Kindern wahrscheinlich einen noch größeren Einfluss auf die Gedächtnisbildung als bei Erwachsenen (Brown & DeLoache, 1978).

Hinzu kommt, dass Kleinkinder aufgrund einer beschränkten *processing capability* (Shatz, 1978) mit einer unbekanntenen Versuchsumgebung oder anderen Aspekten des Experiments schnell überfordert sein können. Dadurch können sie tatsächlich vorhandene Fähigkeiten nicht abrufen (DeLoache, 1980). Aus diesen Gründen gehen wir weiterhin davon aus, dass die Vertrautheit mit dem räumlichen Kontext und damit verknüpfte Schemata bei unseren Probanden einen Vorteil beim Abruf der vorliegenden Studie darstellten.

Eine Erklärung für unser abweichendes Ergebnis könnte darin liegen, dass die Vertrautheit mit einer Versuchsumgebung und damit verbundenes schematisches Vorwissen die Integration und den Abruf neuer Information im Kleinkindalter nur unter bestimmten Umständen fördert. Möglicherweise beeinflusst der Grad an Vertrautheit in qualitativer Hinsicht *wie* spezifische Kontextinformationen als Erinnerungshilfen funktionieren (Acredolo, 1979; DeLoache, 1980; Hupbach et al., 2011; vgl. Newcombe et al., 2014; Robin, Garzon, & Moscovitch, 2019). Denkbar ist aber auch, dass beim ersten Kennenlernen des räumlichen Kontextes im Rahmen der Familiarisierung keine ausreichend tiefe Enkodierung erzielt wurde, sodass im folgenden Schlafintervall auch keine signifikante Reaktivierung entsprechender Gedächtnisspuren stattfand (Tucker & Fishbein, 2008; Werchan & Gómez, 2014).

Daher entwickelten wir Newcombes Paradigma insofern weiter, als unsere Studienteilnehmer die Kontexte in bis zu 15 min spielend kennenlernen konnten. Zusätzlich muss die Bedeutung der Wiederholung ähnlicher Erlebnisse beachtet

werden. Die Schema-artigen kortikalen Netzwerke entstehen definitionsgemäß ja gerade dadurch, dass aus mehreren ähnlichen, erlebten Episoden inklusive Kontextinformationen, gemeinsame Elemente extrahiert werden (Ghosh & Gilboa, 2014).

Folglich ist zu empfehlen, bei zukünftigen Untersuchungen eines Familiarisierungseffekts häufigere Wiederholungen im Studiendesign zu berücksichtigen.

Eine interessante Beobachtung machten Hupbach und Kollegen bei ihrer Studie zum Einfluss von Vertrautheit mit dem räumlichen Kontext auf die Rekonsolidierung von episodischen Gedächtnisinhalten (*memory updating*) bei 5-jährigen Kindern (Hupbach, Gomez, & Nadel, 2011). Sie stellten fest, dass unterschiedlich stark vertraute Umgebungen bei Lernen und Abruf sehr unterschiedliche Wirkungen auf die Rekonsolidierung hatten. In einem ungewohnten Raum im Kontext des eigenen Kindergartens, der den Kindern in allgemeinem Sinne vertraut war, war der spezifische Raum ein wirksamer Auslöser für die Reaktivierung von episodischen Gedächtnisinhalten. Dieser Grad von Vertrautheit kann, den Autoren zufolge, mit der räumlichen Vertrautheit erwachsener Studienteilnehmer verglichen werden, die zwar das Gebäude kennen, in dem ein Experiment stattfindet, jedoch den spezifischen Raum noch nie betreten hatten. Im Zuhause der Kinder leitete der räumliche Kontext hingegen kein *memory updating* ein. Hier wurden stattdessen andere Hinweise, wie z.B. eine verbale Erinnerung, effektiv (Hupbach et al., 2011).

Für die Kleinkinder, die an der vorliegenden Studie teilnahmen, dürften, in Anlehnung an die Einschätzung von Hupbach und Kollegen, die Räumlichkeiten, in denen das vorliegende Experiment stattfand, relativ fremd gewesen sein. Denn Kleinkinder verbringen den Großteil ihres Tages im eigenen Zuhause, in einigen Fällen auch in einer Betreuungseinrichtung o.ä. Im Vergleich zu diesem Maß an Vertrautheit müssen alle anderen Umgebungen als verhältnismäßig fremd angesehen werden. Überträgt man die Belege von Hupbach und Kollegen zum Einfluss räumlicher Vertrautheit auf Rekonsolidierung episodischer Inhalte auf unsere Fragestellung nach der spezifischen Kontextintegration, müsste man am ehesten davon ausgehen, dass der räumliche Kontext ein wirksamer Hinweis für

den Abruf der Erinnerung an den Lernvorgang ist. Es bleibt offen, ob eine solche Übertragung zwischen verschiedenartigen Mechanismen der Gedächtnisbildung überhaupt gangbar ist. Zukünftige Studien könnten Klarheit über den spezifischen Einfluss unterschiedlich ausgeprägter Vertrautheit mit dem räumlichen Kontext auf episodische Gedächtnisinhalte bringen.

4.4.2 Schlaf, Vertrautheit und Kontextgedächtnis

Aufgrund der oben dargelegten Datenlage gingen wir davon aus, dass die Integration des räumlichen Kontexts mit größerer Vertrautheit mit der Umgebung zunehmen sollte. Darüber hinaus erwarteten wir, dass diese Vertrautheit durch Abstraktionsprozesse während des Schlafs vermittelt werden sollte. In dieser Untersuchung konnte diese Hypothese jedoch nicht empirisch unterstützt werden. Die vorliegenden Befunde stehen also in Widerspruch zu einer ganzen Reihe früherer Ergebnisse. Wie bereits in Kap. 4.2 *Nachweis der Kontextintegration anhand des Integrationsindex* ausgeführt, sind mehrere Autoren der Ansicht, dass bei Kleinkindern die Gedächtniskonsolidierung im Schlaf im Besonderen zu einer Abstraktion von Schema-artigen Repräsentationen führt (Gómez et al., 2006; Hupbach et al., 2009). Die Extraktion gemeinsamer Elemente aus vielen Erfahrungen hat in der frühen kindlichen Entwicklung Vorrang vor der Repräsentation hochspezifischer Episoden in Abgrenzung von anderen ähnlichen Erinnerungen (Keresztes et al., 2017).

Die Daten einer Metaanalyse zum Schlafeffekt auf Vokabellernen im Vergleich zwischen Kindern und Erwachsenen weisen ebenfalls darauf hin, dass bei Kindern im Schlaf mehr Reorganisation von neuem Lernmaterial stattfindet. Durch einen Abstraktionsprozess nach vorausgehender Familiarisierung bilden sich entsprechende kortikale Netzwerke, die weiteres Lernen begünstigen (James et al., 2017).

Eine solche Ableitung von Regelmäßigkeiten bei Konsolidierungsprozessen im Schlaf scheint bei Kindern im Vergleich mit Erwachsenen sogar wirksamer zu sein. Wilhelm und Kollegen untersuchten die Abstraktion einer impliziten

Zahlenfolge bei Kindern von 7-11 Jahren und fanden einen deutlich größeren Schlafeffekt auf die Gedächtnisleistung bei Kindern als bei den erwachsenen Probanden (Wilhelm, Rose, Imhof, Rasch, Büchel, et al., 2013).

Huber und Born nehmen an, dass „*bei der Überführung von wiederkehrenden Informationen aus dem Hippocampus in neokortikale oder striatale Langzeitspeicher [im Rahmen der active systems consolidation im SWS durch] Reaktivierungen von sich überschneidenden episodischen Repräsentationen allgemeine schematische Repräsentationen entstehen. Die Reaktivierungen begünstigen des Weiteren die Eingliederung neuer Informationen in vorbestehende Wissensstrukturen, wenn passende Schemata verfügbar sind*“ (Huber & Born, 2014, S. 4, freie Übersetzung durch den Verfasser). Die relativ niedrige Dichte vorhandener Schemata im sich entwickelnden kindlichen Gehirn könnte u.a. erklären, wieso im Schlaf während der frühen Kindheit im Rahmen der *active systems consolidation* vorrangig semantische Netzwerke durch Abstraktion aus Hippocampus-abhängigen Repräsentationen geformt werden (Huber & Born, 2014).

Einen starken Nachweis für einen Schlafeffekt auf die Abstraktionsfähigkeit von Wortbedeutungen bei Kleinkindern zwischen 9-16 Monaten lieferten Friedrich und Kollegen. Sie konnten mittels ERPs belegen, dass die Rolle des Schlafs, genauer gesagt von Schlafspindeln während des nonREM-Schlafs, bei einem solchen Abstraktionsprozess substantiell war (Friedrich et al., 2015).

Wir können also zusammenfassend argumentieren, dass Schlaf, insbesondere SWS, auf die Abstraktion semantischen Wissens sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen einen entscheidenden Einfluss nimmt.

Aus methodischer Sicht ist zu bedenken, dass die Kinder bei der vorliegenden Studie zwischen der Familiarisierung und dem Versteckspiel lediglich einen Mittagsschlaf von variabler Länge hielten (Minimum 31 min, Maximum 152 min, SD 31,03; vgl. Kap. 2.3.3.4 *Retentionsintervall*). Zum einen lässt die große Varianz der Schlafdauer innerhalb der relativ kleinen Stichprobe nur schwer Vergleiche zu. Zum anderen ist es denkbar, dass die Schlafdauer oder Schlaftiefe im Mittagsschlaf-Design nicht ausreichte, um sich messbar auf die Kontextualisierung von Gedächtnisinhalten auszuwirken. Auf der anderen Seite

sprechen einige Studien mit Kindern für einen messbaren Gedächtniseffekt nach einem Mittagschlaf (Friedrich et al., 2015; Gómez et al., 2006; Hupbach et al., 2009; Tucker & Fishbein, 2008; Wilhelm, Metzkw-Mészáros, et al., 2012). Obwohl uns keine Auswertung der polysomnografischen Daten vorliegt (vgl. Kap. 2.3.3.5 *Schlafaufzeichnung*) kann angenommen werden, dass die Teilnehmer der vorliegenden Studie den größten Teil ihres Mittagsschlafes im SWS verbrachten. Denn nach Montgomery-Downs und Kollegen liegt die REM-Latenz bei Vorschulkindern bei durchschnittlich 87,8 min und auch der Schlaf tagsüber besteht bei Kleinkindern vorrangig aus SWS (Montgomery-Downs, O'Brien, Gulliver, & Gozal, 2006; Pierpoint et al., 2012, zitiert in Werchan & Gómez, 2014).

Anscheinend fördert Schlaf Lernen aber nicht unter allen Umständen (Tucker & Fishbein, 2008; Werchan & Gómez, 2014). Bei schwacher Enkodierung kann eine Konsolidierung von Lernmaterial beispielsweise ausbleiben. Es könnte sein, dass die Studienteilnehmer der vorliegenden Studie sich der Kontexte nach der Familiarisierung – der Enkodierung der Kontexte – nicht bewusst waren und daher auch im folgenden Schlafintervall keine signifikante Konsolidierung und Abstraktion der Kontextinformationen erfolgte (Tucker & Fishbein, 2008; Werchan & Gómez, 2014). Zukünftige Schlafstudien, die sich am vorliegenden Paradigma orientieren, könnten dieser Frage durch eine dritte Hauptgruppe nachgehen, die das Versteckspiel ohne Retentionsintervall direkt nach der Familiarisierung mit den Lernkontexten durchführt.

Die wahrscheinlichste Erklärung dafür, dass unsere Studienergebnisse keine verbesserte Gedächtnisleistung unter der Schlafbedingung belegen konnten ist aus unserer Sicht die geringe Probandenzahl und die damit verbundene niedrige Teststärke. Im Gegensatz zu den meisten oben zitierten Studien, wurde im vorliegenden Versuch nicht der direkte Effekt des Schlafs auf Lerninhalte untersucht, sondern vielmehr der vermittelnde Effekt des Schlafs auf die Vertrautheit mit dem Kontext. In zukünftigen Studien sollte dieser Effekt explizit quantifiziert werden, indem beispielsweise das Wissen der Kinder um die Kontext-Ort-Assoziationen abgefragt werden.

Auch methodisch bedingte Einflussfaktoren schränken die statistische Aussagekraft der vorliegenden Ergebnisse ein. Hier ist der Stress für die Kinder zu nennen, den die EEG-Messung in der Schlafbedingung verursachte. Um die Belastung für die Kinder in Grenzen zu halten, verzichteten wir darauf, die EEG-Messung im Wachintervall zu kontrollieren. Auf diese Weise könnte es zwischen den Retentionsbedingungen zu emotionalen, hormonellen und neurophysiologischen Wechselwirkungen gekommen sein.

Bedingt durch die unterschiedlichen Schlafgewohnheiten der Kinder, auf die wir bei der Zeitplanung Rücksicht nahmen, fanden die Testungen v.a. unter der Wachbedingung zu unterschiedlichen Tageszeiten statt. 19 Probanden begannen das Experiment vor 12 Uhr und 6 Probanden nach 12. Somit ist die zirkadiane Periodik ein weiterer Einflussfaktor auf die untersuchte Fragestellung, den wir nicht kontrollierten.

Auch die qualitative Analyse der Verhaltensdaten gibt Hinweise auf methodisch bedingte Störfaktoren. Beispielsweise wurde ein deutlicher Schlafeffekt auf das Vorgehen (zielgerichtet vs. nicht zielgerichtet) der Kinder sichtbar: Nach dem Mittagschlaf gingen die Kinder bei der Suche wesentlich weniger zielgerichtet vor als nach dem Wachintervall (vgl. Kap. 3.7.2 *Abhängigkeit der Verhaltensdaten von den Retentionsbedingungen*). Es ist ebenso möglich, dass die Kleinkinder entsprechend der *sleep inertia* (Hilditch & McHill, 2019) auch 30 Minuten nach dem Erwachen entsprechend einer verminderten Aufmerksamkeit und Konzentration mit einer deutlich stärkeren Ablenkung durch die Kontextspielsachen reagierten (vgl. Kap. 4.6 *Qualitative Beurteilung und Beurteilung der Methode*). Derartige Effekte könnten dem postulierten Schlafeffekt auf Kontextintegration entgegengewirkt haben.

4.4.3 Interpretation aller Durchgänge und Interaktionen des Schlafeffekts auf die Kontextintegration

Bei der Untersuchung des Integrationsindexes **aller Durchgänge** im Vergleich der Retentionsbedingungen beobachteten wir im Trend ein

hypothesekonformes Muster: Der Integrationsindex lag nach Schlaf etwas höher als nach einer Wachphase, erreichte jedoch nicht das statistische Signifikanzniveau. Aus methodischer Sicht ist dem Versuchsdurchgang direkt nach der Pause bei maximaler Motivation jedoch mehr Aussagekraft zuzuschreiben als den Folgedurchgängen, da jeder Abruf eine neue Lernsituation darstellt und somit den Effekt des Schlafs bzw. der Wachheit vor dem neuen Lernen überlagern kann. Auf der anderen Seite spricht der Trend in der Untersuchung aller Durchgänge, aufgrund der wiederholten Messungen, für die Verlässlichkeit der Daten. Die nicht signifikanten Befunde des Tests aller Durchgänge bestärken uns aufgrund ihrer Tendenz in der Annahme, dass die hier ansatzweise gefundenen Ergebnisse durch eine größere Probandenzahl und ein verbessertes Versuchsdesign verstärkt werden könnten.

Die Untersuchung einer **Interaktion zwischen Retentionsbedingung und Abrufbedingung** anhand des Integrationsindex ergab keinen signifikanten Effekt der Abrufbedingung auf den Schlafeffekt auf den Integrationsindex. Geht man von einem spezifischen Schlafeffekt auf die Integration von Kontextinformationen aus, sollte dieser Schlafeffekt auch unabhängig von der Abrufbedingung sein, was der Fall war. Betrachtet man, unabhängig vom Interaktionszusammenhang die absoluten Zahlen, bestätigt diese Analyse den o.g. Trend, d.h. ein leicht erhöhter Integrationsindex nach Schlaf. Denn die Probanden beachteten die spezifischen Kontextinformationen nach dem Schlaf etwas mehr als nach dem Wachintervall, unabhängig davon, welchen Kontext die Kinder vor dem Abruf als letztes betreten hatten.

4.5 Nebeneffekte

4.5.1 Einfluss der Abrufbedingung

Ein wichtiges Designmerkmal des hier verwendeten Paradigmas ist die Reihenfolge des Abrufs gegenüber der Reihenfolge des Lernens. In der Studie von Newcombe et al. (2014) war diese Reihenfolge immer identisch, wobei die

Kinder während des Abrufs stets einen Fehler machten (semantisch korrekt), wenn sie denjenigen Container wählten, den sie zuletzt als Versteck gesehen hatten. Indem wir die Reihenfolge von Lernen und Abruf manipulierten, konnten wir den Effekt der *recency* also die Neigung, das zuletzt gesehene Versteck zu wählen, quantifizieren.

Auf die **Fehlerrate**, also die Wahrscheinlichkeit weder semantisch noch vollständig korrekt zu antworten, zeigte sich, wie zu erwarten, kein Einfluss der Abrufbedingung, da diese, als unspezifisches Gedächtnismaß, sowohl Kontext- als auch Wiedererkennungsgedächtnis berücksichtigt.

Auf den **Integrationsindex** hatte die Abrufbedingung einen starken Einfluss. Gemäß der oben beschriebenen Annahme fanden wir einen deutlich größeren Anteil vollständig korrekter Antworten in der Bedingung, in der der Kontext zwischen letzter Lernerfahrung und erstem Abruf gleich blieb gegenüber derjenigen, wenn dieser Kontext wechselte. Die Kleinkinder reagierten also spontan, beeinflusst von der unmittelbar vorausgehenden Handlung. Diese Beobachtung ist vereinbar mit der Schlussfolgerung, die Newcombe und Kollegen (2014) aus ihren Studienergebnissen ziehen: Die episodische Gedächtnisspur, die durch Kontextinformationen bei Kleinkindern zwischen 15-40 Monaten hervorrufen wird ist noch instabil. Die Ergebnisse könnten jedoch auch ebenso auf eine Überforderung der exekutiven Kontrollfunktionen der Kinder hindeuten. Mit dem *recency*-Effekt der letzten Lernaufgabe wird eine vordringliche Antworttendenz (*prepotent response*) induziert, die im gewechselten Kontext gehemmt werden muss um erfolgreich zu sein. Da die exekutiven Kontrollfunktionen während der Vorschul- und bis in die Schulzeit hinein reifen (Garon, Bryson, & Smith, 2008), stellen sie einen starken konfundierenden Faktor dar, dessen Einfluss auf den Abruf episodischer Gedächtnisinhalte minimiert werden sollte.

Da die Abrufbedingung innerhalb der Versuchspersonen randomisiert wurde, konnte dieser Effekt die übrigen Testungen jedoch nicht verfälschen.

4.5.2 Einfluss des Versuchstages und der Reihenfolge der Retentionsbedingungen (Schlaf zuerst/Wach zuerst)

Da wir den Einfluss der beiden Retentionsbedingungen Schlaf und Wach innerhalb der Versuchspersonen manipulierten, nahmen die Probanden an zwei aufeinanderfolgenden Versuchsterminen teil. Bei diesem Versuchsdesign müssen Reihenfolgeeffekte in Betracht gezogen werden. Um diese Reihenfolgeeffekte zu minimieren fanden die Versuchstermine in einem Abstand von mindestens zwei Wochen und in zwei unterschiedlichen Gebäuden statt. Es zeigte sich kein Anhalt auf Wiederholungseffekte, der Versuchstag hatte keinen reliablen Einfluss auf Fehlerrate oder Integrationsindex

4.5.3 Einfluss des Alters und des Geschlechts

4.5.3.1 Alter

Wie einleitend dargelegt, findet gemäß Newcombe und Kollegen (2014) u.a. im Altersbereich der vorliegenden Stichprobe ein qualitativer Entwicklungssprung des Kontextgedächtnisses statt. Der entsprechende Altersvergleich ist in der vorliegenden Studie aufgrund der geringen Stichprobengröße nur bedingt aussagekräftig. Obgleich sich numerisch ein leicht gesteigerter **Integrationsindex** bei den älteren Kindern feststellen ließ, konnte dieser nicht statistisch abgesichert werden. Es wäre wünschenswert, diesen Hinweis auf einen Alterseffekt in einer größeren Stichprobe zu untermauern.

Die **Fehlerrate**, die das Wiedererkennensgedächtnis mit abbildet, zeigte erwartungsgemäß keinen Altersunterschied.

Der erwartete altersabhängige Einfluss des Schlafs auf die Familiarisierung und damit verbesserte Kontextintegration wurde in einer Interaktion zwischen Schlafeffekt und Alter auf den Integrationsindex getestet. Hier konnten keine reliablen Effekte gefunden werden, was jedoch angesichts der kleinen Stichprobe in erster Linie der geringen Teststärke geschuldet sein mag.

4.5.3.2 Geschlecht

Ebenso konnten wir keinen Einfluss des Geschlechts auf Fehlerrate, Integrationsleistung und deren Interaktionen feststellen.

Die hier beschriebenen Zusammenhänge können allerdings nur einen ersten Eindruck geben, da die Fallzahl für tragfähige Analysen, insbesondere der Interaktionen, zu gering sind. Obwohl diese Personenvariablen zentral für unsere Theoriebildung sind, ist es jedoch nur möglich, sie als Nebenvariablen zu betrachten.

4.6 Qualitative Beurteilung und Beurteilung der Methode

Die Analyse der benötigten Antwortversuche bis zur korrekten Antwort befürwortete einhergehend mit der Argumentation in Kap. 4.4 *Einfluss von Schlaf auf die Kontextintegration anhand des Integrationsindex – Test auf zentrale Hypothese* im Trend einen leichten Vorteil der Schlafbedingung gegenüber der Wachbedingung.

Um die Aussagekraft der statistischen Ergebnisse über die tatsächlich vorhandene Integrationskompetenz der Kinder einzuordnen, prüften wir in einer qualitativen Analyse das Verhalten der Probanden. Als Maß für die Motivation zur Versuchsaufgabe diente die absolute Anzahl der absolvierten Durchgänge und die standardisierte Einschätzung des Verhaltens (zielgerichtet oder nicht zielgerichtet). Es zeigte sich keine Differenz der absolvierten Durchgänge zwischen den Retentionsbedingungen. Hingegen stellte sich ein deutlicher Schlafeffekt auf das Verhalten (zielgerichtet oder nicht zielgerichtet) heraus. Obwohl der Studienablauf eine 30-minütige Aufwachphase beinhaltete gingen die Kinder nach Schlaf eindeutig weniger zielgerichtet vor als nach dem Wachintervall. Hier muss der Einfluss der *sleep inertia*, eines Zustands verminderter Aufmerksamkeit, Konzentrationsfähigkeit sowie veränderter Stimmungslagen mit in Betracht gezogen werden. Insbesondere kognitive Prozesse höherer Ordnung, wie z.B. die bewusste Unterdrückung eines inneren Impulses, ist vom Phänomen der *sleep inertia* betroffen. Ebenso nimmt der bei

Kleinkindern intensive und lange SWS einen stärkeren Einfluss auf die Ausprägung der Einschränkungen (Hilditch & McHill, 2019). Es liegen jedoch kaum belastbare entwicklungspezifische Daten zu diesem Thema vor. Eine kleine Studie mit 6-12-jährigen Kindern konnte allerdings Hinweise auf verlängerte Reaktionszeiten nach Aufwachen aus SWS liefern. Zudem zeigten sich die Befunde altersabhängig: Die jüngeren Kinder (6-7 Jahre) waren beim Abruf stärker beeinträchtigt als die älteren Teilnehmer (Hilditch & McHill, 2019; Splaingard, Hayes, & Smith, 2007).

In der vorliegenden Studie waren die Kinder in der Zeit nach ihrem Mittagschlaf weniger durch den Versuchsleiter ansprechbar, zeigten weniger zielgerichtetes Verhalten und waren leichter durch Kontext-Spielzeug ablenkbar. Sie waren also weniger gut in der Lage, spontane innere Impulse zu unterdrücken, um dem Untersuchungsablauf zu folgen. Diese Beobachtung könnte zum Teil Ausdruck einer durch *sleep inertia* eingeschränkten exekutiven Funktion sein (Hilditch & McHill, 2019).

Der gefundene negative Schlafeffekt auf Motivation und zielgerichtetes Vorgehen wirkt dem postulierten positiven Schlafeffekt auf die Fähigkeit zur Kontextintegration möglicherweise signifikant entgegen. Auch wenn die qualitative Auswertung der Verhaltensdaten insgesamt betrachtet eine altersentsprechend gute Kooperation und Motivation der Kinder annehmen lässt, sollte doch die Weiterentwicklung der Methode vorangetrieben und insbesondere die möglichen Effekte der *sleep inertia* systematisch erfasst werden. Es ist hierbei zu bedenken, dass der Ausgestaltung des Studienprotokolls insofern Grenzen gesetzt sind, dass die Retentionsdauer zwischen Schlaf- und Wachbedingung in etwa gleich gehalten werden soll, was bei langem Mittagsschlaf sowie darauffolgend langer Aufwachphase zu ausgesprochen langen Wachperioden führen würde, an deren Ende mit erheblicher Müdigkeit zu rechnen ist. Darüber hinaus sollte grundsätzlich in Betracht gezogen werden, den Stress für die Kinder und Eltern zu reduzieren indem auf polysomnografische Aufzeichnung zugunsten zuverlässiger Verhaltensdaten verzichtet wird.

Neben diesen Aspekten war zu erkennen, dass bei den Kleinkindern ein prinzipielles Verständnis für die Versuchsaufgabe vorhanden war. Wie auch

Newcombe et al. (2014) bereits folgerten, konnten unsere Ergebnisse bestätigen, dass das vorliegende Paradigma geeignet war, um Kontextgedächtnis in der teilnehmenden Altersgruppe nachzuweisen. Da die Testbedingungen, namentlich die Lernkontexte Spielküche, Teddyklinik, Zoo- und Zugzimmer, sowie das Versteckspiel der natürlichen Lebenswelt von Kleinkindern entsprechen (DeLoache, 1980), bestätigen die Verhaltensdaten unsere Erwartungen. Folglich erfüllten die im Licht der Verhaltensanalyse interpretierten statistischen Ergebnisse unsere Erwartungen in Bezug auf die methodische Fragestellung der vorliegenden Abhandlung (vgl. Kap. 1.3.3 *Methodische Zielsetzung der vorliegenden Studie*). Weitere Testungen mit 2-jährigen Kindern können nun darauf aufbauen bzw. das Paradigma mithilfe der gewonnenen Erfahrungswerte weiterentwickeln. Ein bedeutender Ansatzpunkt könnte dabei die Ablenkung durch die Kontext-Spielzeuge sein. Denn von den 19 bei der Auswertung berücksichtigten Probanden ließen sich im Verlauf des Experiments 14 durch die Kontext-bildenden Spielsachen ablenken. Die begrenzte Konzentrationsfähigkeit der 2-jährigen Teilnehmer muss berücksichtigt werden (vgl. Kap. 4.7.2 *Alter*). Möglicherweise könnte der Fokus der Kinder leichter auf das Versteckspiel gelenkt werden, wenn nicht ein Spielzeug versteckt würde, sondern ein Mensch sich in einem geeigneten Versteck verbergen würde.

4.7 Limitationen der Studie

4.7.1 Stichprobe und deren Rekrutierung

Die Rekrutierung der Probanden gestaltete sich schwierig und zeitintensiv. Die Gesamtheit der in Frage kommenden Versuchsteilnehmer ist gering und schwer zugänglich. Einige Familien, aus denen die Teilnehmer kamen, waren in der Vergangenheit bereits über andere Studien in einer Datenbank unseres Institutes eingeschrieben. Um darüber hinaus in Kontakt mit Eltern zu kommen, wurde Informationsmaterial in öffentlichen Einrichtungen verteilt. Auch Veranstaltungen wurden als Plattform genutzt, potenzielle Probanden mit unserer Studie bekannt zu machen. Zugriff auf das Geburtenregister der Stadt Tübingen wurde im

Rahmen eines Amtshilfeersuchens angefragt, jedoch abgelehnt. Der hohe Rekrutierungsaufwand erschwerte die Durchführung unserer Experimente erheblich und erwies sich als ungünstig, um eine hohe Probandenzahl zu erreichen. Die Randomisierung von Kontrollvariablen, sowie die prinzipielle statistische Aussagekraft der Ergebnisse war dadurch eingeschränkt.

Wir empfehlen daher aus praktischen Gesichtspunkten bei der weiteren Anwendung des vorliegenden Designs, diese Herausforderung zu berücksichtigen. Um die Teilnahme an einer vergleichbaren zukünftigen Studie für Familien attraktiver zu machen, wäre ein Ansatzpunkt, den Aufwand und die Belastung für alle Studienteilnehmer zu reduzieren. Der Verzicht auf eine polysomnografische Erhebung oder die Verlagerung in und Anpassung des Experiments an das Zuhause der Kleinkinder sind hier als Optionen zu nennen.

4.7.2 Alter

Aus entwicklungspsychologischen Gesichtspunkten muss bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden, dass die natürlichen Schwankungen zwischen den einzelnen Individuen bei Kleinkindern im Alter von zwei Jahren in Bezug auf Entwicklungsfortschritte vergleichsweise groß sind. Als bedeutendes Beispiel ist die sprachliche Kompetenz zu nennen. Besonders bei einer kleinen Stichprobe, wie in der vorliegenden Studie, fallen die physiologischen Entwicklungsunterschiede stark ins Gewicht. Vor der Durchführung des Gedächtnisexperimentes prüften wir daher anhand des Bayley II-Entwicklungstests, ob die Probanden hinsichtlich ihrer kognitiven Entwicklung ein bestimmtes Mindestmaß nicht unterschritten und konnten so sicherstellen, dass die Stichprobe entwicklungspsychologisch annähernd homogen ist.

Hinzu kommt die in verschiedenen Situationen stark schwankende Aufmerksamkeitsspanne der Kinder. Insbesondere in der qualitativen Auswertung der Videoaufzeichnungen fielen starke Differenzen der Aufmerksamkeit auf. Die zu den Kontexten gehörenden Spielzeuge beinhalteten großes Potential, die Kleinkinder vom Versteckspiel abzulenken. Somit bedeutet

eine schlechte Versuchspersonenperformance in der vorliegenden Altersgruppe nicht notwendigerweise eine zugrundeliegende Schwäche im Kontextgedächtnis.

4.8 Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie bringt uns in der Forschung mit Kleinkindern zum Einfluss von Schlaf auf die Gedächtnisbildung einen Schritt weiter.

Das Paradigma erwies sich zur Beurteilung assoziativer Gedächtnisleistungen bei 2-jährigen Kindern als geeignet. In erster Linie kann man dies aus dem direkten Nachweis der unspezifischen Gedächtnisleistung mittels Fehlerrate schließen. Doch nicht nur die einzelne Analyse, sondern auch die Gesamtschau aller statistischen und qualitativen Ergebnisse zeigt, dass die Kleinkinder, ihrem Alter entsprechend, konzentriert und motiviert am Experiment mitwirkten und die abhängigen Maße weitgehend zuverlässig Rückschlüsse auf tatsächliche assoziative Gedächtniskompetenzen zulassen.

Unsere Untersuchung der Kontextintegration mittels des Integrationsindex bestätigte die Auffassung, dass die Fähigkeit zur Kontextintegration bei den teilnehmenden Kleinkindern vorhanden, jedoch noch nicht vollständig ausgeprägt war (DeLoache, 1980; Newcombe et al., 2014).

Außerdem bestätigte die Beobachtung, dass die Kinder unter der Abrufbedingung gleicher Raum zuerst signifikant mehr Fehler machten, wenn sie zuvor wachten den vielfach nachgewiesenen förderlichen Effekt des Schlafs für die Stabilisierung von Gedächtnisinhalten (z.B. Gais & Born, 2004; Plihal & Born, 1997).

Die bisherigen Belege dafür, dass Schlaf auch bei Kindern die Abstraktion schematischen Wissens fördert (Friedrich et al., 2015; Gómez et al., 2006; Huber & Born, 2014; Hupbach et al., 2009; James et al., 2017; Keresztes et al., 2017; Wilhelm, Rose, Imhof, Rasch, Buchel, et al., 2013), konnten durch die vorliegende Studie für schematisches Wissen über den räumlichen Kontext eines Experiments allerdings nicht eindeutig bestätigt werden. Zwar weisen die Auswertung der gesamten Durchgänge und der Interaktion zwischen

Retentionsbedingung und Abrufbedingung in die erwartete Richtung, aber der methodisch zuverlässigeren ersten Antwort muss an dieser Stelle mehr Gültigkeit zugemessen werden. Die beschriebenen Trends sollten in jedem Fall durch weiterführende Studien mit einer größeren Probandenzahl unter Weiterentwicklung der Methodik bestätigt werden.

Die Wichtigkeit der Entwicklung einer speziell für Kleinkinder geeigneten Methode wurde durch die qualitative Auswertung der vorliegenden Studie einmal mehr bestätigt.

Entgegen dem postulierten förderlichen Einfluss des Schlafs auf das Kontextgedächtnis fand sich ein negativer Effekt von Schlaf auf die Aufmerksamkeit und Motivation der Kleinkinder. Sie gingen bei ihrer Suche nach dem Mittagschlaf weniger zielgerichtet vor, sodass ihre tatsächliche Gedächtnisleistung nicht sicher abgebildet werden konnte.

In Anbetracht der entwicklungspezifischen Besonderheiten liefert die vorliegende Studie durch die Betrachtung methodischer Einflüsse einen wertvollen Mehrwert für jede weitere Studie mit kleinen Kindern.

Da aufgrund der zu kleinen Teilnehmerzahl die Aussagekraft der vorliegenden Ergebnisse eingeschränkt ist, sollte die Fragestellung nach den Zusammenhängen zwischen der Bedeutung schematischer Information über die Versuchsumgebung und deren Abstraktion während des Schlafs in der Kindheit, weiterhin verfolgt werden. Es liegen derzeit noch viel zu wenige entwicklungspezifische Daten zu diesem Thema vor. Um die Entwicklung von Schlaf und Gedächtnis bei Kleinkindern sicher zu verstehen, muss die Bedeutung des Lernkontextes einbezogen werden (Hupbach et al., 2011). Denn insbesondere das episodische Gedächtnis ist stark kontextabhängig. Gleichmaßen darf die Vertrautheit mit dem Kontext und damit verbundenem Vorwissen nicht vernachlässigt werden, weil die tatsächliche Gedächtnisleistung von Kleinkindern sonst schnell unterschätzt werden kann (DeLoache, 1980; Shatz, 1978).

Durch ihre zweifache Zielsetzung konnte die vorliegende Arbeit durchaus einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Verständnisses der kindlichen

Gedächtnisentwicklung im Schlaf wie auch eines für Kleinkinder geeigneten Paradigmas leisten.

5 Zusammenfassung

Bis heute ist unsicher, wie Schlaf auf die Gedächtnisbildung bei Kindern wirkt (Huber & Born, 2014; Rasch & Born, 2013; Werchan & Gómez, 2014). Die Frage, inwiefern Kleinkinder komplexere Kontextinformationen integriert verarbeiten und neue Lerninhalte damit verknüpfen können (Kontextgedächtnis), bearbeiteten bisher lediglich Newcombe und Kollegen (2014). Wahrscheinliche Einflussfaktoren wie Vertrautheit mit der Versuchsumgebung und damit verbundenes schematisches Vorwissen wurden in diesem Zusammenhang kaum beforscht (DeLoache, 1980; Huber & Born, 2014; James et al., 2017; Wilhelm et al., 2008; Wilhelm, Metzkw-Mészáros, et al., 2012; Wilhelm, Prehn-Kristensen, et al., 2012; Wilhelm, Rose, Imhof, Rasch, Buchel, et al., 2013). Die zentralen Hypothesen der vorliegenden Studie lauten daher:

- 1. Unterschiede in der Gedächtnisleistung unserer Versuchsteilnehmer sind auf unterschiedlich ausgeprägte Vertrautheit mit der Versuchsumgebung zurückzuführen.**
- 2. Schlaf begünstigt in einem Abstraktionsprozess nach vorausgehender Familiarisierung mit dem Lernkontext die Bildung schematischer Netzwerke mit folglich verbesserter Gedächtnisleistung.**

An der vorliegenden Studie nahmen 25 Kinder zwischen 26 und 36 Monaten teil. Die Retentionsbedingung Schlaf vs. Wach als zentrale unabhängige Variable wurde innerhalb der Versuchspersonen variiert. Auf Grundlage des Paradigmas von Newcombe und Kollegen (2014) absolvierten die Probanden eine räumliche Suchaufgabe in zwei verschiedenen Kontexten mit je vier gleichen Verstecken. Nach einer Familiarisierungszeit in den Kontexten hielten die Kleinkinder Mittagschlaf bzw. wachten in der Kontrollbedingung. Bei der Enkodierung versteckten sie je eine Handpuppe in einem spezifischen Zielcontainer pro Kontext.

Die Untersuchung zeigte, dass die Kleinkinder zur Integration spezifischer Kontextinformationen in der Lage waren. Ein Schlafeffekt auf die beobachtete Integrationsleistung ließ sich nicht nachweisen. Eine qualitative Auswertung

ergab, dass die Kinder nach einem Schlafintervall weniger zielgerichtet vorgehen als nach Wachheit.

Passend zu der Vorstellung einer graduellen Entwicklung assoziativer Gedächtnisleistungen in den ersten Lebensjahren (DeLoache, 1980; Newcombe et al., 2014), bewiesen unsere 2-jährigen Probanden im Rahmen des vorliegenden Paradigmas eine stabile, wenn auch nicht vollkommen ausgereifte Fähigkeit zur Integration komplexer Kontextinformationen.

Die vorliegenden Ergebnisse sprechen entgegen bisheriger Belege (Friedrich et al., 2015; Gómez et al., 2006; Huber & Born, 2014; Hupbach et al., 2009; James et al., 2017; Keresztes et al., 2017; Wilhelm, Rose, Imhof, Rasch, Buchel, et al., 2013) nicht dafür, dass Schlaf bei Kleinkindern die Abstraktion schematischen Wissens fördert.

Möglicherweise beeinflusst der Grad an Vertrautheit in qualitativer Hinsicht die Art und Weise *wie* spezifische Kontextinformationen als Erinnerungshilfen funktionieren (Acredolo, 1979; DeLoache, 1980; Hupbach et al., 2011; Newcombe et al., 2014; Robin, Garzon, & Moscovitch, 2019). Aus statistischer Sicht muss darüber hinaus die geringe Probandenzahl und damit verbunden die niedrige Teststärke beachtet werden, sodass die vorliegenden Ergebnisse nicht ohne Weiteres auf die Grundgesamtheit verallgemeinerbar sind. Weitere Untersuchungen mit einer größeren Teilnehmerzahl halten wir für notwendig. So könnte zusätzlich kontrolliert werden, inwiefern sich die Kleinkinder des Raumkontextes vor dem Retentionsintervall bewusst waren. Basierend auf solchen grundlegenden Forschungen kann in einem zweiten Schritt der wissenschaftliche Kenntnisstand über den Einfluss von Schlaf auf das Kontextgedächtnis bei Kleinkindern erweitert werden.

6 Verzeichnisse

6.1 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1 Wach- und Schlafzeiten und der Anteil von non-REM- und REM-Schlaf im Verlauf des menschlichen Lebens (adaptiert nach Roffwarg et al., 1966)</i>	3
<i>Abbildung 2 Hypnogramm eines Schulkindes (links) im Vergleich zum Hypnogramm eines Erwachsenen (rechts)</i>	4
<i>Abbildung 3 Altersverteilung der Stichprobe</i>	35
<i>Abbildung 4 Überblick über den Versuchsaufbau</i>	40
<i>Abbildung 5 Ablauf der Experimentaltermine</i>	43
<i>Abbildung 6 Raumpläne Labor A</i>	45
<i>Abbildung 7 Raumpläne Labor B</i>	46
<i>Abbildung 8 Schematische Darstellung der Elektrodenpositionen am Kopf</i>	51
<i>Abbildung 9 Mittlere Fehlerrate (+/- Standardfehler) in Abhängigkeit vom Versuchsdurchgang</i>	59
<i>Abbildung 10 Integrationsindex in Abhängigkeit vom Versuchsdurchgang</i>	60
<i>Abbildung 11 Mittlere Fehlerrate der ersten Antwort im Vergleich zwischen den Retentionsbedingungen Schlaf vs. Wach</i>	61
<i>Abbildung 12 Zusammenhang zwischen Fehlerrate, Retentionsbedingung und Abrufbedingung</i>	62
<i>Abbildung 13 Integrationsindex der ersten Antwort im Vergleich zwischen den Retentionsbedingungen Schlaf und Wach</i>	64
<i>Abbildung 14 Zusammenhang zwischen Integrationsindex, Retentionsbedingung und Abrufbedingung</i>	65
<i>Abbildung 15 Abhängigkeit des Integrationsindex von der Abrufbedingung</i>	67
<i>Abbildung 16 Abhängigkeit der mittleren Fehlerrate (+/- Standardfehler) vom Versuchstag</i>	68
<i>Abbildung 17 Abhängigkeit des mittleren Integrationsindex (+/- Standardfehler) vom Versuchstag</i>	69
<i>Abbildung 18 Fehlerrate und Integrationsindex in Abhängigkeit vom Alter der Probanden</i>	70

<i>Abbildung 19 Fehlerrate und Integrationsindex in Abhängigkeit vom Geschlecht</i>	71
<i>Abbildung 20 Versuche bis zum Erfolg im Vergleich zwischen den Retentionsbedingungen</i>	72
<i>Abbildung 21 Absolvierte Durchgänge im Vergleich der Retentionsbedingungen</i>	75
<i>Abbildung 22 Anteil der zielgerichteten Versuche im Vergleich zwischen den Retentionsbedingungen</i>	76

6.2 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1 Die vier Hauptgruppen</i>	36
<i>Tabelle 2 Bedingung der Abrufreihenfolge</i>	37
<i>Tabelle 3 Die acht Untergruppen und deren Probandenzahl</i>	38
<i>Tabelle 4 Unabhängige Variablen</i>	39
<i>Tabelle 5 Fixierte Rahmenbedingungen</i>	40

6.3 Literaturverzeichnis

Acredolo, L. P. (1979). Laboratory versus Home: The Effect of Environment on the 9-Month-Old Infant's Choice of Spatial Reference System. *Developmental Psychology*. Retrieved from <http://www.science.gov/scigov/desktop/en/ostiblue/service/link/track?redirectUrl=http%3A%2F%2Feric.ed.gov%2F%3Fq%3DLaboratory%2BAND%2Bversus%2BAND%2Bhome%253a%2BAND%2Beffect%2BAND%2Benvironment%2BAND%2B9-month-old%2BAND%2Binfant%2527s%2BAND%2Bchoice%2BAND%2Bspatial%2BAND%2Breference%2BAND%2Bsystem%2BAND%2BAcredolo%26id%3DEJ222161&collectionCode=ERIC&searchId=abfc021e-020c-4507-b58c->

[91d4df630163&type=RESULT&signature=51ac60211aeb3e15227953bc36af6834690d137d192bc26231b7c173d95014ff](https://doi.org/10.1162/0898929053124901)

- Adlam, A. L., Vargha-Khadem, F., Mishkin, M., & de Haan, M. (2005). Deferred imitation of action sequences in developmental amnesia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*(2), 240-248. doi:10.1162/0898929053124901
- Alba, J. W., & Hasher, L. (1983). Is memory schematic? *Psychological Bulletin*, *93*, 203-231. doi:10.1037//0033-2909.93.2.203
- Anderson, C. (1984). Role of the reader's schema in comprehension, learning, and memory. In C. Anderson, J. Osborn, & R. Tierney (Eds.), *Theoretical models and processes of reading*. Newark: International Reading Association.
- Backhaus, J., Hoeckesfeld, R., Born, J., Hohagen, F., & Junghanns, K. (2008). Immediate as well as delayed post learning sleep but not wakefulness enhances declarative memory consolidation in children. *Neurobiol Learn Mem*, *89*(1), 76-80. doi:10.1016/j.nlm.2007.08.010
- Baddeley, A., Eysenck, M. W., & Anderson, M. C. (2010). *Memory* (1 ed.). England: Psychology Press.
- Barr, R., Dowden, A., & Hayne, H. (1996). Developmental changes in deferred imitation by 6- to 24-month-old infants. *Infant Behavior and Development*, *19*(2), 159-170. doi:10.1016/S0163-6383(96)90015-6
- Bartlett, F. C. (1932). *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*: Cambridge University Press.
- Battaglia, F. P., Benchenane, K., Sirota, A., Pennartz, C. M. A., & Wiener, S. I. (2011). The hippocampus: hub of brain network communication for memory. *Trends Cogn Sci*, *15*(7), 310-318. doi:10.1016/j.tics.2011.05.008
- Bauer. (2004). Getting explicit memory off the ground: Steps toward construction of a neuro-developmental account of changes in the first two years of life. *Developmental Review*, *24*(4), 347-373. doi:10.1016/j.dr.2004.08.003
- Bauer. (2011). Early memory development. In U. Goswami (Ed.), *In The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development* (2nd ed., pp. 153–178): Wiley–Blackwell.
- Bauer, P. J., Doydum, A. O., Pathman, T., Larkina, M., Guler, O. E., & Burch, M. (2012). It's all about location, location, location: children's memory for the "where" of personally experienced events. *J Exp Child Psychol*, *113*(4), 510-522. doi:10.1016/j.jecp.2012.06.007
- Bayley, N. (2007). *Bayley Scales of Infant Development* (2nd ed.). Frankfurt/M.: Pearson Assessment.
- Benes, F. M., Turtle, M., Khan, Y., & Farol, P. (1994). Myelination of a key relay zone in the hippocampal formation occurs in the human brain during childhood, adolescence, and adulthood. *Arch Gen Psychiatry*, *51*(6), 477-484.
- Birbaumer, N., & Schmidt, R. (2010). *Biologische Psychologie* (7 ed.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg.

- Born, J., Rasch, B., & Gais, S. (2006). Sleep to Remember. *The Neuroscientist*, 12(5), 410-424. doi:10.1177/1073858406292647
- Bower, G., Karlin, M. B., & Dueck, A. (1975). *Comprehension and memory for pictures* (Vol. 3).
- Brown, A. L., & DeLoache, J. S. (1978). Skills, Plans, and Self-Regulation. In R. Siegler (Ed.), *Children's Thinking: What Develops?* Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Campbell, I. G., & Feinberg, I. (2009). Longitudinal trajectories of non-rapid eye movement delta and theta EEG as indicators of adolescent brain maturation. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 106(13), 5177-5180. doi:10.1073/pnas.0812947106
- Carskadon, M. A., Acebo, C., & Jenni, O. G. (2004). Regulation of Adolescent Sleep: Implications for Behavior. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1021(1), 276-291. doi:10.1196/annals.1308.032
- Chi, M. T. (1978). Knowledge, structure and memory development. In R. S. Siegler (Ed.), *Children's Thinking. What Develops?* Hillsdale, NJ: Lawrence erbum associates.
- Collie, R., & Hayne, H. (1999). Deferred imitation by 6- and 9-month-old infants: more evidence for declarative memory. *Developmental Psychobiology*, 35(2), 83-90.
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11(6), 671-684. doi:10.1016/S0022-5371(72)80001-X
- de Weerd, A. W., & van den Bossche, R. A. S. (2003). The development of sleep during the first months of life. *Sleep Medicine Reviews*, 7(2), 179-191. doi:10.1053/smr.2002.0198
- Deese, J. (1959). Influence of Inter-Item Associative Strength upon Immediate Free Recall. *Psychological Reports*, 5(3), 305-312. doi:10.2466/pr0.1959.5.3.305
- DeLoache, J. S. (1980). *Naturalistic studies of memory for object location in very young children* (Vol. 1980).
- Diekelmann, S., & Born, J. (2010). The memory function of sleep. *Nat Rev Neurosci*, 11(2), 114-126. doi:10.1038/nrn2762
- Eacott, M. J., & Crawley, R. A. (1998). The offset of childhood amnesia: memory for events that occurred before age 3. *J Exp Psychol Gen*, 127(1), 22-33.
- Eckenhoff, M., & Rakic, P. (1992). A quantitative analysis of synaptogenesis in the molecular layer of the dentate gyrus in the rhesus monkey. *Brain Research. Developmental Brain Research*, 64, 129-135. doi:10.1016/0165-3806(91)90216-6
- Fischer, S., & Born, J. (2009). Anticipated reward enhances offline learning during sleep. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(6), 1586-1593. doi:10.1037/a0017256

- Fivush, R., Gray, J. T., & Fromhoff, F. A. (1987). Two-year-old talk about the past. *Cognitive Development, 2*(4), 393-409. doi:10.1016/S0885-2014(87)80015-1
- Friedrich, M., Wilhelm, I., Born, J., & Friederici, A. D. (2015). Generalization of word meanings during infant sleep. *nature Communications*. doi:10.1038/ncomms7004
- Gais, S., Albouy, G., Boly, M., Dang-Vu, T. T., Darsaud, A., Desseilles, M., . . . Peigneux, P. (2007). Sleep transforms the cerebral trace of declarative memories. *Proc Natl Acad Sci U S A, 104*(47), 18778-18783. doi:10.1073/pnas.0705454104
- Gais, S., & Born, J. (2004). Declarative memory consolidation: mechanisms acting during human sleep. *Learn Mem, 11*(6), 679-685. doi:10.1101/lm.80504
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological Bulletin, 134*(1), 31-60. doi:10.1037/0033-2909.134.1.31
- Gaudreau, H., Carrier, J., & Montplaisir, J. (2001). Age-related modifications of NREM sleep EEG: from childhood to middle age. *Journal of Sleep Research, 10*(3), 165-172. doi:10.1046/j.1365-2869.2001.00252.x
- Ghosh, V. E., & Gilboa, A. (2014). What is a memory schema? A historical perspective on current neuroscience literature. *Neuropsychologia, 53*, 104-114. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2013.11.010
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Jeffries, N. O., Castellanos, F. X., Liu, H., Zijdenbos, A., . . . Rapoport, J. L. (1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience, 2*(10), 861-863. doi:10.1038/13158
- Giuditta, A., Ambrosini, M. V., Montagnese, P., Mandile, P., Cotugno, M., Zucconi, G. G., & Vescia, S. (1995). The sequential hypothesis of the function of sleep. *Behavioural Brain Research, 69*(1), 157-166. doi:10.1016/0166-4328(95)00012-I
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., . . . Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proc Natl Acad Sci U S A, 101*(21), 8174. doi:10.1073/pnas.0402680101
- Gómez, R. L., Bootzin, R. R., & Nadel, L. (2006). Naps Promote Abstraction in Language-Learning Infants. *Psychol Sci, 17*(8), 670-674. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01764.x
- Halbower, A. C., & Mark Mahone, E. (2006). Neuropsychological morbidity linked to childhood sleep-disordered breathing. *Sleep Medicine Reviews, 10*(2), 97-107. doi:10.1016/j.smrv.2005.10.002
- Hannula, D. E., Tranel, D., & Cohen, N. J. (2006). The Long and the Short of It: Relational Memory Impairments in Amnesia, Even at Short Lags. *The Journal of Neuroscience, 26*(32), 8352. doi:10.1523/JNEUROSCI.5222-05.2006

- Hayne, H., Boniface, J., & Barr, R. (2000). The development of declarative memory in human infants: Age-related changes in deferred imitation. *Behavioral Neuroscience, 114*(1), 77-83. doi:10.1037/0735-7044.114.1.77
- Hayne, H., & Imuta, K. (2011). Episodic memory in 3- and 4-year-old children. *Developmental Psychobiology, 53*(3), 317-322. doi:10.1002/dev.20527
- Hilditch, C. J., & McHill, A. W. (2019). Sleep inertia: current insights. *Nature and science of sleep, 11*, 155-165. doi:10.2147/NSS.S188911
- Huber, R., & Born, J. (2014). Sleep, synaptic connectivity, and hippocampal memory during early development. *Trends Cogn Sci, 18*(3), 141-152. doi:10.1016/j.tics.2013.12.005
- Hupbach, A., Gomez, R., & Nadel, L. (2011). Episodic memory updating: the role of context familiarity. *Psychonomic Bulletin & Review, 18*(4), 787-797. doi:10.3758/s13423-011-0117-6
- Hupbach, A., Gomez, R. L., Bootzin, R. R., & Nadel, L. (2009). Nap-dependent learning in infants. *Dev Sci, 12*(6), 1007-1012. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00837.x
- Huppert, F. A., & Piercy, M. (1978a). Dissociation between learning and remembering in organic amnesia. *Nature, 275*(5678), 317-318. doi:10.1038/275317a0
- Huppert, F. A., & Piercy, M. (1978b). The role of trace strength in recency and frequency judgements by amnesic and control subjects. *Q J Exp Psychol, 30*(2), 347-354. doi:10.1080/14640747808400681
- Huttenlocher, P. R. (1990). Morphometric study of human cerebral cortex development. *Neuropsychologia, 28*(6), 517-527. doi:10.1016/0028-3932(90)90031-I
- Iglowstein, I., Jenni, O. G., Molinari, L., & Largo, R. H. (2003). Sleep duration from infancy to adolescence: reference values and generational trends. *Pediatrics, 111*(2), 302-307.
- Inostroza, M., & Born, J. (2013). Sleep for preserving and transforming episodic memory. *Annu Rev Neurosci, 36*, 79-102. doi:10.1146/annurev-neuro-062012-170429
- James, E., Gaskell, M. G., Weighall, A., & Henderson, L. (2017). Consolidation of vocabulary during sleep: The rich get richer? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 77*, 1-13. doi:10.1016/j.neubiorev.2017.01.054
- Jenni, O. G., & Carskadon, M. A. (2007). Sleep Behavior and Sleep Regulation from Infancy through Adolescence: Normative Aspects. *Sleep Medicine Clinics, 2*(3), 321-329. doi:10.1016/j.jsmc.2007.05.001
- Josselyn, S. A., & Frankland, P. W. (2012). Infantile amnesia: a neurogenic hypothesis. *Learning & Memory, 19*(9), 423-433. doi:10.1101/lm.021311.110
- Keresztes, A., Bender, A. R., Bodammer, N. C., Lindenberger, U., Shing, Y. L., & Werkle-Bergner, M. (2017). Hippocampal maturity promotes memory

- distinctiveness in childhood and adolescence. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 114(34), 9212-9217. doi:10.1073/pnas.1710654114
- Klein, S. (2016). *Der Einfluss von Schlaf auf die prozedurale Gedächtnisbildung bei Kindern: Untersuchungen auf einen Langzeiteffekt*. (MD). Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen, Germany.
- Kurth, S., Ringli, M., Geiger, A., LeBourgeois, M., Jenni, O. G., & Huber, R. (2010). Mapping of cortical activity in the first two decades of life: a high-density sleep electroencephalogram study. *The Journal of Neuroscience: The official journal of the Society for Neuroscience*, 30(40), 13211-13219. doi:10.1523/JNEUROSCI.2532-10.2010
- Lavenex, P., & Banta Lavenex, P. (2013). Building hippocampal circuits to learn and remember: insights into the development of human memory. *Behavioural Brain Research*, 254, 8-21. doi:10.1016/j.bbr.2013.02.007
- Lewis, M., & Brooks-Gunn, J. (1979). Toward a theory of social cognition: The development of self. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 1979(4), 1-20. doi:10.1002/cd.23219790403
- Lewis, M., & Ramsay, D. (2004). Development of Self-Recognition, Personal Pronoun Use, and Pretend Play During the 2nd Year. *Child Dev*, 75(6), 1821-1831. doi:10.1111/j.1467-8624.2004.00819.x
- Marshall, L., & Born, J. (2007). The contribution of sleep to hippocampus-dependent memory consolidation. *Trends Cogn Sci*, 11(10), 442-450. doi:10.1016/j.tics.2007.09.001
- Marshall, L., Helgadóttir, H., Mölle, M., & Born, J. (2006). Boosting slow oscillations during sleep potentiates memory. *Nature*, 444(7119), 610-613. doi:10.1038/nature05278
- McClelland, J., McNaughton, B. L., & O'Reilly, R. (1995). *Why There are Complementary Learning Systems in the Hippocampus and Neocortex: Insights from the Successes and Failures of Connectionist Models of Learning and Memory* (Vol. 102).
- Mindell, J. A., Owens, J. A., & Carskadon, M. A. (1999). Developmental Features of Sleep. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 8(4), 695-725. doi:10.1016/S1056-4993(18)30149-4
- Montgomery-Downs, H., O'Brien, L., Gulliver, T., & Gozal, D. (2006). Polysomnographic Characteristics in Normal Preschool and Early School-Aged Children. *Pediatrics*, 117, 741-753. doi:10.1542/peds.2005-1067
- Morris, R. G. (2006). Elements of a neurobiological theory of hippocampal function: the role of synaptic plasticity, synaptic tagging and schemas. *Eur J Neurosci*, 23(11), 2829-2846. doi:10.1111/j.1460-9568.2006.04888.x
- Mullally, S. L., & Maguire, E. A. (2014). Learning to remember: the early ontogeny of episodic memory. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 9, 12-29. doi:10.1016/j.dcn.2013.12.006

- Nelson, C. A. (1997). The neurobiological basis of early memory development. In N. Cowan (Ed.), *The Development of Memory in Childhood* (pp. 41–82): Psychology Press.
- Nelson, K. (1989). *Narratives from the crib*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nelson, K., & Fivush, R. (2004). The Emergence of Autobiographical Memory: A Social Cultural Developmental Theory. *Psychol Rev*, *111*(2), 486-511. doi:10.1037/0033-295X.111.2.486
- Newcombe, N. S., Balcomb, F., Ferrara, K., Hansen, M., & Koski, J. (2014). Two rooms, two representations? Episodic-like memory in toddlers and preschoolers. *Dev Sci*, *17*(5), 743-756. doi:10.1111/desc.12162
- Oakes, L. M., Messenger, I. M., Ross-Sheehy, S., & Luck, S. J. (2009). New evidence for rapid development of color-location binding in infants' visual short-term memory. *Vis cogn*, *17*(1-2), 67-82. doi:10.1080/13506280802151480
- Oakes, L. M., Ross-Sheehy, S., & Luck, S. J. (2006). Rapid development of feature binding in visual short-term memory. *Psychol Sci*, *17*(9), 781-787. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01782.x
- Ohayon, M. M., Carskadon, M. A., Guilleminault, C., & Vitiello, M. V. (2004). Meta-analysis of quantitative sleep parameters from childhood to old age in healthy individuals: developing normative sleep values across the human lifespan. *Sleep*, *27*(7), 1255-1273.
- Peterson, C. (2002). Children's long-term memory for autobiographical events. *Developmental Review*, *22*(3), 370-402. doi:10.1016/S0273-2297(02)00007-2
- Plihal, W., & Born, J. (1997). Effects of early and late nocturnal sleep on declarative and procedural memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *9*(4), 534-547. doi:10.1162/jocn.1997.9.4.534
- Postma, A., Kessels, R. P. C., & van Asselen, M. (2008). How the brain remembers and forgets where things are: The neurocognition of object–location memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *32*(8), 1339-1345. doi:10.1016/j.neubiorev.2008.05.001
- Preston, A. R., & Eichenbaum, H. (2013). Interplay of hippocampus and prefrontal cortex in memory. *Current Biology*, *23*, R764-R773. doi:10.1016/j.cub.2013.05.041
- Rasch, B., & Born, J. (2013). About Sleep's Role in Memory. *Physiological Reviews*, *93*(2), 681-766. doi:10.1152/physrev.00032.2012
- Rasch, B., Buchel, C., Gais, S., & Born, J. (2007). Odor cues during slow-wave sleep prompt declarative memory consolidation. *SCIENCE*, *315*(5817), 1426-1429. doi:10.1126/science.1138581
- Ribordy, F., Jabes, A., Banta Lavenex, P., & Lavenex, P. (2013). Development of allocentric spatial memory abilities in children from 18 months to 5 years of age. *Cogn Psychol*, *66*(1), 1-29. doi:10.1016/j.cogpsych.2012.08.001

- Richmond, J., & Nelson, C. A. (2007). Accounting for change in declarative memory: A cognitive neuroscience perspective. *Developmental Review, 27*(3), 349-373. doi:10.1016/j.dr.2007.04.002
- Robin, J., Garzon, L., & Moscovitch, M. (2019). Spontaneous memory retrieval varies based on familiarity with a spatial context. *Cognition, 190*, 81-92. doi:10.1016/j.cognition.2019.04.018
- Roediger, H. L., & Mc Dermott, K. B. (1995). Creating false memories: Remembering words not presented in lists. *Journal of experimental psychology: learning, memory and cognition, 21*(4), 803-814. doi:10.1037/0278-7393.21.4.803
- Roffwarg, H. P., Muzio, J. N., & Dement, W. C. (1966). Ontogenetic Development of the Human Sleep-Dream Cycle. *SCIENCE, 152*.
- Schneider, W., Gruber, H., Gold, A., & Opwis, K. (1993). Chess Expertise and Memory for Chess Positions in Children and Adults. *J Exp Child Psychol, 56*(3), 328-349. doi:10.1006/jecp.1993.1038
- Seress, I., & Abraham, H. (2008). Pre- and postnatal morphological development of the human hippocampal formation. In C. A. Nelson & M. Luciana (Eds.), *Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience* (2nd ed., pp. 187–212): MIT Press.
- Shatz, M. (1978). The Relationship Between Cognitive Processes and the Development of Communication Skills. In B. Keasey (Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation*. Lincoln: University of Nebraska Press.
- Siegel. (2009). Sleep viewed as a state of adaptive inactivity. *Nature Reviews Neuroscience, 10*, 747. doi:10.1038/nrn2697
- Sirota, A., Csicsvari, J., Buhl, D., & Buzsáki, G. (2003). Communication between neocortex and hippocampus during sleep in rodents. *Proc Natl Acad Sci U S A, 100*(4), 2065-2069. doi:10.1073/pnas.0437938100
- Sluzenski, J., Newcombe, N. S., & Kovacs, S. L. (2006). Binding, relational memory, and recall of naturalistic events: a developmental perspective. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn, 32*(1), 89-100. doi:10.1037/0278-7393.32.1.89
- Sluzenski, J., Newcombe, N. S., & Satlow, E. (2004). Knowing Where Things Are in the Second Year of Life: Implications for Hippocampal Development. *Journal of Cognitive Neuroscience, 16*(8), 1443-1451. doi:10.1162/0898929042304804
- Splaingard, M., Hayes, J., & Smith, G. A. (2007). Impairment of reaction time among children awakened during stage 4 sleep. *Sleep, 30*(1), 104-108. doi:10.1093/sleep/30.1.104
- Squire, L., Knowlton, B., & Musen, G. (1993). The Structure and Organization of Memory. *Annual Review of Psychology, 44*(1), 453-495. doi:10.1146/annurev.ps.44.020193.002321
- Squire, L., & Zola-Morgan, S. (1991). The medial temporal lobe memory system. *SCIENCE, 253*, 1380-1386. doi:10.1126/science.1896849

- Staresina, B. P., Bergmann, T. O., Bonnefond, M., van der Meij, R., Jensen, O., Deuker, L., . . . Fell, J. (2015). Hierarchical nesting of slow oscillations, spindles and ripples in the human hippocampus during sleep. *Nature Neuroscience*, *18*, 1679. doi:10.1038/nn.4119
<https://www.nature.com/articles/nn.4119#supplementary-information>
- Stickgold, R. (2005). Sleep-dependent memory consolidation. *Nature*, *437*(7063), 1272-1278. doi:10.1038/nature04286
- Sullivan, K., & Winner, E. (1993). Three-year-olds' understanding of mental states: the influence of trickery. *J Exp Child Psychol*, *56*(2), 135-148. doi:10.1006/jecp.1993.1029
- Takashima, A., Petersson, K. M., Rutters, F., Tendolkar, I., Jensen, O., Zwarts, M. J., . . . Fernández, G. (2006). Declarative memory consolidation in humans: A prospective functional magnetic resonance imaging study. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *103*(3), 756. doi:10.1073/pnas.0507774103
- Tarullo, A. R., Balsam, P. D., & Fifer, W. P. (2011). Sleep and Infant Learning. *Infant and child development*, *20*(1), 35-46. doi:10.1002/icd.685
- Teffer, K., & Semendeferi, K. (2012). Human prefrontal cortex: evolution, development, and pathology. *Prog Brain Res*, *195*, 191-218. doi:10.1016/b978-0-444-53860-4.00009-x
- Tononi, G., & Cirelli, C. (2006). Sleep function and synaptic homeostasis. *Sleep Medicine Reviews*, *10*, 49-62. doi:10.1016/j.smrv.2005.05.002
- Townsend, E. L., Richmond, J. L., Vogel-Farley, V. K., & Thomas, K. (2010). Medial temporal lobe memory in childhood: developmental transitions. *Dev Sci*, *13*(5), 738-751. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00935.x
- Tranel, & Damasio. (2002). Neurological foundations of human memory. In A. D. Baddely, M. D. Kopelman, & B. A. Wilson (Eds.), *Handbook of Memory Disorders* (2nd ed., pp. 17-56). Chichester, UK: Wiley.
- Tucker, M. A., & Fishbein, W. (2008). Enhancement of Declarative Memory Performance Following a Daytime Nap Is Contingent on Strength of Initial Task Acquisition. *Sleep*, *31*(2), 197-203. doi:10.1093/sleep/31.2.197
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), *Organization of Memory* (pp. 381-403). New York: Academic Press.
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: From mind to brain. *Annual Review of Psychology*, *53*, 1-25. doi:10.1146/annurev.psych.53.100901.135114
- Tulving, E. (2005). Episodic memory and autoevidence: Uniquely human? In H. S. Terrace & J. Metcalfe (Eds.), *The missing link in cognition: Self-knowing consciousness in man and animals* (pp. 3-56). New York: Oxford University Press.
- Urschitz, M. S., Guenther, A., Eggebrecht, E., Wolff, J., Urschitz-Duprat, P. M., Schlaud, M., & Poets, C. F. (2003). Snoring, Intermittent Hypoxia and Academic Performance in Primary School Children. *American Journal of*

- Respiratory and Critical Care Medicine*, 168(4), 464-468.
doi:10.1164/rccm.200212-1397OC
- van Kesteren, M. T. R., Fernández, G., Norris, D. G., & Hermans, E. J. (2010). Persistent schema-dependent hippocampal-neocortical connectivity during memory encoding and postencoding rest in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 107(16), 7550-7555. doi:10.1073/pnas.0914892107
- van Kesteren, M. T. R., Rijpkema, M., Ruiter, D. J., & Fernández, G. (2010). Retrieval of Associative Information Congruent with Prior Knowledge Is Related to Increased Medial Prefrontal Activity and Connectivity. *The Journal of Neuroscience*, 30(47), 15888. doi:10.1523/JNEUROSCI.2674-10.2010
- van Kesteren, M. T. R., Ruiter, D. J., Fernández, G., & Henson, R. N. (2012). How schema and novelty augment memory formation. *Trends Neurosci*, 35(4), 211-219. doi:10.1016/j.tins.2012.02.001
- Wagner, U., Gais, S., Haider, H., Verleger, R., & Born, J. (2004). Sleep inspires insight. *Nature*, 427(6972), 352-355. doi:10.1038/nature02223
- Wamsley, E. J., Tucker, M. A., Payne, J. D., & Stickgold, R. (2010). A brief nap is beneficial for human route-learning: The role of navigation experience and EEG spectral power. *Learning & Memory*, 17(7), 332-336. doi:10.1101/lm.1828310
- Werchan, D. M., & Gómez, R. L. (2014). Wakefulness (Not Sleep) Promotes Generalization of Word Learning in 2.5-Year-Old Children. *Child Dev*, 85(2), 429-436. doi:10.1111/cdev.12149
- Wilhelm, I., Diekelmann, S., & Born, J. (2008). Sleep in children improves memory performance on declarative but not procedural tasks. *15*, 373-377. doi:10.1101/lm.803708
- Wilhelm, I., Metzkw-Mészáros, M., Knapp, S., & Born, J. (2012). Sleep-dependent consolidation of procedural motor memories in children and adults: the pre-sleep level of performance matters. *Dev Sci*, 15(4), 506-515. doi:10.1111/j.1467-7687.2012.01146.x
- Wilhelm, I., Prehn-Kristensen, A., & Born, J. (2012). Sleep-dependent memory consolidation--what can be learnt from children? *Neurosci Biobehav Rev*, 36(7), 1718-1728. doi:10.1016/j.neubiorev.2012.03.002
- Wilhelm, I., Rose, M., Imhof, K. I., Rasch, B., Büchel, C., & Born, J. (2013). The sleeping child outplays the adult's capacity to convert implicit into explicit knowledge. *Nature Neuroscience*, 16(4), 391-393. doi:10.1038/nn.3343
- Wilhelm, I., Rose, M., Imhof, K. I., Rasch, B., Büchel, C., & Born, J. (2013). The sleeping child outplays the adult's capacity to convert implicit into explicit knowledge. *Nature Neuroscience*, 16, 391. doi:10.1038/nn.3343
<https://www.nature.com/articles/nn.3343#supplementary-information>
- Wilson, M. A., & McNaughton, B. L. (1994). Reactivation of hippocampal ensemble memories during sleep. *SCIENCE*, 265(5172), 676-679.

- Wimmer, H., & Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs: representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*, 13(1), 103-128. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6681741>
- Yonelinas, A. P. (2002). The Nature of Recollection and Familiarity: A Review of 30 Years of Research. *Journal of Memory and Language*, 46(3), 441-517. doi:10.1006/jmla.2002.2864

7 Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde am Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie unter Betreuung von Herrn Professor Dr. Jan Born durchgeführt.

Dr. Hannes Noack, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts, und ich erarbeiteten gemeinsam die Konzeption der Studie.

Die Versuche wurden nach Einarbeitung durch Dr. Hannes Noack von mir in Zusammenarbeit mit Astrid Günther, Studienassistentin, und Sophie Albrecht, wissenschaftliche Hilfskraft, durchgeführt. Die Organisation der Studie inklusive der Probandenrekrutierung erfolgte ebenfalls durch mich in Kooperation mit Astrid Günther und Sophie Albrecht.

Die Aufbereitung der erhobenen Daten erfolgte eigenständig durch mich. Die Aufbereitung und Beurteilung der polysomnografischen Daten wurde nach Einarbeitung durch Dr. Hannes Noack und Dr. Katharina Zinke durch mich durchgeführt. Die Konzeption und Umsetzung der qualitativen Analyse der Verhaltensdaten führte ich eigenständig durch. Ebenso erfolgte die Auswertung des Bayley II-Entwicklungstests eigenständig durch mich.

Die Konzeption der statistischen Auswertung erfolgte gemeinsam durch Dr. Hannes Noack und mich. Die Durchführung der statistischen Tests sowie die Erstellung der entsprechenden Abbildungen führte Dr. Hannes Noack durch.

Ich versichere, das Manuskript nach Anleitung und Korrektur durch Dr. Hannes Noack selbstständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den 15.10.2020

8 Danksagung

Herrn Professor Dr. Jan Born danke ich dafür, dass er mir ermöglichte, diese Arbeit am Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie durchzuführen und mich mit dem faszinierenden Themengebiet Schlaf und Gedächtnis in der kindlichen Entwicklung auseinandersetzen zu können.

Herrn Dr. Hannes Noack danke ich für seine vielseitige Unterstützung von der anfänglichen Konzeption der Studie über die Durchführung der Datenerhebung und der Auswertung bis zur Abfassung der Dissertationsschrift. Insbesondere bin ich dankbar für seine wertvollen Erklärungen des theoretischen Hintergrundes, der statistischen Auswertung und seine Offenheit gegenüber meinen Fragen im Zuge der Betreuung.

Frau Dr. Katharina Zinke danke ich für ihre Bereitschaft zur sehr kompetenten Anleitung der Aufbereitung und Beurteilung der polysomnografischen Daten.

Astrid Günther und Sophie Albrecht danke ich für ihre engagierte Unterstützung bei der Durchführung und Organisation der Studie.

Ohne die Mitarbeit interessierter Familien wäre die Studie selbstverständlich undenkbar gewesen. Deswegen gilt mein Dank allen Probanden und deren Eltern für ihre Aufgeschlossenheit und ihre Bereitschaft, an der Studie teilzunehmen.

Frau Dr. Inka Montero danke ich für ihre verständnisvolle und hoch geschätzte Beratung.

Ein großes Dankeschön geht an Priscilla Schneckenburger, die mir die Formatvorlage zur Verfügung gestellt hat.

Besonderen Dank richte ich stellvertretend für viele gute Freunde an Susanne Badum, deren treue Ermutigung mir von unschätzbarem Wert ist.

Meiner Familie bin ich zutiefst dankbar für ihre praktische und liebevolle Unterstützung, auf die ich mich immer verlassen konnte.

Mit Psalm 115, Vers 1 danke ich v.a. meinem Herrn und Gott, Jesus Christus:

*„Nicht uns, HERR, nicht uns, sondern deinem Namen gib Ehre
um deiner Gnade und Treue willen!“*

9 Anhang

9.1 Ablaufprotokoll Experimentaltermin

Beispielhaft für einen experimentellen Ablauf ist im Folgenden das Original-Protokoll für einen Experimentaltermin der Untergruppe 2 „Familiarisierung zuerst in Küche, dann in Teddyklinik“ aus der Hauptgruppe „Labor A (Tal) - Schlaf“ angehängt.

Ablaufplan Studie "Schlaf und Kontext-Gedächtnis bei Kleinkindern"					
Silcherstraße: Küche + Teddyklinik					
CONDITION: SLEEP					
Subgroup 2 (Familiarisierung zuerst in Küche, dann in Teddyklinik)					
Datum		VP-Code:		Geb.-Datum	
Session:		Geschlecht:		VL:	
Vorbereitung (1h für praktische Vorbereitung)				Unterlagen	
Axis M1034-W Network camera installieren				Ablaufplan/Protokoll	
Unterlagen (s.u.) ausdrucken und beschriften				Fragebogen zum Ret. Interval	
Somnomedics-Akkus aufgeladen				SDSC (bei erstem ret. interval)	
Somnomedics-Karte initialisieren (Montage) und einlegen					
Räume vorbereiten: Küche (mit Geschirr auf Containern!) und Teddyklinik (mit Arztutensilien auf den Containern) nach Aufbauplan, Höhle					
EEG vorbereiten: Kappe mit Elektroden bestücken, Gel aufwärmen, Pflasterchen und Klebeband zurechtschneiden					
Bett/Schlaf vorbereiten					
Snack und Getränke für Gäste					
Stoppuhr und Uhrzeit					
Flur aufräumen (Kreidetafel, Kinderstühle usw. verstauen wegen Ablenkung)					
Video vorbereiten					
Alle möglichen Ablenkungen aus Räumen entfernen (auch Garderobe in SL 1!!!)					
Material					
Klemmbrett, Kameras, Glöckchen, Je zwei von folgenden Containern: Karton, Papierkorb, Blumentopf, blauer Rollcontainer (mit Papier ausgeklebt), Stoppuhr, Spielküche: mit Zubehör laut Aufbauplan, Küchenschürze, Kochhut, Topflappen, Teddyklinik: mit Zubehör laut Aufbauplan, Häschen, Bettchen, Doktorköfferchen, Stethoskop, Wattestäbchen, Arztkittel					

EEG-Material: Kiste (EEG-Paste, blaues Gel, Tupfer, Stäbchen, Spritzen (eine Spielspritze für das Kind; eine für VL), Pflaster-Klebchen, Klebeband - weißes Fixierpflaster zur Befestigung der Lochelektroden, Leukosilk, Becher, Desi, Papiertücher); 10 Elektroden, davon 4 Lochektroden und 6 Napfelektroden, EEG-Hauben (Größe: _____cm --> besser zu groß als zu klein!), Mauli-Rucksack, Maßband, Skinmarker, Schlauch, Schere, Klebepaste, Elektroden-Set-up, Impedanzmessgerät, Somnomedics Gerät, evtl. Mausclips (auf Laptop) zur Ablenkung				
Ablauf		Zeit	Anmerkungen	
Vorbereitung				
Ankunft, Begrüßung (in Höhle-Raum)				
Erklärung Versuchsablauf				
<p>Es ist sehr wichtig, dass Sie ihr Kind möglichst nicht beeinflussen durch das, was sie sagen. Sie können Ihr Kind gerne zum Mitmachen motivieren, aber Sie sollten dabei auf keinen Fall den Ablauf beeinflussen, also z.B. keine Vorschläge machen, was das Kind tun sollte. Sehr wichtig: Bitte setzen Sie sich in den Testräumen auf den Sessel im Blickfeld der Kamera (Küche: links, Teddyklinik: rechts). Wir nennen die Handpuppen beim Suchen PUPPEN!</p>				
Fragebögen aushändigen und erklären				
Einleitung in Höhlen-Raum:				
"Ihr seid heute zum Spielen da. Hast du Lust zu spielen?"				
"Ja"	"Dann komm, ich zeig dir unsere Küche!"			
"Nein"	"Nein? Dann warte mal, bis du unsere Küche gesehen hast! So, jetzt gehen wir in die Küche!"			
Eltern bitten, sich auf den Sessel zu setzen, der weiter von der Kamera entfernt ist.				
Familiarisierung Raum 1: Küche				
Betreten des Raumes: Kind zuerst, Türe ruhig schließen, abwarten. Eltern platzieren		1-2min		
"Na, was siehst du hier? Meinst du, wir können hier was spielen?"				
Kind spielt spontan	1 min spielen lassen, dann ins spiel einsteigen: Was machst Du denn gerade? Kochst Du was leckeres.	2min		

Kind spielt nicht	Sieh mal, hier ist unsere Küche! Schau mal, was alles darin ist!" Abwarten + Schrittweise Küche vorstellen			
"Schau mal, wir haben hier eine Schürze! Willst du sie anziehen? Dann bist du ein richtiger Koch/eine richtige Köchin!"				
Spiel-Aufgaben:				
Uhr starten!				
"Kochst du mir einen Tee? Ich möchte meinen Tee dort (2A) trinken. Komm wir schauen , ob was darin ist? (Kind soll hineinschauen und sehen, dass leer!) Nein, dann können wir hier ja Tee trinken."			max 10 min	
Zur Küche zurück. Abspülen.				
"Kochst du mir ein Ei? Ich möchte mein Ei dort (3A) essen. Komm wir schauen , ob was darin ist? Nein, dann können wir hier ja essen."				
Zur Küche zurück. Abspülen.				
"Kochst du mir ein Hähnchen? Ich möchte mein Hähnchen dort (4A) essen. Komm wir schauen, ob was darin ist? Nein, dann können wir hier ja essen."				
Zur Küche zurück. Abspülen.				
"Kochst du mir Pommes? Ich möchte meine Pommes dort (1A) essen. Komm wir schauen, ob was darin ist? Nein, dann können wir hier ja essen."				
Zur Küche zurück. Abspülen.				
Uhrcheck: max. 10min.				
	total < 15min	Magst du nochmal etwas kochen? Freies Spiel (wie lange?). Hinsetzen zu Elternteil.		
	total = 15min	Spiel beenden		
Raumwechsel:				
"So, jetzt haben wir genug gekocht, jetzt wollen wir was Anderes spielen. Dazu müssen wir in einen anderen Raum gehen. Komm mal mit!"			1-2min	
Familiarisierung Raum 2: Teddyklinik				

Betreten des Raumes: Kind zuerst, Türe ruhig schließen, abwarten. Eltern platzieren		1-2min	
"Na, was siehst du hier? Meinst du, wir können hier was spielen?"			
Kind spielt spontan.	1 min spielen lassen. Dann ins Spiel einsteigen. "Ist der Teddy krank? Was hat er denn? Machst Du Ihn wieder gesund?"		
Kind spielt nicht spontan.	Sieh mal, hier ist unsere Teddyklinik! Schau mal, wer da liegt!" Oh, der Teddy ist krank. Wir müssen ihn wieder gesund machen.... Abwarten + Schrittweise Teddyklinik vorstellen	2min	
"Schau mal, wir haben hier einen echten Kittel! Willst du ihn anziehen? Dann bist du ein richtiger Doktor"			
Spiel-Aufgaben:			
(Teddy mit zu Container/Becher nehmen!) "Schau mal, der Teddy hat Durst. Wenn man krank ist, muss man viel trinken. Gibst du dem Teddy etwas zu trinken ? Sieh mal, dort gibt es etwas zu trinken. Komm wir schauen, ob was darin ist? Nein, dann können wir dem Teddy ja zu trinken geben."			
Zurück zum Bett. Teddy hinlegen.			
"So, jetzt müssen wir den Teddy einmal gründlich untersuchen. Möchtest du sein Herz abhören? Sieh mal, dort gibt es ein Stethoskop. (Teddy mit zu Container 2B nehmen!) Komm wir schauen, ob was darin ist? Nein, dann können wir hier ja abhören."			
Zurück zum Bett. Teddy hinlegen.			
"Möchtest du in seine Ohren schauen? Sieh mal, dort gibt es einen Ohrenspiegel. (Teddy mitnehmen!) Komm wir schauen , ob was darin ist? Nein, dann können wir hier ja in seine Ohren schauen."			
Zurück zum Bett. Teddy hinlegen.			
"Oh, fühl mal, der Teddy ist ein bißchen warm. Fühlst Du das? Vielleicht hat er Fieber. Möchtest du dem Teddy Fieber messen? Sieh mal, dort gibt es ein Fiebermessgerät. (Teddy mitnehmen) Komm wir schauen , ob was darin ist? Nein, dann können wir hier ja Fieber messen."			

Ah, der Teddy hat kein Fieber, dann ist ja alles gut. Zurück zum Bett. Teddy hinlegen.			
Uhrcheck: max. 10min.			
	total < 15min	Magst Du noch weiter mit dem Teddy spielen? Freies Spiel (wie lange?). Hinsetzen zu Elternteil.	
	total = 15min	Spiel beenden	
Spiel beenden:			
"So, jetzt muss der Teddy in Ruhe schlafen. Lass uns rausgehen! Scchhh!"			
Pause			
EEG: Kappe aufsetzen, Kontakte auf Kopfhaut vorbereiten (Alkohol und Stäbchen) , Einfüllen von Elektrodenpaste, evtl. Video präsentieren, Impedanzen messen (Ground-Elektrode Stirn links als Referenz), evtl. Kontakte nachbereiten, mit Leukosilk abkleben; Gesichtsf lächen desinfizieren, Elektrodenpaste auf Gesichtselektroden auftragen, Impedanzen mit Groundelektrode als Referenz messen, evtl. nachbessern, Kabel zusammenbinden, alle Elektroden in Somno einstecken, Somno anschalten(!), in Rucksack		Minuten geschlafen: _____	
Schlaf	eingeschlafen um:		
	Eltern Fragebögen ausfüllen lassen		
Zwischendurch aufräumen!			
	Spontanes Aufwachen. 1/2 h später: weiter		
Lernen - Abruf			
Beginn in Höhle	-		
Trial 1			
Schau mal, das ist Kasperle und das ist die Großmutter. Kasperle und Großmutter sagen: "Hallo *Name*, hast du gut geschlafen? Hast du Lust, Verstecken mit uns zu spielen? Wir wollen jetzt gerne Verstecken spielen! Spielst du mit?" Lass uns mal schauen, wo wir uns verstecken können! Hilfst du uns, ein gutes Versteck für uns zu finden?			

<p>"Schau mal, hier ist die Teddyklinik! Großmutter sagt: "Oh, toll! Hier ist es gut, ich möchte mich in der Teddyklinik verstecken. Schau mal, hier sind 4 schöne Verstecke! Lass uns mal hineinschauen, ob was darin ist!"</p>		<p>Versteck Container 1: Papierkorb</p>
<p>Kind mitnehmen, die Container der Reihe nach inspizieren: "Hier ist nichts drin. Hier ist auch nichts drin (x3). Hast du gesehen, alle Verstecke sind leer?"</p>		
<p>Großmutter sagt: "Oh, dieses Versteck gefällt mir! Kannst du mich hier drin verstecken, *Name*? Ok, super! :-) Merke dir gut, in welchem Versteck du mich versteckt hast, *Name*! Du musst mich später wieder finden!"</p>		
<p>Kasperle: "Aber zuerst möchte ich mich auch noch verstecken! Ich möchte mich nicht in der Teddyklinik verstecken! Komm, *Name*, wir gehen in die Küche!"</p>		
<p>Zur Türe gehen. Kasperle sagt: "Schau nochmal, wo hast du die Großmutter versteckt? Merke dir gut, wo du sie versteckt hast!"</p>		<p>5min</p>
<p>Raumwechsel</p>		
<p>Kasperle: "So, jetzt sind wir in der Küche! Hier gefällt es mir und hier gibt es auch 4 schöne Verstecke! Lass uns mal schauen, ob hier was drin ist! Wenn nicht, kann ich mich hier verstecken!"</p>		<p>Versteck Container 3: Karton</p>
<p>Kind mitnehmen, die Container der Reihe nach inspizieren: "Hier ist nichts drin. Hier ist auch nichts drin (x3). Hast du gesehen, alle Verstecke sind leer?"</p>		
<p>Kasperle: "Dann möchte ich mich hier drin verstecken! *Name*, kannst du mir helfen, mich hier drin zu verstecken? Ok, super! :-) Merke dir gut, in welchem Versteck du mich versteckt hast! Du musst mich später wieder finden!"</p>		
<p>Untersucher: "Weißt du was, *Name*, bei den beiden zu Hause, in der Höhle, da gibt es ein Glöckchen. Wenn du das Glöckchen läutest, hören die Großmutter und der Kasper das Klingeln und dann wissen sie, dass du bald kommst und sie in ihrem Versteck suchst! Jetzt geh in die Höhle und klinge einmal!"</p>		
<p>So, jetzt hast du Kasperle und die Großmutter versteckt und hast dir gut gemerkt, wo sie versteckt sind.</p>		<p>5 min</p>
<p>Wir gehen jetzt in die Höhle zurück, um das Glöckchen zu läuten. Dann können wir die beiden suchen gehen."</p>		

Höhle: Glöckchen läuten			
Retrieval 1			
<p>Allgemein gilt: Insgesamt maximal 2:30 min / 5 Mal fragen (= alle 30 s), wo Puppe ist! Wenn keine Kooperation über 2:30 min --> Puppe „gemeinsam“ finden! D.h. VL deckt richtigen Container nach 2:30 min auf und beendet damit Suche.</p>			
A) "Schau mal, jetzt sind wir wieder in der Küche ! Weißt du noch, wo du hier die Puppe versteckt hast?"		Zeit zum 1. Container: Zeit zum Erfolg:	
Stoppuhr starten! Abwarten.		V1:	
		V2:	
		V3:	
		V4:	
Kind spielt.	Zeig mir mal, wo du die Puppe versteckt hast!		
	Kind kooperiert		
Kind spielt	Wir wollen jetzt nicht mehr mit der Küche spielen! Lass uns doch Verstecken spielen! Weißt du noch, wo du die Puppe versteckt hast?		
erfolgreich?		Ausgiebig Loben	
nein?	Auch Loben und mit dem Kind gemeinsam das Objekt finden		
B) "Schau mal, jetzt sind wir wieder in der Teddyklinik ! Weißt du noch, wo du hier die Puppe versteckt hast?"		Zeit zum 1. Container: Zeit zum Erfolg:	
Stoppuhr starten! Abwarten.		V1:	
		V2:	
		V3:	
		V4:	
Kind spielt.	Zeig mir mal, wo du die Puppe versteckt hast!		
	Kind kooperiert		
Kind spielt	Wir wollen jetzt nicht mehr mit der Teddyklinik spielen! Lass uns doch Verstecken spielen! Weißt du noch, wo du die Puppe versteckt hast?		
erfolgreich?		Ausgiebig Loben	
nein?	Auch Loben und mit dem Kind gemeinsam das Objekt finden		

Trial 2		
Jetzt hast du Kasperle und die Großmutter wiedergefunden. Großmutter: "Das hat Spaß gemacht! Lass uns nochmal in die Teddyklinik gehen, ich möchte mich nochmal in der Teddyklinik verstecken! Aber diesmal möchte ich mich in einem anderen tollen Versteck verstecken!"		Versteck Container 2: Blumentopf
Kind Teddyklinik betreten lassen. Großmutter: "Das hier ist ein tolles Versteck! Hilfst du mir wieder, mich hier drin zu verstecken, *Name*?" Tust du die Großmutter hier rein? Ok, super! :-) Merke dir gut, in welchem Versteck die Großmutter ist. Du musst sie gleich wieder finden!"	5min	
Kasperle: "Vorher möchte ich mich aber auch nochmal verstecken! Komm, wir gehen wieder in die Küche!"		
Zur Türe gehen. "Merke dir gut, wo du sie versteckt hast!"		
Kasperle: "Jetzt gehen wir wieder in die Küche ."		
Raumwechsel		
Kind Küche betreten lassen. Kasperle: "Dieses Versteck hier ist toll! Kannst du mir helfen, mich hier zu verstecken?" Tust du Kasperle hier rein? Ok, super! :-) Merke dir gut, in welchem Versteck Kasperle ist. Du musst ihn gleich wieder finden!"	5min	Versteck Container 4: blauer Rollcontainer
Durchführer: "Aber zuerst musst du in die Höhle gehen und das Glöckchen läuten, sonst wissen die beiden ja gar nicht, dass du bald kommst!"		
Zur Türe gehen. "Schau nochmal, wo hast du Kasperle gerade versteckt? Merke dir gut, wo du es versteckt hast!"		
Höhle: Glöckchen klingeln		
Retrieval 2		
Allgemein gilt: Insgesamt maximal 2:30 min / 5 Mal fragen (= alle 30 s), wo Puppe ist! Wenn keine Kooperation über 2:30 min --> Puppe „gemeinsam“ finden! D.h. VL deckt richtigen Container nach 2:30 min auf und beendet damit Suche.		
A) "Schau mal, jetzt sind wir wieder in der Teddyklinik ! Weißt du noch, wo du hier die Puppe versteckt hast?"		

Stoppuhr starten! Abwarten.			V1: V2: V3: V4:
Kind spielt.	Zeig mir mal, wo du die Puppe versteckt hast!		
	Kind kooperiert		
Kind spielt	Wir wollen jetzt nicht mehr mit der Küche spielen! Lass uns doch Verstecken spielen! Weißt du noch, wo du die Puppe versteckt hast?		
erfolgreich?		Ausgiebig Loben	
nein?	Auch Loben und mit dem Kind gemeinsam das Objekt finden		
B) "Schau mal, jetzt sind wir wieder in der Küche ! Weißt du noch, wo du hier die Puppe versteckt hast?"			Zeit zum 1. Container: Zeit zum Erfolg:
Stoppuhr starten! Abwarten.			V1: V2: V3: V4:
Kind spielt.	Zeig mir mal, wo du die Puppe versteckt hast!		
	Kind kooperiert		
Kind spielt	Wir wollen jetzt nicht mehr mit der Teddyklinik spielen! Lass uns doch Verstecken spielen! Weißt du noch, wo du die Puppe versteckt hast?		
erfolgreich?		Ausgiebig Loben	
nein?	Auch Loben und mit dem Kind gemeinsam das Objekt finden		
Trial 3			
Jetzt hast du Kasperle und die Großmutter wiedergefunden. Großmutter: "Das hat Spaß gemacht! Lass uns nochmal in die Küche gehen, ich möchte mich nochmal in der Küche verstecken! Aber diesmal möchte ich mich in einem anderen tollen Versteck verstecken!"			Versteck Container 1: Papierkorb

Kind Küche betreten lassen. Großmutter: "Das hier ist ein tolles Versteck! Hilfst du mir wieder, mich hier drin zu verstecken, *Name*?" Tust du die Großmutter hier rein? Ok, super! :-) Merke dir gut, in welchem Versteck die Großmutter ist. Du musst sie gleich wieder finden!"	5min	
Kasperle: "Vorher möchte ich mich aber auch nochmal verstecken! Komm, wir gehen wieder in die Teddyklinik!"		
Zur Türe gehen. "Schau nochmal, wo hast du die Großmutter gerade versteckt? Merke dir gut, wo du sie versteckt hast!"		
Kasperle: "Jetzt gehen wir wieder in die Teddyklinik."		
Raumwechsel		
Kind Teddyklinik betreten lassen. Kasperle: "Dieses Versteck hier ist toll! Kannst du mir helfen, mich hier zu verstecken?" Tust du Kasperle hier rein? Ok, super! :-) Merke dir gut, in welchem Versteck Kasperle ist. Du musst ihn gleich wieder finden!"	5min	Versteck Container 3: Karton
Kasperle: "Aber zuerst musst du in unsere Höhle gehen und das Glöckchen läuten, sonst wissen wir ja gar nicht, dass du bald kommst!"		
Zur Türe gehen. "Schau nochmal, wo hast du Kasperle gerade versteckt? Merke dir gut, wo du es versteckt hast!"		
Höhle: Glöckchen klingeln		
Retrieval 3		
Allgemein gilt: Insgesamt maximal 2:30 min / 5 Mal fragen (= alle 30 s), wo Puppe ist! Wenn keine Kooperation über 2:30 min --> Puppe „gemeinsam“ finden! D.h. VL deckt richtigen Container nach 2:30 min auf und beendet damit Suche.		
A) "Schau mal, jetzt sind wir wieder in der Teddyklinik! Weißt du noch, wo du hier die Puppe versteckt hast?"		Zeit zum 1. Container: Zeit zum Erfolg:
Stoppuhr starten! Abwarten.		V1: V2: V3: V4:
Kind spielt.	Zeig mir mal, wo du die Puppe versteckt hast!	

	Kind kooperiert			
Kind spielt	Wir wollen jetzt nicht mehr mit der Küche spielen! Lass uns doch Verstecken spielen! Weißt du noch, wo du die Puppe versteckt hast?			
erfolgreich?		Ausgiebig Loben		
nein?	Auch Loben und mit dem Kind gemeinsam das Objekt finden			
B) "Schau mal, jetzt sind wir wieder in der Küche ! Weißt du noch, wo du hier die Puppe versteckt hast?"				Zeit zum 1. Container: Zeit zum Erfolg:
Stoppuhr starten! Abwarten.				V1: V2: V3: V4:
Kind spielt.	Zeig mir mal, wo du die Puppe versteckt hast!			
	Kind kooperiert			
Kind spielt	Wir wollen jetzt nicht mehr mit der Teddyklinik spielen! Lass uns doch Verstecken spielen! Weißt du noch, wo du die Puppe versteckt hast?			
erfolgreich?		Ausgiebig Loben		
nein?	Auch Loben und mit dem Kind gemeinsam das Objekt finden			
Trial 4				
Jetzt hast du Kasperle und die Großmutter wiedergefunden. Großmutter: "Das hat Spaß gemacht! Lass uns nochmal in die Küche gehen, ich möchte mich nochmal in der Küche verstecken! Aber diesmal möchte ich mich in einem anderen tollen Versteck verstecken!"				Versteck Container 2:Blumentopf
Kind Küche betreten lassen. Großmutter: "Das hier ist ein tolles Versteck! Hilfst du mir wieder, mich hier drin zu verstecken, *Name* ?" Tust du die Großmutter hier rein? Ok, super! :-) Merke dir gut, in welchem Versteck die Großmutter ist. Du musst sie gleich wieder finden!"			5min	

Kasperle: "Vorher möchte ich mich aber auch nochmal verstecken! Komm, wir gehen wieder in die Teddyklinik!"			
Zur Türe gehen. "Schau nochmal, wo hast du die Großmutter gerade versteckt? Merke dir gut, wo du sie versteckt hast!"			
Kasperle: "Jetzt gehen wir wieder in die Teddyklinik."			
Raumwechsel			
Kind Teddyklinik betreten lassen. Kasperle: "Dieses Versteck hier ist toll! Kannst du mir helfen, mich hier zu verstecken?" Tust du Kasperle hier rein? Ok, super! :-) Merke dir gut, in welchem Versteck Kasperle ist. Du musst ihn gleich wieder finden!"		5min	Versteck Container 4: blauer Rollcontainer
Kasperle: "Aber zuerst musst du in unsere Höhle gehen und das Glöckchen läuten, sonst wissen wir ja gar nicht, dass du bald kommst!"			
Zur Türe gehen. "Schau nochmal, wo hast du Kasperle gerade versteckt? Merke dir gut, wo du es versteckt hast!"			
Höhle: Glöckchen klingeln			
Retrieval 4			
Allgemein gilt: Insgesamt maximal 2:30 min / 5 Mal fragen (= alle 30 s), wo Puppe ist! Wenn keine Kooperation über 2:30 min --> Puppe „gemeinsam“ finden! D.h. VL deckt richtigen Container nach 2:30 min auf und beendet damit Suche.			
A) "Schau mal, jetzt sind wir wieder in der Küche! Weißt du noch, wo du hier die Puppe versteckt hast?"			Zeit zum 1. Container: Zeit zum Erfolg:
			V1: V2: V3: V4:
Kind spielt.	Zeig mir mal, wo du die Puppe versteckt hast!		
	Kind kooperiert		

Kind spielt	Wir wollen jetzt nicht mehr mit der Teddyklinik spielen! Lass uns doch Verstecken spielen! Weißt du noch, wo du die Puppe versteckt hast?			
	erfolgreich?	Ausgiebig Loben		
nein?	Auch Loben und mit dem Kind gemeinsam das Objekt finden			
B) "Schau mal, jetzt sind wir wieder in der Teddyklinik! Weißt du noch, wo du hier die Puppe versteckt hast?"				Zeit zum 1. Container: Zeit zum Erfolg:
Stoppuhr starten! Abwarten.				V1: V2: V3: V4:
Kind spielt.	Zeig mir mal, wo du die Puppe versteckt hast!			
	Kind kooperiert			
Kind spielt	Wir wollen jetzt nicht mehr mit der Küche spielen! Lass uns doch Verstecken spielen! Weißt du noch, wo du die Puppe versteckt hast?			
erfolgreich?		Ausgiebig Loben		
nein?	Auch Loben und mit dem Kind gemeinsam das Objekt finden			
Belohnung für Kind				
Verabschiedung				
Uhrzeit Haus verlassen				
Nachbereitung:	Spielzeug reinigen			

9.2 Randomisierungsliste

ID	Group	Subgroup1	Subgroup2	ContainerOrder
1	1	1	2	1
2	1	2	1	1
3	2	1	2	1
4	2	2	1	1
5	3	1	2	1
6	3	2	1	1
7	4	1	2	1
8	4	2	1	1
9	1	1	2	1
10	1	2	1	1
11	2	1	2	1
12	2	2	1	1
13	3	1	2	1
14	3	2	1	1
15	4	1	2	1
16	4	2	1	1
17	1	1	2	1
18	1	2	1	1
19	2	1	2	1
20	2	2	1	1
21	3	1	2	1
22	3	2	1	1
23	4	1	2	1
24	4	2	1	1

Session 1		Session 2		Group
COND	LOC	COND	LOC	
S	Silch	W	Berg	1
W	Berg	S	Silch	2
S	Berg	W	Silch	3
W	Silch	S	Berg	4

SubGroup	Famil	Enc	Retrieval	Retrieval Condition*
1	1 2	1 2	1 2	Same
2	1 2	2 1	1 2	Different
3	1 2	1 2	2 1	Different
4	1 2	2 1	2 1	Same
5	2 1	1 2	1 2	Same
6	2 1	2 1	1 2	Different
7	2 1	1 2	2 1	Different
8	2 1	2 1	2 1	Same
		1 = Kitchen / Zoo		
		2 = Teddy / Train		
*Continue with Different, then change Encoding order				

ContainerOrder	Trial	Container1	Container2
1	1	1	3
1	2	2	4
1	3	1	3
1	4	2	4
2	1	1	3
2	2	2	4
2	3	1	3
2	4	2	4
3	1	2	3
3	2	1	4
3	3	2	3
3	4	1	4

9.3 Protokollbogen für die qualitative Analyse der Verhaltensdaten

Analyse Reaktionszeiten Abruf
 CS _____, Session _____, Bedingung _____, Labor _____

1. Trial

a. Abrufbedingung: _____

b. Raum 1: _____

i. Gezieltes Suchen im...

1. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____
2. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____
3. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____
4. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____
5. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____

ii. Wenn kein gezieltes Suchen: Was hat das Kind stattdessen gemacht?

1. Versuch:	_____
2. Versuch:	_____
3. Versuch:	_____
4. Versuch:	_____
5. Versuch:	_____

c. Raum 2: _____

i. Gezieltes Suchen im...

1. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____
2. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____
3. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____
4. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____
5. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____

ii. Wenn kein gezieltes Suchen: Was hat das Kind stattdessen gemacht?

1. Versuch:	_____
2. Versuch:	_____
3. Versuch:	_____
4. Versuch:	_____
5. Versuch:	_____

2. Trial

a. Abrufbedingung: _____

b. Raum 1: _____

i. Gezieltes Suchen im...

1. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____
2. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____
3. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____
4. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____
5. Versuch	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Zeit: _____	Container: _____

ii. Wenn kein gezieltes Suche: Was hat das Kind stattdessen gemacht?

1. Versuch:	_____
2. Versuch:	_____
3. Versuch:	_____
4. Versuch:	_____
5. Versuch:	_____

- c. Raum 2: _____
- i. Gezieltes Suchen im...
- | | | | | |
|------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------|------------------|
| 1. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 2. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 3. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 4. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 5. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
- ii. Wenn kein gezieltes Suchen: Was hat das Kind stattdessen gemacht?
1. Versuch: _____
 2. Versuch: _____
 3. Versuch: _____
 4. Versuch: _____
 5. Versuch: _____

3. Trial

- a. Abrufbedingung: _____
- b. Raum 1: _____
- i. Gezieltes Suchen im...
- | | | | | |
|------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------|------------------|
| 1. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 2. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 3. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 4. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 5. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
- ii. Wenn kein gezieltes Suchen: Was hat das Kind stattdessen gemacht?
1. Versuch: _____
 2. Versuch: _____
 3. Versuch: _____
 4. Versuch: _____
 5. Versuch: _____
- c. Raum 2: _____
- i. Gezieltes Suchen im...
- | | | | | |
|-------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------|------------------|
| 6. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 7. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 8. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 9. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 10. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
- ii. Wenn kein gezieltes Suchen: Was hat das Kind stattdessen gemacht?
11. Versuch: _____
 12. Versuch: _____
 13. Versuch: _____
 14. Versuch: _____
 15. Versuch: _____

Analyse Reaktionszeiten Abruf
CS _____, Session _____, Bedingung _____, Labor _____

4. Trial

a. Abrufbedingung: _____

b. Raum 1: _____

i. Gezieltes Suchen im...

- | | | | | |
|------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------|------------------|
| 1. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 2. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 3. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 4. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 5. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |

ii. Wenn kein gezieltes Suchen: Was hat das Kind stattdessen gemacht?

- | | |
|-------------|-------|
| 1. Versuch: | _____ |
| 2. Versuch: | _____ |
| 3. Versuch: | _____ |
| 4. Versuch: | _____ |
| 5. Versuch: | _____ |

c. Raum 2: _____

i. Gezieltes Suchen im...

- | | | | | |
|------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------|------------------|
| 1. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 2. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 3. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 4. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |
| 5. Versuch | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | Zeit: _____ | Container: _____ |

ii. Wenn kein gezieltes Suchen: Was hat das Kind stattdessen gemacht?

- | | |
|-------------|-------|
| 1. Versuch: | _____ |
| 2. Versuch: | _____ |
| 3. Versuch: | _____ |
| 4. Versuch: | _____ |
| 5. Versuch: | _____ |

5. Gesamtbeurteilung: Hat das Kind gut mitgemacht?

6. Sind Fehler oder Probleme bei der Durchführung aufgetreten?

7. Sonstige Anmerkungen
