

Aus der
Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie Tübingen
Abteilung Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie im
Kindes- und Jugendalter mit Poliklinik

**Einfluss der Nutzung sozialer Medien auf die Schlafqualität
und Gedächtnisleistung von Kindern und Jugendlichen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von:
von Lieres und Wilkau, Kristina Simone Ordalie
2025

Dekan:

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Pichler

1. Berichterstatter

Prof. Dr. med. Tobias Renner

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. med. Hermann-Werner

Tag der Disputation:

30.04.2025

meiner Familie gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs-, Tabellen- und Abkürzungsverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis.....	5
Tabellenverzeichnis.....	6
Abkürzungsverzeichnis	7
1 Einleitung und Theorie	8
1.1 Mediennutzung bei Kindern und Jugendlichen.....	8
1.2 Schlaf	11
1.3 Gedächtnis	16
1.4 Hypothesen	21
2 Material und Methodik	22
2.1 Studienpopulation.....	22
2.2 Studienablauf	24
2.3 Untersuchungsmaterialien.....	29
2.4 Statistische Auswertung	46
3 Ergebnisse.....	48
3.1 Merkmale des Proband:innenkollektives	48
3.2 Auswertung der Schlafqualität und Schlafarchitektur	52
3.3 Ergebnisse der Gedächtnisübung	58
3.4 Kontrollvariablen.....	61
3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	71
4 Diskussion	73
4.1 Interpretation und klinische Relevanz.....	74
4.2 Methodische Limitationen.....	77
4.3 Proband:innenkollektiv	79
4.4 Ausblick.....	81
5 Zusammenfassung	82
Literaturverzeichnis.....	84
Erklärungen zum Eigenanteil	90
Veröffentlichung	91
Danksagung	92

Abbildungs-, Tabellen- und Abkürzungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Hypnogramm, schematisch dargestellte und auf das wesentliche reduziert aus dem Hypnogramm einer Probandin
Abbildung 2	Informationsfluss und Gedächtnisformen des Menschen
Abbildung 3	Schematisch dargestellte Vorgänge während der deklarativen, Hippocampus abhängigen Gedächtniskonsolidierung im SWS
Abbildung 4	Studiendesign
Abbildung 5	Polysomnographie – schematischer Elektrodensitz der genutzten Ableitungen
Abbildung 6	Mediennutzung nach Geschlecht pro Tag
Abbildung 7	Mediennutzung nach Alter
Abbildung 8	Pubertätsstatus der Proband:innen
Abbildung 9	Gesamtschlafdauer in Minuten nach den einzelnen Bedingungen
Abbildung 10	absolute Zeit im Tiefschlaf (SWS = slow-wave sleep) nach den einzelnen Interventionen
Abbildung 11	Auswertung der Gedächtnisaufgabe allgemein
Abbildung 12	Auswertung der Gedächtnisaufgabe aufgeschlüsselt nach den einzelnen Proband:innen
Abbildung 13	Reaktionszeit im PVT vor den drei Interventionen
Abbildung 14	Reaktionszeit im PVT aufgeschlüsselt nach Proband:innen

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Charakteristika des Proband:innenkollektivs in Bezug auf Intelligenz sowie Ausschluss psychischer Auffälligkeiten
Tabelle 2	Exemplarischer Studienablauf
Tabelle 3	Übersicht der verwendeten Fragebögen
Tabelle 4	Charakteristika des Kollektivs in Bezug auf Schlaf und Mediennutzung
Tabelle 5	Auswertung Schlafdaten
Tabelle 6	Schlafdauer in der Nacht vor der Messung sowie die Mediennutzung am Tag der Messung
Tabelle 7	Lichtverhältnisse während den Messungen
Tabelle 8	Gemütslage und Müdigkeit während der einzelnen Interventionen

Abkürzungsverzeichnis

AASM	American Academy of Sleep Medicine
ANOVA	Analysis of Variance
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
C3, C4	zentrale Elektroden des EEGs nach 10-20-System
CBCL	Child Behavior Checkliste
CFT 20-R	Culture Fair Test 20-R
CIUS	Compulsive Internet use Scale
CSM	Composite Scale of Morningness
Cz	Zentrale Elektrode des EEGs, Referenzelektrode
DGKJ	Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin
DSM-5	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5. Auflage
EEG	Elektroenzephalogramm
EMG	Elektromyogramm
EOG	Elektrookulogramm
F3,F4	Frontale Elektroden des EEGs nach 10-20-System
GABA	γ -Aminobuttersäure
H1, H2, H3	Hypothese 1,2,3
HAWIK	Hamburg-Welcher-Intelligenztest für Kinder
IAD	Internet Addiction Disorder
ICD-11	International Classification of Diseases, 11. Auflage
IFCN	International Federation of clinical Neurophysiology
IGD	Internet Gaming disorder
IQ	Intelligenzquotient
JIM-Studie	Jugend, Information, (Multi-) Media Studie
MD	Median
MT	Movement Time, Epoche im EEG
MW	Mittelwert
P3,P4	Parietale Elektroden des EEGs nach 10-20-System
PANAS	Positive and Negative Affect Schedule
PDS	Pubertal development scale
PSAS	Pre-Sleep Arousal Scale
PSQL	Pittsburgh-Schlafqualitäts-Index
PVT	Psychomotor Vigilance Task
REM	Rapid -Eye-Movement
S1, S2, S3, S4	Schlafphase 1,2,3,4 im EEG
SAM	Self-Assessment Manikin
SCN	Nucleus suprachiasmaticus
SD	standard deviation / Standardabweichung
SSS	Stanford Sleepiness Scale
SWS	slow-wave sleep
W	Wache Epoche im EEG
WHO	World Health Organisation / Weltgesundheitsorganisation
WISC	Wechsler Intelligence Scale
YSR	Youth Self Report

1 Einleitung und Theorie

In den vergangenen 20 Jahren vollzog sich ein Wandel hin zur digitalen Gesellschaft. Neben dem Telefon bieten Messenger Dienste wie WhatsApp, Telegram und Threema neue Kommunikationsplattformen. Medienangebote wurden durch Firmen wie YouTube, Meta, Netflix und Amazon erweitert, die von großen Teilen der Bevölkerung selbstverständlich genutzt werden (Südwest, 2018). Eine zentrale Rolle dabei spielt das Smartphone, das in unserem Alltag omnipräsent ist. Diese Entwicklung betrifft auch Kinder und Jugendliche. Die Zahl der Kinder- und Jugendlichen die ein Smartphone besitzen stieg in den letzten 10 Jahren stark an. Zum Zeitpunkt der Hauptmessungen der Studie im Jahre 2019 besaßen bereits 93% der über 12-jährigen Kinder- und Jugendlichen in Deutschland ein eigenes Smartphone (Südwest, 2019). Vorherige Studien zeigen einen Zusammenhang zwischen der Smartphonennutzung und einer reduzierten Schlafdauer (Hale and Guan, 2015). Ausreichender und erholsamer Schlaf spielt jedoch besonders im sich entwickelnden Gehirn eine erhebliche Rolle (Hill et al., 2007). Sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen unterstützt Schlaf die Konsolidierung von deklarativen Gedächtnisinhalten (Diekelmann and Born, 2010). Diese Studie verfolgt das Ziel, die Auswirkung der Nutzung von sozialen Interaktionsmedien vor dem Zubettgehen auf die Einschlaf latenz (I) und die Schlafarchitektur (II) sowie daraus resultierend auf die Gedächtnisleistung (III) im sich entwickelnden Gehirn zu erforschen.

1.1 Mediennutzung bei Kindern und Jugendlichen

In Deutschland wird das Medienverhalten von Kindern und Jugendlichen im Alter von 12 bis 19 Jahren seit 1998 durch die JIM-Studie (JIM = Jugend, Information, Medien) vom Medienpädagogischen Forschungsverbund Südwest (mpfs) untersucht. Die Basisuntersuchung zum Zeitpunkt der Messungen im Jahre 2019, vor der Corona-Pandemie, mit einer Stichprobe von 1.200 Kinder und Jugendlichen zwischen 12 und 19 Jahren zeigte, dass 93% im Besitz eines Smartphones waren, 65% ein Computer/Laptop besaßen und 41% eine eigene feste Spielkonsole hatten. In der Differenzierung nach dem Alter der Jugendlichen zeigten sich bei dem Besitz eines Smartphones geringfügige Unterschiede (84% der 12 bis 13-jährigen gegenüber 93% der 14 bis 15-jährigen und 96% der 16 bis 17-jährigen). 92% der Population nutzten ihr Smartphone täglich, weitere 4% mehrfach pro Woche, wobei sich nur marginale

Geschlechtsunterschiede zeigten (98% der Mädchen und 95% der Jungen nutzten ihr Smartphone mindestens mehrmals pro Woche). Die tägliche Onlinenutzung stieg dabei in der Selbsteinschätzung über die letzten 10 Jahren von 134 min auf 205min an (Südwest, 2019). Inhaltlich nutzen Mädchen vor allem Kommunikationsmedien (41%) gefolgt von Unterhaltungsmedien (34%). Bei Jungen waren neben diesen beiden Nutzungsformen (Kommunikation 29%, Unterhaltungsmedien 28%) auch Spiele weit verbreitet (34%) (Südwest, 2019). Die beliebtesten Internetangebote stellten YouTube, WhatsApp und Instagram dar. Zur Kommunikation nutzten die Kinder- und Jugendlichen WhatsApp am liebsten, gefolgt von Instagram und Snapchat (Südwest, 2019). Neben der erhöhten durchschnittlichen Onlinenutzungszeit steigt auch die Prävalenz der exzessiven Internetnutzung (Shek et al., 2016). Die Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin (DGKJ) sowie das Bundesamt für Gesundheit (BMG) sehen Bildschirmzeiten unter 3 Jahren als kritisch. Zwischen 3 und 6 Jahren werden maximal 30min pro Tag, zwischen 6 und 9 Jahren täglich höchstens 30 bis 45min empfohlen. Eine eigene Spielkonsole sollte frühestens ab 9 Jahren verfügbar sein (DGKJ, 2022, BMG, 2020). Zwischen 9 und 12 Jahren wird von der DGKJ höchstens 45 bis 60min täglich befürwortet. Bis zum 16 Lebensjahr werden danach 1 bis 2h gestattet (DGKJ, 2022). Der Berufsverband der Kinder- und Jugendärzt:innen empfiehlt ein eigenes Smartphone erst ab der fünften Klasse (bvkj, 2023).

1.1.1 Pathologische Internetnutzung bei Kindern und Jugendlichen

Eine längere tägliche Zeit am Bildschirm korreliert mit schlechter Konzentrationsfähigkeit, die wiederum zu schlechteren schulischen Leistungen führt (Perrault et al., 2019). Zudem kommt es durch eine verlängerte Bildschirmzeit zu Schlafproblemen bis hin zu Schlafstörungen (Hale and Guan, 2015, Barry et al., 2017, Jacobsen and Forste, 2011). Diese weitreichenden Folgen sind auch bei der Nutzung von Smartphones zu beobachten (Demirci et al., 2015, Woods and Scott, 2016). Gerade bei der exzessiven Nutzung von sozialen Medien wurden negative gesundheitliche Auswirkungen wie Schlafprobleme und Ängstlichkeit und ein verringertes Selbstwertgefühl beobachtet (Barry et al., 2017, Woods and Scott, 2016). Jugendliche, die vom Chronotyp her eher abends aktiv sind, weisen eine größere Tendenz auf, ein Smartphone-abhängiges Verhalten zu zeigen (Randler et al., 2016).

Die exzessive Internetnutzung ist bei Heranwachsenden unter anderem mit psychischen Erkrankungen wie Depression (Ha et al., 2007), Angststörung (Shapira et al., 2003, Demirci et al., 2015), Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (Floros et al., 2014) sowie selbstverletzendem Verhalten (Lam et al., 2009) assoziiert.

Seit 2013 ist der pathologische Internetgebrauch in Form der Diagnose *Internet Gaming Disorder* (IGD) in Sektion III des Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders Version 5 (DSM-5) unter den *stoffungebundenen Süchte* vertreten (Association, 2013). Ebenso wurde *Gaming Disorder* als Erkrankung in die 2019 neu veröffentlichte und am 01.01.2022 in Kraft getretene Auflage der Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten ICD-11 der Weltgesundheitsorganisation (WHO) aufgenommen (WHO, 2022). Die DSM-5 Kriterien für IGD beziehen sich auf die problematische Nutzung von online und offline gespielten Computerspielen (Wartberg et al., 2017). Eine Abfrage der Kriterien unter 11.003 niedersächsischen Schüler:innen zwischen 13 und 18 Jahren aus dem Jahre 2015, die von Rehbein et al. (2015) durchgeführt wurde, geht von einer Prävalenz für IGD in Deutschland von 1,16% aus. Wartberg et al. (2017) kamen sogar auf eine Prävalenzschätzung von 5,7% in der Altersgruppe der 12- bis 25-jährigen. Diese Zahlen könnten seit der Corona-Pandemie nochmal gestiegen sein (forsa.omninet, 2020). Bislang wird noch über die Aufnahme weiterer internetabhängiger Verhaltensweisen als Diagnosen diskutiert. Viele internationale Studien nutzen dabei den Terminus *internet addiction* (Shek et al., 2016, Pontes and Griffiths, 2014, Young, 1998) oder *problematic internet use* (Shapira et al., 2003). Momentan besteht noch kein methodischer Goldstandard zur Erfassung der Internetabhängigkeit, die sich nicht auf Computerspiele beschränkt.

1.1.2 Einfluss von Mediennutzung auf das Schlafverhalten

Mediennutzung hat auf den Schlaf von Kindern und Jugendlichen einen erheblichen Einfluss. Vorherige Studien zeigen einen Zusammenhang zwischen Mediennutzung (Fernseher, Computer, Video-Spiele, Smartphones und unspezifische Bildschirmzeit) und reduzierter Schlafdauer (Hale and Guan, 2015, Pieters et al., 2014). Besonders stark sei dieser Effekt bei interaktiven Medien wie Computerspielen und Chats (Levenson et al., 2017). Mögliche Gründe für die reduzierte Schlafdauer könnten das bloße nach-hinten-verschieben der zu Bettgezeit (Tarokh et al., 2010, Woods and Scott, 2016) oder das Unterdrücken der Melatoninproduktion durch die Licht-Ausstrahlung der Geräte und somit das Verschieben des zirkadianen Rhythmus sein

(Cain and Gradisar, 2010). Zudem könnten Jugendliche schlechter zu Ruhe kommen, aus Angst Nachrichten zu spät zu lesen und zu beantworten oder Inhalte zu verpassen (Thomée et al., 2010). Einige Jugendliche berichten außerdem, durch nächtliche Nachrichten geweckt zu werden (Van den Bulck, 2003). Perrault et al. (2019) konnten andererseits bei Jugendlichen zeigen, dass sich die Einschlafzeit verkürzt und die Schlafdauer verlängert, wenn nach 21 Uhr keine Bildschirme mehr genutzt werden.

Die nächtliche Nutzung von sozialen Medien korrelierte dabei stärker mit einem schlechterem Schlafverhalten als die tägliche Nutzung (Woods and Scott, 2016). Neben der Nutzung von elektronischen Medien hatte allein das Vorhandensein und die Anzahl an elektronischen Geräte im Kinderzimmer einen negativen Einfluss auf den nächtlichen Schlaf (Cain and Gradisar, 2010). Eine von Lenhart et al. (2010) durchgeführte Studie ergab, dass bereits 2010 86% der Jugendlichen ihr Smartphone nachts im Schlafzimmer hatten, oftmals sogar direkt im Bett. Van den Bulck (2007) zeigte, dass 62% der befragten belgischen Schüler:innen das Smartphone noch nach dem Löschen des Lichts im Bett nutzten. Teilweise werden Medien dabei als Einschlafhilfe genutzt (Eggermont and Van den Bulck, 2006). Bei jungen Erwachsenen zwischen 19 und 32 Jahren konnte gezeigt werden, dass exzessive Nutzung sozialer Medien 30 min vor dem zu Bett gehen zu Schlafstörung führte (Levenson et al., 2017). Dworak et al. (2007) konnten bei Kindern und Jugendlichen zwischen 12 und 14 Jahren zeigen, dass 60 min Video-Spielen nach einer Lernphase vor dem Zubettgehen zu einer verlängerten Einschlafzeit führte.

Die Omnipräsenz des Smartphones im Alltag der Heranwachsenden und die negativen Folgen einer erhöhten Nutzung, vor allem vor dem Einschlafen, zeigen die Relevanz, den Einfluss des Smartphones auf das Schlafverhalten zu ergründen. Gerade die Nutzung von sozialen Interaktionsformen ist bei Kindern- und Jugendlichen weit verbreitet, weshalb diese als Untersuchungskriterium genutzt wurde.

1.2 Schlaf

Rund ein Drittel unseres Lebens verbringen wir im Schlaf (Sejnowski and Destexhe, 2000). Rasch and Born (2013) definierten Schlaf als *„einen natürlichen, reversiblen Zustand mit herabgesetzter Empfänglichkeit für externe Stimuli und relativer Inaktivität, welcher mit Bewusstseinsverlust einhergeht“*. Bis heute gibt es keine allgemeingültige

Theorie zu der Funktion des Schlafes (Bear, 2016). Es werden diverse Funktionen des Schlafes diskutiert. Zum einen dient der Schlaf der Energieeinsparung (Leproult and Van Cauter, 2010). Die Erhaltung der inneren Homöostase in Bezug auf hormonelle und metabolische Prozesse wird gefördert (Leproult and Van Cauter, 2010). Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen Funktionen des Immunsystems und Schlaf (Imeri and Opp, 2009). In der Zeit der körperlichen Erholung werden Wachstums- und Erneuerungsprozesse initiiert (Takahashi et al., 1968). Als relativ gesichert gilt, dass Schlaf die Konsolidierung von Gedächtnisinhalten fördert (Klinzing et al., 2019a, Diekelmann and Born, 2010). Er ist somit ein wichtiger Bestandteil beim Erlernen von neuen Inhalten und Bewegungsabfolgen (Rasch and Born, 2013).

Die durchschnittliche tägliche Schlafdauer nimmt im Laufe der Kindheit von 14.2 Stunden ($SD=1.9$) mit sechs Monaten auf 8.1 Stunden ($SD=0.8$) mit 16 Jahren ab (Iglowstein et al., 2003). Das individuelle Schlafbedürfnis von Erwachsenen schwankt zwischen 5 und 10 Stunden pro Nacht, wobei der Durchschnitt bei 7.5 Stunden liegt (Bear, 2016).

Schlaf unterliegt einem zirkadianen Rhythmus, der vor allem durch zwei Hirnregionen gesteuert wird. Als zirkadianer Schrittmacher wird der Nucleus suprachiasmaticus (SCN) des Hypothalamus beschrieben, der Afferenzen über den Traktus retinohypothalamicus von Photorezeptoren der Retina erhält (Moore MD, 1997, Inouye and Kawamura, 1979, Wahl et al., 2019). Der SCN hat tagsüber eine hohe neuronale Aktivitätsrate und eine geringe in der Nacht (Inouye and Kawamura, 1979). Der Nucleus suprachiasmaticus steht mit der Zirbeldrüse in Verbindung, die über das Hormon Melatonin den Tag-Nacht Rhythmus beeinflusst (Wahl et al., 2019, West et al., 2011). Die Freisetzung erfolgt vor allem nachts (Tarokh et al., 2010). Die Melatoninsynthese wird durch Licht unterdrückt (Lewy et al., 1980), wobei blaues Licht mit einer Wellenlänge von ca. 460nm den stärksten suppressiven Effekt zeigt (Wahl et al., 2019). Die Regulierung erfolgt stufenweise und schon bei Raumlicht ab 200 Lux ist im Blutplasma ein Abfall der Konzentration zu verzeichnen (Zeitzer et al., 2000). Die abendliche Nutzung von elektronischen Geräten führt, vor allem durch Licht im blauen Spektralbereich, zu einer verringerten Melatoninausschüttung und so zum Verschieben des zirkadianen Rhythmus (Hale and Guan, 2015, Wahl et al., 2019). Viele mobile Endgeräte besitzen deshalb einen Blaufilter.

1.2.1 Schlafphasen und -zyklus

Beim Menschen wird der Schlaf nach dem ersten Lebenshalbjahr in Rapid eye movement- (REM-Schlaf) und Non-REM-Schlaf unterteilt (Huber and Born, 2014). Der Non-REM-Schlaf zeichnet sich durch minimale Körper- und Augenbewegungen aus (Bear, 2016). Im Elektroenzephalogramm (EEG) zeigen sich hohe Synchronisationsraten der Neurone. In tiefer werdenden Schlafphasen äußert sich das durch die Zunahme an Delta-Wellen (0,5-4,0Hz) des Neokortex. Zusätzlich treten im Non-REM-Schlaf Schlafspindeln (12-15Hz) auf, die vom Thalamus ausgehen (Sejnowski and Destexhe, 2000). Die Synchronisierungsprozesse begünstigen die Konsolidierung von deklarativen Gedächtnisinhalten (Diekelmann and Born, 2010). Im REM-Schlaf ist die Skelettmuskulatur atonal, jedoch sind Augenbewegungen häufig (Bear, 2016). Im EEG zeigen sich Oszillationen mit niedriger Amplitude und variabler Frequenz, meist zwischen 4-8Hz (Klinzing et al., 2019b). Bei der Gedächtniskonsolidierung scheint REM-Schlaf eher die Konsolidierung von prozeduralen Gedächtnisinhalten zu fördern (Wilhelm et al., 2008, Plihal and Born, 1997) sowie das Festigen von emotionalen Erinnerungen (Nishida et al., 2009).

Schon Loomis et al. (1937) beschrieben, dass die Schlafstadien einem relativ geordneten Zyklus folgen. Im Laufe der Nacht werden die einzelnen Schlafstadien mehrfach durchlaufen. Dabei wird der Non-REM-Schlaf nach Rechtschaffen and Kales (1968) in die Stadien eins bis vier unterteilt und vom REM-Schlaf abgegrenzt. Schlafphase drei und vier werden häufig als Tiefschlafphase zu slow-wave Sleep (SWS) zusammengefasst (Klinzing et al., 2019a). In jedem Zyklus werden meist zunächst die Non-REM-Stadien durchlaufen, gefolgt von einer REM-Schlafphase. Die erste Schlafphase dauert ca. 90 Minuten, in den folgenden Schlafzyklen nimmt die Dauer des Non-REM-Schlafes ab, der REM-Schlaf nimmt zu (*siehe Abbildung 1*). Insgesamt erfolgen im Laufe der Nacht 4-5 Schlafzyklen (Schmidt et al., 2010).

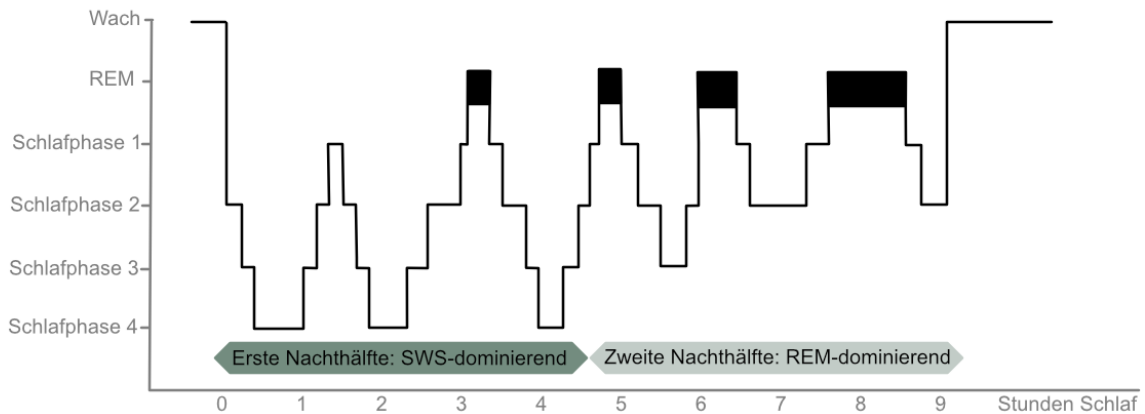


Abbildung 1: Hypnogramm, schematisch dargestellte und auf das wesentliche reduziert aus dem Hypnogramm einer Probandin. Die Schlafdauer mit 9h orientiert sich an der durchschnittlichen Schlafdauer von 12-jährigen (Huber and Born, 2014). Für das Alter typisch wird die erste REM-Schlafphase ausgelassen (Tarokh et al., 2010) Die Tiefschlafphasen drei und vier dominieren die erste Nachthälfte, der REM-Schlaf (durch schwarze Balken hervorgehoben) die zweite Nachthälfte. Einteilung in zwei Nachthälften nach Rasch and Born (2013).

Adaptiv können die Schlafzyklen durch Polysomnographie erfasst werden. Zur Erfassung des Schlafrhythmus wird die Hirnaktivität per EEG abgeleitet, die Augenbewegungen werden durch ein Elektrookulogramm (EOG) erfasst, sowie der Muskeltonus per Elektromyogramm (EMG) aufgezeichnet. Ausgewertet werden können Polysomnographie-Daten durch Anwendung der Regeln nach Rechtschaffen and Kales (1968) oder der Richtlinien der American Academy of Sleep Medicine (AASM). Bei dieser Studie wurde, wie im Tübinger Kinderschlaflabor üblich, die Regeln nach Rechtschaffen und Kales angewandt.

Nach Rechtschaffen and Kales (1968) ist die erste Schlafphase im Vergleich zum Wachsein durch einen verlangsamten EEG Rhythmus zwischen 2 und 7Hz gekennzeichnet. Die Alpha-Aktivität (8 bis 13Hz) beträgt unter 50% jeder Epoche. Eine Epoche entspricht einem 30sec Abschnitt des EEGs. Es können rollende Augenbewegungen im EOG auftreten, das EMG wird niedrigfrequent. Sobald Schlafspindeln mit 12-14Hz oder K-Komplexe auftreten ist der Schlaf vertieft und wird der Schlafphase zwei oder tiefer zugeordnet. Die Schlafphasen zwei bis vier unterscheiden sich nach dem prozentualen Vorkommen von Delta-Wellen, die zwischen 0,5 und 2Hz lang sind und eine Amplitude von mindestens 75µV aufweisen. Über 20% Delta-Wellen einer Epoche definieren Schlafphase drei, über 50% Schlafphase vier. Der REM-Schlaf wird über ein langsames EMG mit typischen EEG zwischen 2 und 7Hz definiert, in dem Augenbewegungen vorkommen. Die

Augenbewegungen sind dabei nicht in jeder Epoche notwendig. Bewegungen können ergänzend zur Schlafphase gescort werden und sind oftmals Zeichen eines Schlafphasenwechsels (Rechtschaffen and Kales, 1968).

1.2.2 Veränderung des Schlafverhaltens durch die Pubertät

Im Verlauf der Pubertät kommt es zu diversen Veränderungen im Schlafverhalten der Heranwachsenden. Generell verkürzt sich die durchschnittliche tägliche Schlafenszeit (Karacan et al., 1975, Iglowstein et al., 2003). Ursächlich ist vor allem die spätere Zubettgehzeit kombiniert mit der morgendlichen Verpflichtung früh aufzustehen, um in die Schule zu gehen (Crowley et al., 2007, Taylor et al., 2005). Am Wochenende oder im experimentellen Setting, in dem es Jugendlichen ermöglicht wird 10h zu schlafen, zeigte sich kein verringertes Schlafbedürfnis (Ohayon et al., 2004, Carskadon and Acebo, 2002). In der Pubertät verschiebt sich der Chronotyp in Richtung Abendtyp (Crowley et al., 2007). Die Tendenz zum Eulen-Typ könnte durch Umweltfaktoren wie den Konsum von Koffein, oder durch blaues Licht von elektronischen Geräten und dadurch verspätete Melatoninproduktion beeinflusst werden. Zudem können abendliche außerschulische Aktivitäten die Zubettgehzeit nach hinten verschieben (Crowley et al., 2007). In einer von Ohayon et al. (2004) durchgeführten Metaanalyse zeigten sich keine signifikanten Veränderungen von Jugendlichen im Vergleich zum Erwachsenen in Bezug auf die Einschlaf latenz sowie die Schlaffeffizienz.

Im EEG tritt im Verlauf der Pubertät eine deutliche Reduktion der Schlafphase vier (um bis zu 40%) sowie eine Zunahme der Phase zwei auf (Jenni and Carskadon, 2004). Die REM-Latenz (die Zeit zwischen Einschlafzeitpunkt und erster REM-Schlafphase) ist bei Kindern länger als bei postpubertären jungen Erwachsenen. Dabei wird teilweise die erste REM-Phase ausgelassen (Tarokh et al., 2010). Die EEG-Amplitude des SWS nimmt ab (Tarokh et al., 2016). In einer von Campbell and Feinberg (2009) durchgeführten Longitudinalstudie konnte gezeigt werden, dass die Veränderung in der Amplitude der Delta-Wellen und somit der slow-wave activity (SWA) vor allem zwischen dem 11 und 16 Lebensjahr stattfindet, was die Vermutung nahelegt, dass dies eine sensible Phase der Gehirnreifung darstellt (Campbell and Feinberg, 2009). Die Veränderungen könnten durch den Untergang von nicht benötigten Synapsen, dem *Synaptic pruning* im sich entwickelnden Gehirn entstehen (Campbell and Feinberg, 2009, Huttenlocher, 1979). Zudem kommt es im Laufe der Pubertät zu strukturellen Umbauprozessen wie Zunahme der weißen Substanz (Giedd et al.,

1999). Der Metabolismus des Gehirns nimmt ab (Feinberg et al., 1990). Zwischen Schlaf und Gehirnentwicklung besteht eine bidirektionale Verbindung. Zum einen spiegelt sich die Gehirnentwicklung durch ein verändertes Schlaf-EEG wider, zum anderen führt Schlaf zu Entwicklungsprozessen im Gehirn (Tarokh et al., 2016).

Schlaf unterstützt sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern und Jugendlichen die deklarative Gedächtnisbildung (Dworak et al., 2007, Diekelmann and Born, 2010, Wang et al., 2017).

1.3 Gedächtnis

Neue Eindrücke und Informationen durchlaufen beim Menschen mehrere Gedächtnisformen, bevor sie im Langzeitgedächtnis abgespeichert werden. Der Informationsfluss läuft über das sensorische Gedächtnis, in dem wahrgenommene Reize nur für Millisekunden gespeichert und extrahiert werden über Enkodierungsprozesse in das Kurzzeitgedächtnis. Das Kurzzeitgedächtnis hat eine geringe Kapazität, die mittlere Verweildauer der gespeicherten Informationen ist auf Sekunden bis maximal Minuten beschränkt. Vom Kurzzeitgedächtnis können die Inhalte wiederrum durch Konsolidierung in das Langzeitgedächtnis überführt werden, in dem Informationen dauerhaft gespeichert werden (Schmidt et al., 2010). Die Konsolidierung wird durch repetitives Vorgehen oder Schlaf gefördert (Diekelmann and Born, 2010).

Bei der Prozessierung von Gedächtnisinhalten vom Kurzzeit- in das Langzeitgedächtnis kommt es sowohl auf der interzellulären Ebene als auch auf der intrasynaptischen Ebene zu Veränderungen. Die strukturellen Änderungen betreffen die Anzahl der Synapsen sowie die Reorganisation von Verbindungen (C H Bailey and Kandel, 1993). Auf intrazellulärer Ebene kommt es durch zelluläre Prozesse zur veränderten Proteinexpression (Schmidt et al., 2010).

1.3.1 Gedächtnisformen

Neben der zeitlichen Unterteilung in sensorisches Gedächtnis, Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis besteht noch eine Gliederung in Subtypen der Langzeit-Datenspeicherung gemäß der Informationsart (*siehe Abbildung 2*). Dabei wird das non-deklarative vom deklarativen Gedächtnis unterschieden (Schmidt et al., 2010, Rasch and Born, 2013).

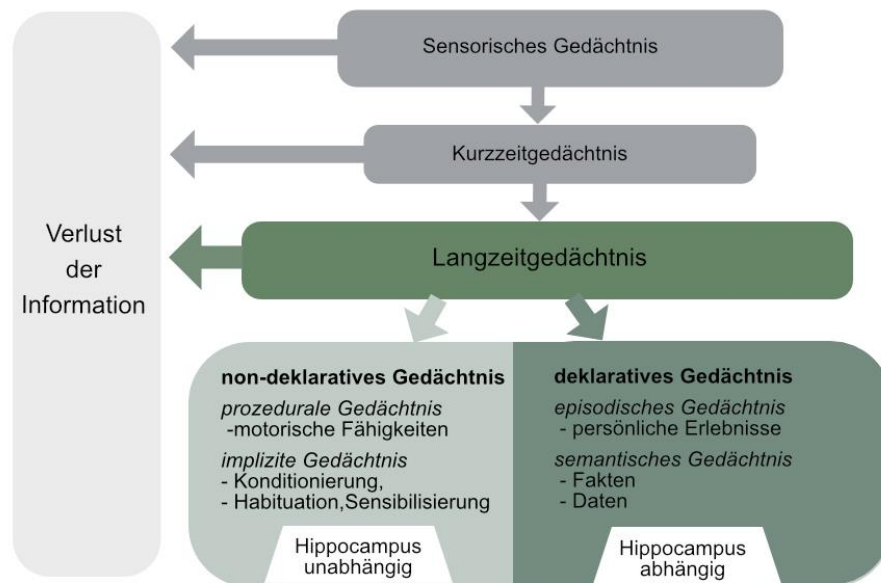


Abbildung 2: Informationsfluss und Gedächtnisformen des Menschen nach Schmidt et al. (2010). Das Langzeitgedächtnis wird wiederum in die Subsysteme des non-deklarativen und des deklarativen Gedächtnisses aufgeschlüsselt sowie deren Unterformen. Dabei wird dargestellt, bei welcher Gedächtnisform die Konsolidierung über den Hippocampus stattfindet (nach: Rasch and Born, 2013).

Im prozeduralen Gedächtnis und impliziten Gedächtnis werden vor allem Bewegungsabläufe gespeichert. Man unterscheidet dabei Konditionierung, Habituation, Sensibilisierung und das Erlernen von Fertigkeiten (Schmidt et al., 2010). Als kortikale Strukturen verarbeiten primär das Striatum und das Cerebellum die Informationen (Diekelmann and Born, 2010), als höheres Zentrum sind der motorische Kortex sowie der Neurokortex beteiligt (Schmidt et al., 2010).

Im deklarativen Gedächtnis oder auch explizites Gedächtnis werden Erinnerungen gespeichert. Es wird in zwei Subtypen unterteilt. Das episodische Gedächtnis zum Abrufen von persönlichen Erlebnissen und Erfahrungen und das semantische Gedächtnis, in dem Fakten und Daten gespeichert sind (Schmidt et al., 2010). Die Verarbeitungsprozesse laufen dabei primär über den Hippocampus und den medialen Temporallappen (Diekelmann and Born, 2010). Speicherort ist der Neokortex, speziell der rechte Frontal- und Temporallappen für episodische Erinnerungen und der Temporallappen für semantische Erinnerungen (Schmidt et al., 2010).

Der Vorgang der Gedächtnisbildung lässt sich in drei Schritte unterteilen. Zunächst (A) der Lernphase (Enkodierung), (B) der Verarbeitungshase (Prozessierung/Konsolidierung) und zuletzt (C) der Abrufphase (Retrieval). Während Lernen und Abruf

typischerweise im Wachzustand stattfinden, spielt der Schlaf eine entscheidende Rolle für die Konsolidierung (Diekelmann and Born, 2010).

1.3.2 Auswirkung des Schlafes auf die Gedächtnisbildung

Schlaf verhindert das Überschreiben von noch mäßig gefestigten Erinnerungen und spielt darüber hinaus eine wichtige Rolle bei der Konsolidierung von Gedächtnisinhalten. Die Gedächtniskonsolidierung beschreibt einen Prozess, bei dem neue Informationen durch wiederholte Präsentation in das Langzeitgedächtnis überschrieben werden. Dabei werden die Informationen nicht nur gefestigt, sondern auch abstrahiert (Klinzing et al., 2019a). Schlaf unterstützt sowohl die deklarative als auch die prozedurale Gedächtniskonsolidierung (Diekelmann and Born, 2010). Diskutiert wird ein Einfluss des REM-Schlafes auf die prozedurale Gedächtnisbildung sowie des SWS auf die deklarative Gedächtnisbildung (Plihal and Born, 1997). Im Weiteren wird vor allem auf die deklarative Hippocampus-abhängige Gedächtniskonsolidierung eingegangen, die für das angewendete Gedächtnisparadigma von Bedeutung ist.

In der Literatur werden zwei Hypothesen beschrieben, die in Zusammenhang mit der Gedächtnisbildung stehen: der Homöostase und der aktiven Konsolidierung (Klinzing et al., 2019a, Diekelmann and Born, 2010, Gais et al., 2007). Die Homöostase schützt das Gehirn vor Überladung, indem die Anzahl der Synapsen, die im Wach-Zustand zunehmen, wieder auf das Ausgangsniveau gebracht werden. Momentan geht man davon aus, dass dieser Vorgang sowohl im SWS als auch im REM-Schlaf stattfindet, dem REM-Schlaf aber eine wichtigere Rolle zukommt. Dabei könnten Synapsen, die zuvor im SWS durch aktive Konsolidierung verstärkt wurden, von der Eliminierung geschützt sein (Klinzing et al., 2019a, Diekelmann and Born, 2010). Bei der aktiven Konsolidierung werden zuvor enkodierte Inhalte gefestigt. Dies geschieht im Schlaf durch wiederholte Reaktivierung hippocampaler-neokortikaler Bahnen (Gais et al., 2007, Diekelmann and Born, 2010). Der Hippocampus wird dabei als Zwischenspeicher gesehen und fördert durch die wiederholte Aktivierung von Zielregionen im Neokortex die dortige Festigung der enkodierten Inhalte (Rasch and Born, 2013). Dabei werden die Inhalte nicht nur gefestigt, sondern durch die immer wiederkehrende Präsentation mit anderen vorexistierenden Inhalten verknüpft (Diekelmann and Born, 2010). Dem Thalamus werden bei dem hippocampalen-neokortikalen Austausch Mediatorfunktionen zugeschrieben (Klinzing et al., 2019a,

Sejnowski and Destexhe, 2000). Elektroencephalographisches Korrelat sind drei Oszillationsformen (*siehe Abbildung 3*): (I) die langsamen Oszillationen ($<1\text{Hz}$), die vor allem im Neokortex auftreten, (II) Schlafspindeln ($\sim 12\text{-}15\text{Hz}$), die von GABA-ergen Zellen des Thalamus ausgehen und (III) sharp wave ripples ($\sim 80\text{Hz}$) aus dem Hippocampus (Klinzing et al., 2019a, Diekelmann and Born, 2010, Buzsáki, 1996). Zeitlich gesehen scheint der Informationsfluss am effektivsten zu sein, wenn die Daten vom Hippocampus während des depolarisierten Zustandes der neokortikalen Neurone (Senke der langsamen Oszillation) übermittelt werden. Die Schlafspindel sowie die sharp wave ripples also im Anstieg der Delta-Welle liegen. (Klinzing et al., 2019a). Da langsamen Oszillationen ein typisches Merkmal des SWS sind, findet diese Art der Hippocampus abhängigen, deklarativen Konsolidierung primär in der Tiefschlafphase der ersten Nachthälfte statt (Plihal and Born, 1997)

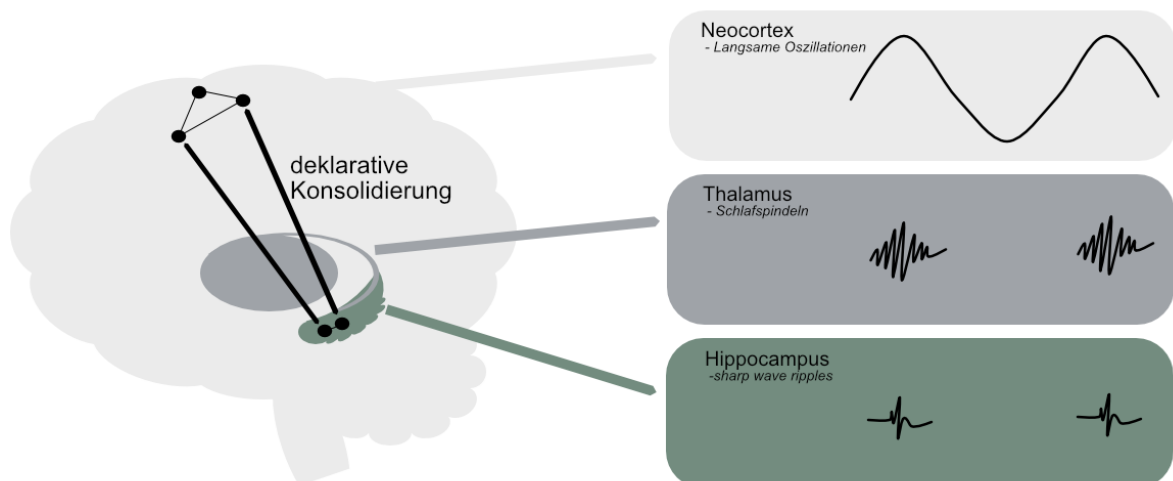


Abbildung 3: Schematisch dargestellte Vorgänge während der deklarativen, Hippocampus abhängigen Gedächtniskonsolidierung im SWS. Auf der linken Seite wird die Reaktivierung von Inhalten und die damit verbundene hippocampus-neokortikale Kommunikation bildlich dargestellt, auf der rechten Seite die damit verbundenen elektroencephalografischen Oszillationen der (I)neokortikalen langsamen Oszillationen, den (II)Schlafspindeln aus dem Thalamus sowie den (III) sharp wave ripples des Hippocampus. Die Darstellung untereinander steht für die häufige Synchronisation der drei Oszillationsformen. Abbildung nach Diekelmann and Born (2010) sowie Rasch and Born (2013) und Klinzing et al. (2019a)

Häufig wird im experimentellen Setting und auch in dieser Studie das Lernen von Wortpaaren als deklarative Gedächtnisaufgabe verwendet (Plihal and Born, 1997, Marshall et al., 2006). In früheren Studien konnte gezeigt werden, dass bei diesem Aufgabentypus die Proband:innen, die zwischen Lernen und Abruf schlafen durften, besser abschnitten als nach einer Wachphase (Wang et al., 2017, Wilhelm et al., 2008,

Gais et al., 2007). Der Effekt ist am größten, wenn die Proband:innen direkt nach der Lernphase schlafen gehen (Rasch and Born, 2013). Der Zusammenhang konnte sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern beobachtet werden (Huber and Born, 2014, Wang et al., 2017). In einer von Marshall et al. (2006) durchgeführten Studie konnte durch gezielte Transkranielle Magnetstimulation die langsamen Oszillationen mit 0,75Hz im ersten Schlafzyklus getriggert werden, was im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Stimulation zu einer Verbesserung der deklarativen Gedächtnisleistung führte. Stimulation mit höheren Herzzahlen oder in der zweiten Nachthälfte brachten hingegen keine signifikanten Veränderungen. Daraus abgeleitet wird in dieser Studie als mögliches Korrelat für die deklarative Gedächtniskonsolidierung der prozentuale Anteil des SWS gemessen am Gesamtschlaf genutzt (Marshall et al., 2006).

Dworak et al. (2007) konnten bei Jugendlichen zeigen, dass sich Videospielen nach einer Lernphase negativ auf den darauffolgenden Schlaf auswirkte. In der Polysomnographie zeigte sich ein verringerter prozentuale Anteil an Tiefschlaf. In weiterer Folge nahm die deklarative Gedächtnisleistung beim Abruf signifikant ab (Dworak et al., 2007).

1.4 Hypothesen

Bislang wurden wenige Schlafstudien mit Kindern und Jugendlichen durchgeführt, die durch apparative Verfahren den Einfluss abendlicher Mediennutzung auf die Gedächtnisleistung erfassten. Dworak et al. (2007) konnten zeigen, dass 60min Videospielen nach einer Gedächtnisaufgabe (Wortpaarlernen) zu einer erhöhten Einschlaf latenz führte. Die für die deklarative Gedächtnisbildung wichtige Tiefschlafphase (siehe Abschnitt 1.3.2 dieser Arbeit) nahm prozentual ab und in Folge daraus auch die Abrufleistung. Fast jeder Jugendliche besitzt und nutzt heutzutage soziale Medien an seinem Smartphone, häufig auch vor dem Schlafengehen (Südwest, 2019) (siehe Abschnitt 1.1.2). In einer von Levenson et al. (2017) durchgeführten Studie konnte gezeigt werden, dass bei jungen Erwachsenen zwischen 19 und 32 Jahren der Konsum von sozialen Medien vor allem in den 30min vor dem Zubettgehen zu Schlafstörungen führte. Diese Arbeit soll analog zu der Studie von Dworak et al. (2007) erforschen, ob die Nutzung von sozialen Medien einen Einfluss auf die Schlafarchitektur, Einschlaf latenz und in weiterer Folge auf die Gedächtnisleistung der Kinder und Jugendlichen zwischen 12 und 14 Jahren hat. Als Gedächtnisparadigma wurde das Lernen von Wortpaaren genutzt. Durch Polysomnographie konnte die Einschlaf latenz sowie die Schlafarchitektur erfasst werden. Als Kontrollintervention durften die Proband:innen in einer anderen Nacht vor dem Schlafen ein Buch lesen. Um nicht lediglich die verringerte Melatoninausschüttung in Folge von blauem Licht zu erfassen (Cain and Gradisar, 2010), wurde in einer weiteren Kontrollnacht ein Buch am Smartphone gelesen.

Hypothese 1 (H1): Die Kinder und Jugendlichen brauchen nach der Nutzung von sozialen Medien am Smartphone länger, um einzuschlafen. Die Einschlaf latenz korreliert negativ mit der beschriebenen Intervention am Smartphone.

Hypothese 2 (H2): Die Nutzung von (I) *sozialen Medien* vor dem Schlafengehen führt zu einer prozentualen Abnahme des Tiefschlafes (SWS) im Vergleich zum (II) *Lesen eines Buches am Smartphone* und (III) *Lesen eines Buches* .

Hypothese 3 (H3): Als Folge von H2 können Gedächtnisinhalte schlechter konsolidiert werden. Die Abrufleistung der Wortpaare nach der Nutzung *sozialer Medien* (I) ist signifikant geringer als nach den zwei Kontrollinterventionen (II und III).

2 Material und Methodik

2.1 Studienpopulation

Das Studienkollektiv umfasste $n = 20$ gesunde Proband:innen im Alter von 12 bis 14 Jahren. Die Fallzahl ergab sich aus einer mit *g*Power* (Faul et al., 2007) durchgeführten Powerkalkulation. Als Grundlage wurde die Studie von Dworak et al. (2007) genutzt, die ein ähnliches Studiendesign aufweist. Die Powerkalkulation wurde im Rahmen einer statistischen Beratung durch das Institut für Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie Tübingen bestätigt (Sennock et al., 2024).

Um den Einfluss von Geschlecht und Alter auf die Studienergebnisse gering zu halten, wurde auf eine geschlechts- und altersbalancierte Stichprobe geachtet. Insgesamt wurden 27 Kinder und Jugendliche für die Studie rekrutiert. Der Ausschluss von Proband:innen erfolgte aufgrund des Studienabbruchs durch den/die Proband:in selbst ($n=2$), Abweichung vom Studienprotokoll ($n=1$), sowie Veränderung des Studiendesigns nach Probemessungen ($n=4$). Von den 20 Proband:innen, die in die Auswertung eingeflossen sind, wurden 10 Mädchen und 10 Jungen rekrutiert. Pro Geschlecht wurden zur gleichmäßigen Altersverteilung drei Proband:innen im Alter von 12 Jahren, drei 13-jährige sowie vier 14-jährige einbezogen (Sennock et al., 2024).

Die Rekrutierung erfolgte über eine Datenbank vom Kinderschlaflabor Tübingen, in der Kinder und Jugendliche vermerkt sind, die bereits an früheren Studien teilgenommen hatten und weiterhin Interesse an Studienteilnahmen zeigten. Dabei wurden neben den allgemeinen Ausschlusskriterien Kinder ausgeschlossen, die die Gedächtnisaufgabe aus anderen Studien kannten. Des Weiteren erfolgte ein Aufruf über den internen E-Mailverteiler der Universitätsklinik Tübingen. Die Messungen fanden 2018 und 2019 statt.

Für die Teilnahme an allen Testterminen erhielt jede/r minderjährige/r Teilnehmer:in 100€, die in Form von Amazon Gutscheinen ausgezahlt wurden. Der zeitliche Aufwand der Erziehungsberechtigten wurde mit 50€ honoriert.

2.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien: Allgemeines Einschlusskriterium war ein Alter zwischen 12 und 14 Jahren und ein ausreichendes deutsches Sprachverständnis. Um sicherzustellen, dass das Gedächtnisparadigma bewältigt werden konnte, sollten die Studienteilnehmer:innen einen Intelligenzquotient (IQ) von über 85 haben. Alle Kinder-

und Jugendlichen sollten körperlich sowie geistig gesund sein. Jede/r Proband:in musste ein eigenes Smartphone besitzen und darauf soziale Medien nutzen. Die Kinder und Jugendlichen mussten ein normales Schlafverhalten aufweisen (Sennock et al., 2024).

Ausschlusskriterien: Ausgeschlossen wurden Kinder und Jugendliche, die Erkrankungen des Herz- Kreislaufsystems, des Gastrointestinaltraktes, des endokrinen Systems und neurologische Erkrankungen hatten. Zudem führte jegliche aktuelle Entwicklungsverzögerung und psychiatrische Erkrankung zum Ausschluss. Nicht korrigierte Seh- und Hörstörungen waren ebenso wenig erlaubt wie die Einnahme von Medikamenten mit Einfluss auf kognitive Funktionen. Des Weiteren wurden Proband:innen ausgeschlossen, die über aktuelle oder rezidivierende Schlafstörungen verfügten. Die Kinder und Jugendlichen sollten keine diagnostizierte Mediensucht aufweisen (Sennock et al., 2024).

Um sicherzustellen, dass die Einschlusskriterien eingehalten wurden, wurden beim ersten Termin (Kennenlernermin) diverse Fragebögen von Eltern und Kindern bzw. Jugendlichen bearbeitet, sowie eine Intelligenztestung durchgeführt. Die Fragebögen werden im Unterpunkt *Untersuchungsmaterialien* genauer erläutert.

2.1.2 Charakteristika Proband:innen

In die Auswertung wurden 20 Proband:innen ($n=20$) im Alter von 12 bis 14 Jahren eingeschlossen, die die Ein- und Ausschlusskriterien erfüllten. Alle 20 Proband:innen hatten einen IQ von über 85, keine psychischen oder schwerwiegenden körperlichen Erkrankungen sowie keine nicht korrigierten Seh- und Hörstörung und besaßen ein Smartphone. Sie kamen aus der Umgebung Tübingens und besuchten ein Gymnasium oder eine Gesamtschule. Der durchschnittliche Intelligenzquotient lag überdurchschnittlich bei 110.30 ($SD=13.99$), bei der Hamburg-Welcher-Intelligenztestung für Kinder (HAWIK) wurden im Mittel 6.40 Zahlenreihen vorwärts ($SD=1.60$) und 5.40 Zahlen ($SD=1.76$) rückwärts erreicht. Es musste kein/e Proband:in wegen Auffälligkeiten (t -Wert >70 in übergeordneten Skalen) im Youth Self Report (YSR) oder Child Behavior Checkliste (CBCL) ausgeschlossen werden (Sennock et al., 2024). Die ausführlichen Ergebnisse sind in *Tabelle 1* dargestellt.

Tabelle 1: Charakteristika des Proband:innenkollektivs in Bezug auf Intelligenz sowie Ausschluss psychischer Auffälligkeiten (Sennock et al., 2024)

	Mittelwerte (n=20)	SD	Minimum	Maximum
Intelligenz				
IQ (durch CFT-20-R erhoben)	110.30	13.985	89	132
HAWIK				
Zahlenreihe vorwärts	6.40	1.603	3	9
Zahlenreihe rückwärts	5.40	1.759	2	8
Ausschluss Erkrankungen				
CBCL				
Gesamtauffälligkeit	52.85	7.271	41	64
Internale Probleme	54.30	8.633	38	70
Externale Probleme	48.95	7.783	36	63
YSR				
Gesamtauffälligkeit	52.00	6.736	36	65
Internale Probleme	49.25	7.779	32	68
Externale Probleme	53.05	6.236	39	63

CFT= Culture Fair Test, HAWIK=Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder, CBCL=Child Behavior Checklist, YSR= Youth Self Report

2.2 Studienablauf

Es gab jeweils vier Kontakte zu den Proband:innen. Der erste Termin diente dem Kennenlernen, die anderen drei beinhalteten die Messtermine (Sennock et al., 2024).

In einem ersten Telefonkontakt wurden die Eltern und die Kinder ausführlich über die Ziele, den Nutzen und die Dauer sowie über mögliche Risiken informiert. Bereits vor dem ersten Studientermin erhielten die Eltern der Interessent:innen den Aufklärungsbogen für Kinder und Eltern per Mail, um ausreichend Zeit zu haben sich über eine potenzielle Teilnahme zu informieren. Um eine spätere Absage unsererseits zu vermeiden, wurden telefonisch bereits die Ein- und Ausschlusskriterien abgefragt. Bei positiver Rückmeldung der Eltern und der Kinder bzw. Jugendlichen wurden die vier Studientermine vereinbart.

Um die Untersuchungen möglichst realitäts- und alltagsnah zu gestalten, fanden die Messungen (Termine 2 bis 4) bei den Proband:innen zuhause statt. Der Ablauf folgte

standardisierten Ablaufplänen, die Reihenfolge der Interventionen und der Wortpaarlisten erfolgte randomisiert und balanciert. Die Studie wurde durch die Ethik-Kommission des Universitätsklinikums Tübingen genehmigt (Sennock et al., 2024). Die Projektnummer lautet 614/2018B01.

2.2.1 Kennenlernertermin (Termin 1)

Der Kennenlernertermin fand in den Räumen des Kinderschlaflabors Tübingen (Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie) statt. Nach einer erneuten Aufklärung über die Ziele der Studie, dem Nutzen und die Dauer sowie über mögliche Risiken hatten Interessent:innen und ihre Eltern nochmals Zeit, persönlich Fragen zu stellen. Wenn weiterhin Interesse an der Studienteilnahme bestand, folgte die Unterzeichnung der Einverständniserklärung durch ein Elternteil, die/den Proband:in und die/den Studienleiter:in. Es wurde explizit darauf hingewiesen, dass die Teilnahme freiwillig ist, Unklarheiten oder Bedenken jederzeit mit der Versuchsleitung besprochen werden können, und dass ein Abbruch der Studie jederzeit ohne Angabe von Gründen möglich ist.

Nach der Aufklärung und Unterzeichnung der Einverständniserklärung füllten die Eltern einige Fragebögen aus. In der Zwischenzeit bearbeiteten die Kinder bzw. Jugendlichen in einem separaten Raum unter Anleitung der Versuchsleitung den *CFT 20-R* (Weiß, 2006) sowie das *Zahlen nachsprechen* (HAWIK, Daseking et al., 2007). Nachdem die Intelligenztestung abgeschlossen war, erhielt das Kind bzw. der Jugendliche Fragebögen, die allein vor Ort ausgefüllt wurden. Die Fragebögen sowie die Messinstrumente zur Intelligenztestung sind unter 2.3 *Untersuchungsmaterialien* genauer erläutert.

Zuletzt erhielt der/die Studienteilnehmer:in ein *Dummy-EEG* bestehend aus fünf Elektroden und dem Gehäuse eines ambulanten SOMNOmedic Polysomnographie Geräts mit nach Hause, um eine Nacht zur Adaptation vor der ersten Testnacht damit zu schlafen. Alle Proband:innen erhielten außerdem ein *Schlafstagebuch* zur Erfassung der individuellen Schlafzeiten und der durchschnittlichen Mediennutzung. Das Tagebuch wurde über eine Woche bearbeitet und sollte vor der ersten Testnacht ausgefüllt worden sein (Sennock et al., 2024).

Die Durchführung des gesamten ersten Termins dauerte ungefähr 1.5 Stunden.

2.2.2 Testnächte (Termin 2 bis 4)

Die Kinder und Jugendlichen wurden an je drei Testnächten bei den jeweiligen Familien zu Hause gemessen. Zwischen den Testnächten lagen zwei bis maximal drei Wochen. Es wurde darauf geachtet, dass die Messungen am gleichen Wochentag stattfanden. Die Testungen fanden ausschließlich am Wochenende oder in den Schulferien statt. Die Kinder und Jugendlichen wurden angehalten, an den Testnächten keine koffein-, teein- oder alkoholhaltigen Getränke zu konsumieren und nicht tagsüber zu schlafen (Sennock et al., 2024).

Jede Testnacht beinhaltete eine der drei Interventionen (I) *Nutzung sozialer Medien am Smartphone*, (II) *Lesen eines Buchs am Smartphone* sowie (III) *Lesen eines Buches* (siehe Abbildung 4). Die Reihenfolge der Interventionen erfolgte randomisiert und balanciert zu den drei Wortpaarlisten (Sennock et al., 2024).

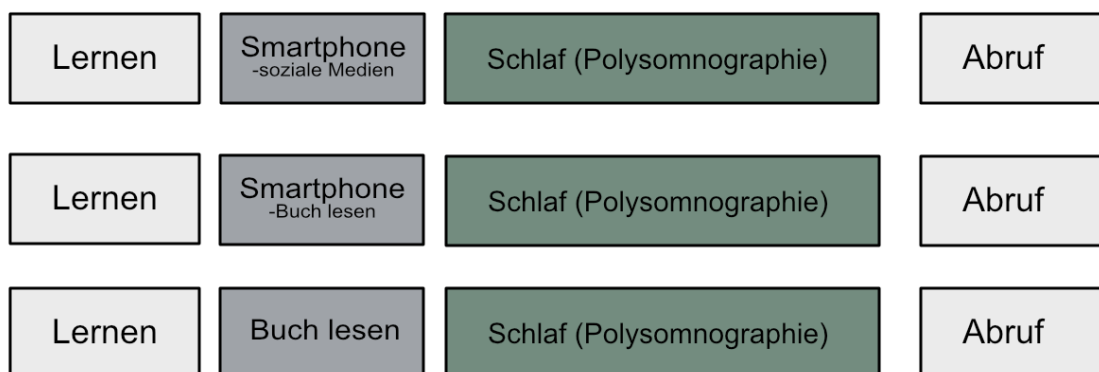


Abbildung 4: Studiendesign mit den drei Interventionsformen (I) soziale Medien, (II) Lesen am Smartphone und (III) Lesen im Buch. Die Reihenfolge der Interventionen erfolgte randomisiert und balanciert. In der Abbildung ist zusätzlich der zeitliche Ablauf in den jeweiligen Zeilen verbildlicht. Abbildung nach eigener Publikation Sennock et al. (2024).

Die Versuche fanden in einem separaten Raum, dem Kinderzimmer, statt. Die Lichtverhältnisse wurden, soweit es die lokalen Gegebenheiten zuließen, konstant gehalten bei 30-60Lux während des (A) Lernens und (C) Abrufs am Schreibtisch sowie 10-20Lux bei der Intervention im Bett (B). Die Temperatur wurde zu allen drei Zeitpunkten miterfasst (Sennock et al., 2024).

Jede Testnacht begann mit dem Anbringen des Schlaf-EEGs. Nachdem die Elektroden und das Physiologiearmband angebracht wurden, beantwortete der/die Proband:in Kontrollfragebögen zur aktuellen Müdigkeit (Stanford Sleepiness Scale (SSS), Hoddes et al., 1972) und zur emotionalen Befindlichkeit (Positiv and Negative

Affect Schedule (PANAS), Watson et al., 1988, Self-Assessment Manikin (SAM), Bradley and Lang, 1994). Außerdem wurde durch den *Psychomotor Vigilance Task* (PVT, Roach et al., 2006) die momentane Reaktionszeit erfasst. Nach der Durchführung der Wortpaar-Gedächtnisaufgabe folgte eine der drei Interventionen. Die Interventionen wurden jeweils im Bett liegend ausgeführt, mit erhöhtem Oberkörper. Nach der Intervention wurden die Kontrollfragebögen erneut ausgefüllt. Zusätzlich sollte der/die Versuchsteilnehmer:in bewerten, wie spannend er/sie die Aktivität empfand und wie schwer es war aufzuhören. Im Anschluss wurde das Kind bzw. der Jugendliche aufgefordert möglichst unverzüglich schlafen zu gehen (Sennock et al., 2024).

Das Schlaf-EEG wurde, wenn möglich, morgens von den Eltern nach Anleitung entfernt. Der morgendliche Studientermin begann erneut mit der Beantwortung der Kontrollfragebögen und der Erfassung der aktuellen Reaktionszeit durch den PVT. Zusätzlich füllte jede/r Proband:in die Pre-Sleep Arousal Scale (PSAS, Nicassio et al., 1985b) aus, um kognitive oder somatische Erregung in der Einschlafphase zu erfassen. Der morgendliche Termin endete mit dem Abruf der am Abend zuvor gelernten Wortpaare.

Ein exemplarischer Ablauf sah, wie in *Tabelle 2* beschrieben, aus. Die konkreten Zeiten wurden an die gewohnte Zubettgehzeit der einzelnen Proband:innen angepasst. Das Zeitintervall zwischen Lernen und Abruf wurde auf 12h festgelegt (Sennock et al., 2024).

Tabelle 2: Exemplarischer Studienablauf Termin 2 bis 4

19:30-19:40	Begrüßung und Einführung	
19:40-20:30	Kleben der Schlaf-Polysomnographie sowie Anlegen des Physiologiearmbandes	
20:30-21:00	Kontrollfragebögen SSS, PANAS, SAM PVT Wortpaarliste (Gedächtnisaufgabe)	<i>Lernphase</i>
21:00-21:45	Intervention (I) <i>Nutzung soziale Medien</i> oder (II) <i>Lesen eines Buches am Smartphone</i> oder (III) <i>Lesen eines Buches</i>	<i>Intervention</i>
21:45-22:00	Kontrollfragebögen SSS, PANAS, SAM Start Messung Polysomnographie	
22:00-7:30	Polysomnographie sowie Messung durch das Physiologiearmband	<i>Schlaf</i>
7:30 - 8:30	Entfernung der Elektroden durch die Eltern	
8:30 - 9:00	Kontrollfragebögen SSS, PSAS, PANAS SAM PVT Wortpaarlisten (Gedächtnisaufgabe)	<i>Abruf</i>
9:00 – 9:10	Verabschiedung	

PANAS= *Positive and negative Affect Schedule*, **PSAS**=*Pre-Sleep Arousal Scale*

PVT = *Psychomotor Vigilance Task*

SSS= *Stanford Sleepiness Scale*, **SAM**= *Self-Assessment Manikin*,

2.3 Untersuchungsmaterialien

2.3.1 Schlaftagebuch

Im Schlaftagebuch sollten die Proband:innen über eine fortlaufende Woche ihre tägliche Mediennutzung, Schlafenszeiten, subjektive Leistungsfähigkeit und emotionale Befindlichkeiten beschreiben. Das Schlaftagebuch bestand aus einem Abendprotokoll, das vor dem Lichtlöschen ausgefüllt wurde und einem Morgenprotokoll, das unmittelbar nach dem Aufstehen bearbeitet wurde. Im Abend- und Morgenprotokoll wurde die Gemütslage durch den SAM abgefragt. Im Abendprotokoll wurde die durchschnittliche Leistungsfähigkeit sowie die abendliche Erschöpfung auf einer Likert-Skala notiert. Des Weiteren wurde erfasst, ob und wie lange das Kind bzw. der Jugendliche tagsüber geschlafen hatte, und wann er/sie zu Bett gegangen war. Um die tägliche Mediennutzung zu quantifizieren, notierte der/die Proband:in wie lange er/sie an dem entsprechenden Tag Smartphone, Tablet, Computer und Fernseher genutzt hatte. Zur Spezifizierung der Mediennutzung werden vorgegebene Items in eine Reihenfolge gebracht, die der Nutzungsdauer entsprachen. Vorgegeben waren:

- soziale Medien/Kommunikation
- Video/Film gucken
- Musik hören
- Recherche
- Schule
- Spiele
- Sonstiges

Zuletzt notierte das Kind oder der Jugendlichen, für was und wann er/sie sein technisches Equipment zuletzt genutzt hatte (Sennock et al., 2024).

Im Morgenprotokoll wurde zunächst nach der subjektiven Schlafqualität gefragt. Der nächtliche Schlaf konnte von *(1)ziemlich* erholsam bis *(4)kaum* erholsam bewertet werden. Zudem wurde nach der Einschlafzeit und nach nächtlichem Erwachen gefragt. Die Aufwachzeit sowie die Aufstehzeit wurden erfasst. Die Proband:innen gaben außerdem die insgesamt Schlafdauer an. Zuletzt gab die Versuchsperson an, ob nach dem Licht löschen und vor dem Aufstehen noch technische Geräte, wie das

Smartphone, genutzt wurden und wenn ja für welche Items (*siehe oben*) (Sennock et al., 2024).

Das Schlaftagebuch sollte die alltägliche durchschnittliche Mediennutzung erfassen. Zudem wurde die durchschnittliche Schlafdauer der Proband:innen registriert.

2.3.2 Polysomnographie

Zur Erfassung der Schlafrhythmik wurde die Hirnaktivität per Elektroenzephalogramm (EEG), die Augenbewegungen (Elektrookulogramm EOG) und der Muskeltonus (Elektromyogramm, EMG) aufgezeichnet.

Bei der verwendeten Polysomnographie-Gerät SOMNOscreen™ PLUS EEG32 der Marke SOMNOmedics (SOMNOmedics GmbH/Randersacker) handelt es sich um ein mobiles, handliches Gerät mit bis zu 58 Kanälen für den ambulanten oder stationären Gebrauch. Um zwei parallele Messungen zu ermöglichen, standen zwei Geräte zur Verfügung (SerienNummer:4699, 3465). Mit den Abmessungen 140 x 70 x 28 mm und einem Gewicht von 220g gewährleistete das Gerät die Mobilität der Proband:innen. Die Abtastrate des Geräts beträgt 256Hz.

Zur Berechnung des Elektrodensitz wurde zunächst der Kopfumfang des/der Proband:in erfasst. Die Position der Cz ergab sich aus dem gemittelten Abstand zwischen Nasion und Inion sowie den beiden Tragi. Durch eine EEG-Kappe, die dem Kopfumfang der Versuchsperson entsprach, wurde nach dem 10:20 System der IFCN (International Federation of clinical Neurophysiology) der Elektrodensitz der 7 EEG-Elektroden (F3, F4, C3, Cz, C4, P3, P4) ermittelt und mit einem grünen Kajal-Kosmetikstift markiert. Die jeweilige Elektrodenposition wurde zunächst mit einem alkoholhaltigen Desinfektionsmittel (Softasept® N, Braun) desinfiziert und durch ein abrasives Gel (Abrasive Hautreinigungsemulsion, everi) gereinigt und trockengerieben. Im Anschluss folgte das Aufkleben der Elektroden mit Elektrodenpaste (EC2® Elektrode Cream, Grass). Zur sicheren Fixierung wurden die Elektroden mit Pflasterstreifen festgeklebt (für die Kopfhaut Durapore 3M, Durapore; für das Gesicht, Cz und Mastoiden Fixomull®, BSNmedical). Zusätzlich zu den 7 Elektroden auf der Kopfhaut wurden noch zwei Referenzelektroden (offline Re-Referenzierung) auf die Mastoidknochen, eine Ground-Elektrode auf die Stirn, zwei EOG-Elektroden diagonal im Bereich der Augen und zwei EMG-Elektroden auf das Kinn geklebt (*siehe Abbildung 5*). Während des Aufbringens der Elektroden wurden die Elektrodenwiderstände per Impedanzmessgerät zur Referenzelektrode des

Gerätes - Cz - gemessen. Elektroden mit einer Impedanz von $\geq 5\text{k}\Omega$ auf der Kopfhaut, bzw. $\geq 10\text{k}\Omega$ im Gesicht mussten erneuert werden. Die Elektroden waren durch eine 32 Kanal Headbox mit dem SOMNOscreen Aufzeichnungsgerät verbunden. Um die Flexibilität der Proband:in zu gewähren wurden die Elektrodenkabel mit einem Schlauchverband (Stülpa®, Hartmann) zusammengefasst.

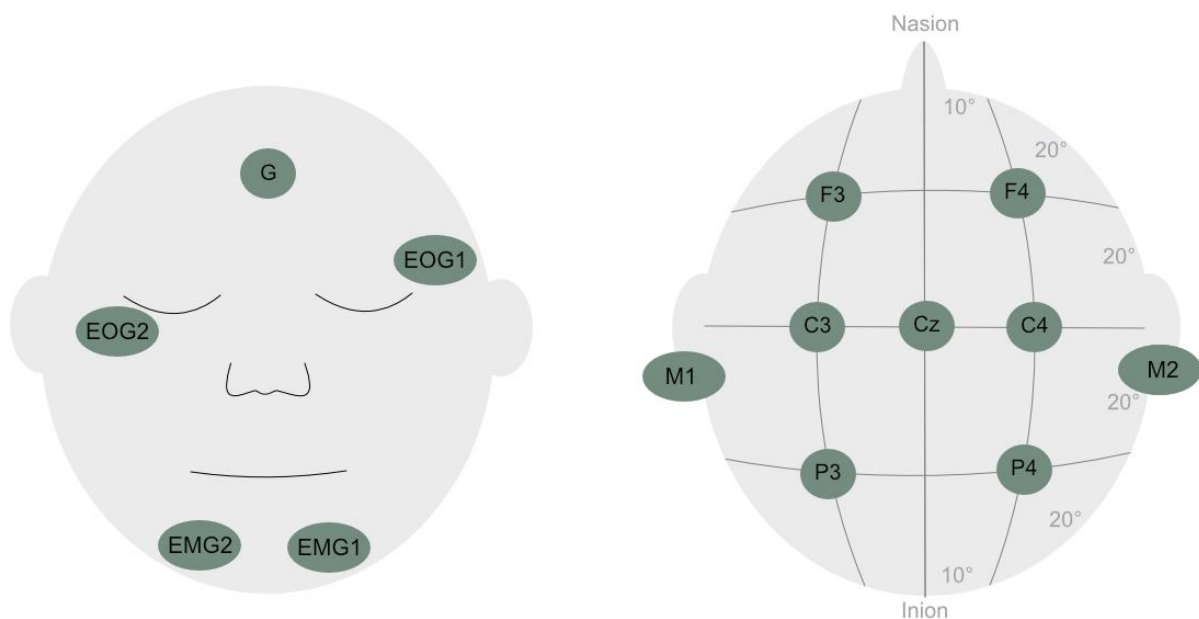


Abbildung 5: Polysomnographie – schematischer Elektrodensitz der genutzten Ableitungen G=Ground, EOG=Elektrookulogramm, EMG = Elektromyogramm, M=Mastoid, F=frontal aufgebrachte Elektroden des EEG, C= zentral aufgebrachte Elektroden des EEG, P= parietal aufgebrachte Elektroden des EEG, Cz = Referenzelektrode, Nummerierung des EEG nach 10-20-System (durch graue Linien angedeutet)

Die Messungen wurden am Studienlaptop durch das Programm *DOMINO* gestartet. Während der Liveübertragung am Laptop wurde die Funktionalität der abgeleiteten Signale durch Marker kontrolliert. Hierzu sollten die Proband:innen horizontale und vertikale Augenbewegungen ausführen, blinzeln und Zähneknirschen. Der letzte Marker wurde, nach Anleitung, durch den/die Proband:in beim Lichtlöschen selbst gesetzt.

Während der nächtlichen Messungen befand sich das Aufzeichnungsgerät sowie die Headbox auf dem Nachttisch oder am Kopfende des Bettes.

Dummy-EEG zur Adaptation

Jede/r Teilnehmer:in sollte vor der ersten Messung mit einem Polysomnographie Gerät eine Eingewöhnungsnacht mit einem Dummy-EEG verbringen. Dafür wurde den

Proband:innen am Kennenlerntermin ein Probe-EEG mitgegeben. Das Gerät bestand aus dem leeren Corpus eines SOMNOscreen Gerätes sowie den fünf Gesichtselektroden (zwei am Kinn, zwei diagonal an den Augen, Ground-Elektrode auf der Stirn), die als am meisten störend empfunden wurden. Die Elektroden wurden nach Anleitung durch die Erziehungsberechtigten oder den/die Proband:in selbst mit Pflasterstreifen (Fixomull®, BSNmedical) aufgebracht und morgens wieder entfernt (Sennock et al., 2024).

Verarbeitung Polysomnographie Daten

Die Daten wurden zunächst mit dem Programm *DOMINO* in das Datenformat EDF umgewandelt.

Die Vorverarbeitung der EDF-Daten erfolgte mit *BrainVisionAnalyzer*. Da die Headbox des SOMNOmedics Geräts nur eine Referenzelektrode zulässt (Cz), wurde zunächst eine Re-Referenzierung aller Kopfelektroden zu den gemittelten Mastoiden (M1, M2) durchgeführt. Die EOG- und EMG-Elektroden wurden jeweils gegeneinander referenziert. Zur Reduzierung von Störsignalen durch die übliche Netzspannung wurde ein Notch-Filter mit 50Hz genutzt. Zusätzlich wurde ein Hochpass Filter von 0,3Hz (EEG, EOG) bzw. 10Hz (EMG) angewandt sowie ein Tiefpass Filter von 35Hz (EEG, EOG) bzw. 100Hz (EMG) (Sennock et al., 2024).

Die exportierten Daten (BrainVision .dat und .vhdr) wurden im Programm *SchlafAus* (Version 1.5.0.1, Copyright© 2000 Steffen Gais) eingelesen. Das Scoring erfolgte nach Rechtschaffen and Kales (1968). Jede 30sec Epoche wurde einer der Schlafphasen S1 (Schlafphase 1), S2 (Schlafphase 2), S3 (Schlafphase 3), S4 (Schlafphase 4), REM (rapid-eye-movement) oder W (Wach) zugeordnet. Epochen, die durch große Movement Arousal oder Artefakte nicht eindeutig zugeordnet werden konnten, wurden als MT (Movement time) gescored. Alle Schlaf-EEGs wurden von zwei Personen unabhängig voneinander bearbeitet. Die Auswertung erfolgte verblindet, in Unwissenheit der Interaktion der jeweiligen Messung. Die Ergebnistexte wurden in Excel abgeglichen und bei uneinheitlichen Epochen nochmals zusammen entschieden (Sennock et al., 2024).

Für die Auswertung wurden die Schlafphasen 3 und 4 als slow-wave sleep zusammengefasst. Die SWS-Latenz sowie die REM-Latenz wurde von dem Programm *SchlafAus* ausgegeben. Sie bezeichnet die Dauer zwischen dem Einschlafzeitpunkt

und der ersten Epoche SWS bzw. REM-Schlaf. Die Einschlaf latenz wurde eigens berechnet. Sie ergibt sich aus der Zeit von dem Marker des *Lichtlöschens* (gesetzt durch die Proband:innen selbst) bis zum Einschlafen, was definiert wurde als Schlafphase 1, auf die eine Schlafphase 2,3 oder 4 folgte (Sennock et al., 2024).

2.3.3 Wortpaar lernen als deklarative Gedächtnisübung

Die Gedächtnisübung soll die deklarative Gedächtnisleistung erfassen und besteht aus einer Lernphase abends vor der jeweiligen Intervention und dem Abruf morgens nach dem Aufstehen. Die Proband:innen sollten sich insgesamt 40 teils assoziierte Wortpaare einprägen. Die Wortpaare sind dem *Handbuch deutschsprachiger Wortnormen* (Hager and Hasselhorn, 1994) entnommen und wurden bereits in anderen Studien von unseren Kollaborationspartnern verwendet (Wang et al., 2017, Wilhelm et al., 2008). Sie sind gut vorstellbar und teilassoziert. Ein Beispiel für ein Wortpaar ist Schlange-Angst.

Während des Lernens verlas der/die Versuchsleiter:in jedes Wortpaar einmal laut mit einer Geschwindigkeit von ungefähr einem Wortpaar pro 5 Sekunden. Nach dem Lesen folgten Lerndurchgänge, bei dem die/der Testleiter:in das erste Wort jedes Wortpaares in randomisierter Reihenfolge vorlas und der/die Proband:in das assoziierte Wort ergänzte. Für die Antwort hatte die Versuchsperson kein Zeitlimit. Der Ablauf wurde wiederholt, bis der/die Proband:in mindestens 60% der Wortpaare richtig ergänzt hatte (Wilhelm et al., 2008, Sennock et al., 2024).

Nach der Schlafperiode wurden die Wortpaare abgerufen. Dazu nannte der/die Versuchsleiter:in wieder in randomisierter Reihenfolge das erste Wort und die Versuchsperson sollte das korrespondierende Wort ergänzen (Sennock et al., 2024).

Für die drei Versuchsbedingungen standen drei Wortpaarlisten zur Verfügung, die mit den Interventionen balanciert und randomisiert genutzt wurden (Sennock et al., 2024).

In früheren Studien wurde dieses Gedächtnisparadigma bereits verwendet. Nachdem Wilhelm et al. (2008) in der Altersgruppe der 6 bis 8-jährigen 20 Wortpaare nutzten, waren zunächst 30 Wortpaare für die Altersklasse der 12 bis 14-jährigen angedacht. Nach fünf Probemessungen bei vier Proband:innen zeichnete sich bereits ein Deckeneffekt ab (Sennock et al., 2024). Drei der vier Proband:innen hatten 28 oder 29 Wortpaare ($MW=28.6$, $SD=0.49$) korrekt bei Abruf, wodurch die Wortpaarliste für die eigentlichen Messungen auf 40 Wortpaare ergänzt wurde.

2.3.4 Fragbögen

Sowohl beim Kennenlernen als auch bei den Messterminen wurden diverse Fragebögen ausgefüllt. Eine Übersicht befindet sich in *Tabelle 3*.

Tabelle 3: Übersicht der verwendeten Fragebögen

Kennenlerntermin	
Culture Fair Test (CFT-20-R)	<i>Intelligenztestung</i>
Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder (HAWIK)	<i>Intelligenztestung</i>
Child Behavior Checkliste (CBCL)	<i>Körperliche/psychische Auffälligkeiten</i>
Youth Self Report (YSR)	<i>Körperliche/psychische Auffälligkeiten</i>
Compulsive Internet Use Scale (CIUS)	<i>Mediennutzung</i>
Pittsburgh Schlafqualität Index (PSQI)	<i>Schlafstörungen</i>
Pubertal Development Scale (PDS)	<i>Pubertätsstand</i>
Composite Scale of Morningness (CSM)	<i>Chronotyp</i>
Messungen (Termin 2 bis 4)	
Positive and Negative Affect Schedule (PANAS)	<i>Affektiver Zustand</i>
Pre-Sleep Arousal Scale (PSAS)	<i>Erregung vor dem Einschlafen</i>
Self-Assessment Manikin (SAM)	<i>Gemütslage</i>
Stanford Sleepiness Scale (SSS)	<i>Tagesschläfrigkeit</i>
Proband:innenblatt	<i>diverses</i>

Im Folgenden werden die einzelnen Fragebögen genauer erläutert.

2.3.4.1 CFT-20-R und Zahlen nachsprechen (HAWIK) zur Intelligenztestung

CFT-20-R

Der CFT-20-R (Weiß, 2006) ist die modifizierte Version des *Culture Fair Test* (CFT-20), der in erster Version bereits 1978 erschienen ist. Es handelt sich um einen häufig eingesetzten Test zur Diagnostik der fluiden Intelligenz (Kuhn et al., 2008). Ausgangspunkt der primären Testkonstruktion waren die Zielvorstellungen, ein valides Verfahren zu entwickeln, mit dem die *grundlegende geistige Leistungsfähigkeit*, auch *general mental capacity* oder *g-Faktor* genannt (Spearman, 1904), erfasst werden

konnte. Zudem sollte das Verfahren möglichst keine soziokulturellen, erziehungsspezifischen oder ethnologische Einflüsse besitzen. Die Weiterentwicklung zum CFT 20-R verbesserte primär die Differenzierung im oberen Leistungsbereich (Weiß, 2006). Zudem sollten durch Optimierungen wie einer verlängerten Bearbeitungszeit die Stressreaktionen reduziert werden. Normiert wurde die Untersuchung zwischen 2002 und 2003 durch Schulpsychologen, die das Testverfahren mit rund 4400 Schüler:innen aus 215 Klassen (3. bis 13.Klasse) durchführten. Daraus ergaben sich Altersnormen von 8;5 bis 60 Jahren (Weiß, 2006). Der CFT 20-R besteht aus zwei Testteilen, wobei die auf Teil 1 mit Testzeitverlängerung verkürzte Version genutzt wurde. Die Durchführungsdauer beträgt in dieser Version ungefähr 30 bis 40 Minuten. Die Proband:innen bearbeiten 4 Subtests (Reihenfortsetzen, Klassifikationen, Matrizen und Topologien), die lediglich aus Zeichnungen bestehen. Die Einzelaufgaben sind nach aufsteigendem Schwierigkeitsgrad geordnet. Die Proband:innen müssen jeweils aus fünf Antwortalternativen wählen. Pro Subtest steht nur eine gewisse Zeit zur Verfügung. Die/der Testleiter:in leitet durch wörtlich wiederzugebende Instruktionen durch den Test. Pro korrekter Lösung erhält die/der Proband:in einen Punkt. Die Summe ergibt den Rohwert, der anhand von Alterstabellen zu einem IQ-Wert führt. Die Testreliabilität wird für den ersten Teil in der Version von 2004 mit $r=0,92$ angegeben (Weiß, 2006). Als Cut-off Wert der Studie fungierte ein IQ-Wert von <85 .

HAWIK

Der *Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder* kurz HAWIK (Daseking et al., 2007) ist die implementierte deutsche Form der angloamerikanischen *Wechsler Intelligence Scale (WISC)*. Die WISC gehört zu den weltweit am häufigsten eingesetzten diagnostischen Intelligenzmessverfahren. Der HAWIK besteht aus mehreren Einzeltests und soll die kognitiven Fähigkeiten von Kindern und Jugendlichen erfassen. Dabei steht das Sprachverständnis, die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, das logische Erfassen von Problemstellungen und die Geschwindigkeit von Informationsverarbeitungsprozessen im Vordergrund. Die neueste Version, der HAWIK-IV, besteht aus 15 Untertests. Aus den zehn Kerntests wurde lediglich das *Zahlen nachsprechen* genutzt. Diese Teilaufgabe des HAWIK-IV soll die Fertigkeit zur Reihenbildung, sowie das auditive Kurzzeitgedächtnis testen. Außerdem wird die Aufmerksamkeitsfähigkeit untersucht (Daseking et al., 2007). Der/die Proband:in

wiederholt dabei zuvor vorgelesene Zahlenreihen mit aufsteigendem Schwierigkeitsgrad zunächst vorwärts, dann rückwärts. Jeder Schwierigkeitsgrad beinhaltet zwei Zahlenreihen. Abbruchskriterium ist, wenn beide Versuche einer Schwierigkeit falsch gelöst werden. Die Gedächtnisübung wurde als Kontrollaufgabe zur Erfassung der Merkfähigkeit ergänzend zum CFT-20-R durchgeführt.

2.3.4.2 Chronotyp zur Einteilung in Morgentyp und Abendtyp

Die Composite Scale of Morningness (CSM) dient der Messung von zirkadianen Präferenzen der Versuchspersonen. Es gibt große interindividuelle Unterschiede, was die Aktivitäten und die Leistungsfähigkeit über den Tag verteilt angeht. Getrennt wird in einen Morgentyp, einen Abendtyp und neutralen Chronotypen. Der Fragebogen besteht aus 13 Fragen, die jeweils auf einer vier- oder fünfstufigen Likert-Skala bewertet werden können. Zur Auswertung wird ein Summenscore gebildet. In der deutschen Version wird die Reliabilität mit einem Cronbachs Alpha von 0,84 angegeben (Randler, 2008). Als Cut-Off Wert für den Abendtyp der deutschen Version des CSM werden 22 Punkte oder weniger angesetzt, ab 44 Punkten spricht man vom Morgentyp (Randler, 2008).

2.3.4.3 CIUS zur Erfassung der Mediennutzung

Die *Compulsive Internet Use Scale* (CIUS) (Meerkerk et al., 2009b) besteht aus einem kurzen Fragebogen mit 14 Items, die jeweils in fünf Abstufungen von (1) *nie* bis (5) *sehr häufig* durch die Versuchsperson bewertet wurden. Die Fragen sollen fünf Dimensionen der zwanghaften Internetnutzung aufgreifen: (1) Kontrollverlust, (2) mentale und verhaltenstechnische Inanspruchnahme, (3) Rückzug, (4) Stimmungsschwankungen sowie (5) inter- und intrapersonelle Konflikte. Die Dimensionen sind angelehnt an die DSM-5 Klassifikation für Substanzabhängigkeit (sieben Kriterien) und pathologisches Spielverhalten (zehn Kriterien). Das Diagnostikverfahren weist eine hohe innere Kohärenz sowie eine gute Reproduzierbarkeit auf (Meerkerk et al., 2009a).

In der Auswertung des CIUS wird ein Summenscore gebildet, der als Maß für die problematische Internetnutzung der Proband:in diene. Der Score reicht von einem Minimum von 0 Punkten bis zu einem Maximum von 56 Punkten. Als Cut-off Wert wurde von Guertler et al. (2014) >21 für eine Problematische Internetnutzung vorgeschlagen. Die interne Konsistenz wird mit einem Cronbachs Alpha Wert zwischen $\alpha=0.89$ bis $\alpha=0.9$ beschrieben (Meerkerk et al., 2009a).

Der Test wurde in der deutschen Fassung verwendet und diente der Einschätzung des Medienverhaltens des Kindes bzw. des Jugendlichen. Es wurde kein Cut-Off Wert festgelegt, da nur Proband:innen mit bereits diagnostizierter pathologischer Internetnutzung ausgeschlossen wurden.

2.3.4.4 PANAS zur Einschätzung des affektiven Zustandes

Der *Positive and Negative Affect Schedule* (PANAS) erfasst positive und negative affektive Zustände. Der Fragebogen besteht insgesamt aus 10 Adjektiven, die positive Empfindungen beschreiben und 10 negativ behafteten Gefühlen, die auf einer Skala von (1) *ganz wenig oder gar nicht* bis (5) *äußerst* bewertet werden sollen (Krohne et al., 1996). Positiver und negativer Affekt werden in dem Testverfahren als unabhängige Dimensionen gesehen. Die Adjektive sind so gewählt, dass sie nur in eine der beiden Kategorien fallen. Ein hoher positiver Affekt ist verbunden mit Zufriedenheit und sozialer Aktivität, wohingegen ein negativer Affekt signifikant mit wahrgenommenem Stress korreliert und häufig mit geringeren Coping-Mechanismen einhergeht. Der negative Affekt unterliegt keinem circadianen Rhythmus. Der PANAS kann auf verschiedene Zeitintervalle angewendet werden. Wird die Testperson nach der momentanen Situation gefragt, detektiert der Test sensitiv Stimmungsschwankungen, in langen Zeitphasen bleibt das Testverfahren reproduzierbar (Watson et al., 1988, Krohne et al., 1996). Zur Auswertung werden in beiden Dimensionen Summenscore gebildet. Je höher der Summenscore, desto höher der positive oder negative affektive Zustand. Von Watson et al. (1988) wird für die Zeitangabe *momentan* ein Cronbachs Koeffizient α von 0,89 für den positiven Affekt sowie 0,85 für den negativen Affekt angegeben.

In unserer Studie nutzten wir eine modifizierte Form des deutschen PANAS. Wir ergänzten die Adjektive *frustriert* und *gelangweilt*. Die beiden Adjektive sollten ein Maß für das Interesse an der Intervention darstellen und wurden separat ausgewertet, flossen also nicht in die Bildung der Summenscore ein. Um den Fragebogen einheitlich zu halten, wurden diese zwei Adjektive zu allen Zeitpunkten mit abgefragt. Der Task wurde pro Messung dreimal verwendet, zunächst als Kontrollfrage vor dem Lernen, nach der Intervention und am nächsten Morgen vor dem Abruf und diente somit der Erfassung des momentanen Befindens.

2.3.4.5 Proband:innenblatt

Abendtermin

Zusätzlich zu dem Schlaftagebuch, das die alltägliche durchschnittliche Schlafdauer und Mediennutzung erfassen sollte, wurde an jedem Messtag (Termin 2 bis 4) die Länge der letzten nächtlichen Schlafphase erhoben. Dafür wurden die Proband:innen nach der Zubettgehzeit und der Aufstehzeit gefragt. Außerdem wurde die Nutzungsdauer von sozialen Medien erfragt. Hierfür sollten die Versuchspersonen die gesamte Nutzungsdauer in Stunden und Minuten angeben (Sennock et al., 2024), sowie eine Aufschlüsselung in die Kategorien, die auch im Schlaftagebuch verwendet wurden (soziale Medien/Kommunikation; Video/Film gucken; Musik hören; Recherche; Schule; Spiele; Sonstiges). Um mögliche Stressoren zu erfassen, sollten die Kinder und Jugendlichen ihren Tagesablauf im 2h Takt schildern und wurden gezielt nach stressigen Ereignissen gefragt. Da allein das Vorhandensein von technischen Geräten im Kinderzimmer Auswirkung auf den Schlaf haben kann (Cain and Gradisar, 2010) wurde die Anzahl notiert. Nahrungsrestriktion oder sehr reichhaltige Nahrungsmittel können zu einer schlechteren Konzentrationsfähigkeit führen (Green and Rogers, 1998) weshalb die letzte Nahrungsaufnahme mit erhoben wurde. Zusätzlich wurde nach der Intervention auf einer 5-stufigen Likert-Skala erfragt, wie spannend die Proband:innen die Aktivität empfanden und wie schwer es war, mit der Aktivität aufzuhören (Sennock et al., 2024).

Morgentermin

Vor der morgendlichen Abfrage der Wortpaare wurden die Proband:innen nach ihrem subjektiven Empfinden der Nacht gefragt. Im Vordergrund stand die subjektive Einschlaf latenz und Schlafqualität, nächtliches Erwachen, die Aufstehzeit und Probleme mit dem EEG. Die Kriterien wurden als offene Fragen formuliert. Zuletzt wurden als Kontrollfragen nach zusätzlicher Mediennutzung im Intervall zwischen Lernen und Abruf der Wortpaare gefragt (Sennock et al., 2024).

2.3.4.6 PSAS zu Erhebung der Erregung vor dem Einschlafen

Die Pre-Sleep Arousal Scale (PSAS) von Nicassio et al. (1985a) dient der Erfassung kognitiver und körperlicher Erregung in der Phase kurz vor dem Einschlafen. Die Proband:innen bewerten nach dem Aufstehen 16 Symptome, die sie vor dem Einschlafen erlebt haben könnten auf einer Likert-Skala von (1) trifft *gar nicht* zu bis

(5) trifft *außerordentlich* zu. Die Symptome können eindeutig entweder der Skala *Kognitive Erregung* (acht Items) oder der Skala *Körperliche Erregung* (acht Items) zugeordnet werden. In beiden Skalen wird ein Summenscore gebildet. Kognitive Erregung beschreibt die als unkontrolliert erlebte Sinneswahrnehmung. Die körperliche Erregung spiegelt die wahrgenommenen somatischen Beschwerden wie Herzrasen und Schwitzen wieder (Giesermann et al., 2012). In einer Studie mit Insomnikern wurde gezeigt, dass Schlaflosigkeit signifikant mit höheren Werten in beiden Skalen einherging im Vergleich zu gesunden Proband:innen (de Zambotti et al., 2011). In der Polysomnographie war das assoziiert mit einer reduzierten Schlaffeffizienz, sowie nicht signifikant mit einer längeren Einschlafzeit, vermehrten Wachphasen sowie vermindertem SWS. Die interne Kohärenz wird mit einem Cronbachs Alpha von 0,88 und 0,79 (kognitive Erregung/körperliche Erregung) für College-Studenten angegeben (Nicassio et al., 1985a). Die PSAS wurde genutzt, um subjektive Erregungszustände der Proband:innen vor dem Einschlafen zu erfassen, die Auswirkungen auf das Schlafverhalten gehabt haben könnten. Der Fragebogen wurde morgens ausgefüllt.

2.3.4.7 PSQI zur Erfassung von Schlafstörungen

Der *Pittsburgh-Schlafqualität-Index* kurz PSQI (Buysse et al., 1989) ist ein anerkannter und häufig eingesetzter Fragebogen, um Schlafstörungen und die Schlafqualität des letzten Monats zu erfassen. Retrospektiv machen die Proband:innen Angaben zu schlafstörenden Ereignissen, Schlafqualität, Schlafzeiten, Einschlafzeit, Schlafdauer, Schlafmittelgebrauch und Tagesmüdigkeit (Heitmann et al., 2011). Die Proband:innen beantworten dazu 19 Fragen die in 4 Stufen von (1) *in den letzten vier Wochen gar nicht* zutreffend bis (4) *dreimal oder häufiger pro Woche* zutreffend beantwortet werden. Zusätzlich wird die übliche Zubettgehzeit, die Einschlafzeit und die Aufstehzeit sowie die durchschnittliche Schlafdauer erfasst. Aus den Angaben wird ein Gesamtscore berechnet. Ein Summenscore von 5 Punkten unterteilt mit einer Sensitivität von 89,6% und einer Spezifität von 86,5% (Kappa = 0,75, $p \leq 0,001$) in *gute* und *schlechte* Schläfer (Buysse et al., 1989). Ein PSQI-Wert von ≥ 6 kann auf eine Schlafstörung in Form einer Insomnie hindeuten (de Zambotti et al., 2011). Der Test dient der Einteilung der Proband:innen in gute und schlechte Schläfer.

2.3.4.8 Fragebogen zur Erhebung des Pubertätsstatus

Die *Pubertal Development Scale* (PDS) ermöglicht eine Differenzierung von fünf Entwicklungsstadien bei Jungen und Mädchen durch je drei Fragen. Der Fragebogen verzichtet auf bildliche Darstellungen wie sie für die Tanner Stadien häufig genutzt werden (Morris and Udry, 1980) und verwendet Beschreibungen verschiedener Körpermerkmale. Für jedes Geschlecht werden drei Indikatoren herangezogen, um den Pubertätsstatus zu bestimmen (Petersen et al., 1988, Watzlawik, 2009). Bei Mädchen werden nach den sekundären Geschlechtsmerkmalen des Brustwachstums und der Körperbehaarung gefragt. Beide Fragen können von (1) *hat noch nicht begonnen* bis (4) *entspricht schon der einer erwachsenen Frau* bewertet werden. Zudem sollte die Probandin angeben, ob sie bereits Periodenblutung habe. Auch bei Jungen stehen die sekundären Geschlechtsmerkmale im Mittelpunkt. Dabei wird zunächst nach der Körperbehaarung und getrennt davon nochmals explizit nach dem Bartwuchs gefragt. Als letztes Kriterium wird der Stimmbruch erfasst. Die drei Fragen können von (1) *hat noch nicht begonnen* bzw. *meine Stimme hat sich noch nicht verändert* bis (4) *entspricht der eines erwachsenen Mannes* bewertet werden. Um den Pubertätsstand zu bewerten ist bei Jungen der Gesamtpunktwert entscheidend, bei Mädchen wird die Menstruation am stärksten gewichtet. Je nach Summenscore wird der Jugendliche bzw. das Kind in eine der fünf Kategorien (I)präpubertär, (II)beginnende Pubertät, (III)mitten in der Pubertät, (IV)fortgeschrittene Pubertät oder (V)postpubertär eingeteilt. Die Testreliabilität der Selbstbeurteilung wird in der deutschen Version mit einem gemittelten Cronbach α von 0,64 für Mädchen und 0,69 für Jungen angegeben mit der besten Differenzierung im mittleren Entwicklungsbereich (Watzlawik, 2009).

Der erfasste biologische Status hängt eng mit hormonellen Prozessen und psychischer Entwicklung zusammen und hat einen großen Einfluss auf den Jugendlichen. Die gemessene Altersgruppe befand sich mitten in der Adoleszenz und somit wurde der PDS genutzt, um den Entwicklungsstand zu bestimmen. Bei den Proband:innen handelte es sich um ein schambehaftetes Thema, weshalb der Fragebogen in einem Briefumschlag übergeben wurde.

2.3.4.9 SAM zur Erhebung der Gemütslage

Mit dem *Self-Assessment Manikin* (SAM) wollten Bradley und Lang (1994) einen Task einführen, der emotionale Zustände verbildlichen kann. Die Aufgabe sollte einfach sein

und keine linguistischen Fähigkeiten erfordern. Somit kann der Task international genutzt werden und ist auch für Analphabeten und Kinder geeignet. Der Test besteht im Original aus drei Items, die für die Dimensionen *Zufriedenheit*, *Erregung* und *Stärke* stehen, wobei die Priorität zur Einschätzung emotionaler Reaktionen in den ersten beiden Feldern liegt. Jedes Item wird durch fünf graphische Darstellungen einer im Körperbau neutral gehaltenen Gestalt repräsentiert, die eine fünfstufige Skala ergeben. Die *Zufriedenheit* besteht aus einem zufrieden lächelnden Männchen, das sich zunehmend betretender zeigt, mit hängenden Mundwinkeln. Bei der *Erregung* reicht die Skala von einer ruhigen, schlafend wirkenden Figur bis zu einer zutiefst aufgewühlten, quasi explodierenden Person mit aufgerissenen Augen. Die *Stärke* drückt sich vor allem durch die variable Größe der Figur aus. (Bradley and Lang, 1994).

Der SAM ist ein weit verbreiteter Fragebogen und wurde bereits in diversen Studien genutzt. Er steht neben der fünfstufigen Form auch als neunstufige Skala zur Verfügung. In der durchgeführten Studie wurde eine neunstufige Skala mit den Dimensionen *Zufriedenheit* und *Erregung* genutzt. Der SAM wurde sowohl im Schlaftagebuch als auch als Kontrollfrage bei den Messungen (Termin 2 bis 4) genutzt. Die Auswertung erfolgte, indem die Items in Zahlenwerte überführt werden. Dabei reicht die Skala von *Zufriedenheit* von -4 bis +4, die für *Erregung* von 1 bis 9.

2.3.4.10 SSS zur Erhebung der Tagesschläfrigkeit

Die *Stanford Sleepiness Scale* (SSS) dient der Erfassung der Schläfrigkeit bzw. Wachheit. Die im Jahre 1972 von Hoddes, Dement und Zarcone entworfene Skala gehört zu den meist verwendeten Verfahren, um Müdigkeit zu quantifizieren. Das Verfahren besteht aus einem einzelnen Item, der Frage nach der aktuellen Müdigkeit. Die Multiple Choice Frage ist in 8 Stufen gegliedert von (1) *Ich fühle mich aktiv, lebhaft, aufmerksam oder sehr wach* bis (8) *Ich schlafe*. Müdigkeit und Schlafentzug führen zu einem höheren Rating in der Skala. Die Erfassung erfolgt numerisch. Durch Ihre Konstruktion ist die SSS besonders für intraindividuelle Vergleiche und Interventionsstudien geeignet (Heitmann et al., 2011). Der Fragebogen wurde pro Messung dreimal verwendet, zunächst als Kontrollfrage vor dem Lernen, nach der Intervention und am nächsten Morgen vor dem Abruf.

2.3.4.11 YSR und CBCL zur Erfassung körperlicher oder psychischer Erkrankungen

Die *Child Behavior Checkliste* (CBCL) sowie der *Youth Self Report* (YSR) (Achenbach, 1991) sind korrespondierende Screeningverfahren, die der Erfassung von sozialen Kompetenzen, Verhaltensauffälligkeiten, somatischen Problemen und emotionalen Beschwerden dienen. Die Fragebögen wurden für Kinder und Jugendlichen im Schulalter konzipiert (Achenbach, 1991). Der CBCL/6-18R richtet sich an die Eltern, der YSR/11-18 wurde direkt aus der CBCL abgeleitet und erlaubt eine Beurteilung der Merkmale aus Sicht des Kindes oder Jugendlichen. Die Fragebögen bestehen aus offenen Fragen sowie einer Liste aus 113 (CBCL) bzw. 112 (YSR) Eigenschaften und Verhaltensweisen die in drei Abstufungen von (0) *nicht zutreffend* bis (2) *genau oder häufig zutreffend* bewertet werden sollen. Zudem besteht die Möglichkeit Problemfelder durch Unterstreichen zu kennzeichnen.

Bei der Auswertung der Fragebögen werden je acht Problemskalen gebildet: ängstlich/depressiv, Rückzug/depressiv, körperliche Beschwerden, soziale Probleme, denk-, schlaf- und repetitive Probleme, Aufmerksamkeitsprobleme, regelverletzendes Verhalten und aggressives Verhalten. Außerdem werden drei übergeordnete Skalen berechnet: Gesamtauffälligkeit, internale Probleme, externale Probleme (Manfred Döpfner, 2014). Die Auswertung erfolgt normiert und berücksichtigt geschlechtsspezifische Unterschiede. Die interne Konsistenz wird in der Literatur mit einem Cronbachs Alpha Wert für den Gesamtwert von $\alpha \geq 0.93$ sowie einem Wert von $\alpha \geq 0.82$ für die internale Probleme und $\alpha \geq 0.88$ für die externalen Probleme beschrieben (Esser et al., 2018).

Als Cut-Off Wert wurde ein Wert > 70 in einer der drei übergeordneten Skalen festgelegt.

2.3.5 Material Interventionen

2.3.5.1 Bücher für die Interventionen (III) Lesen im Buch und (II) Lesen am Smartphone

Um adäquate Bücher für die Intervention (II) *Lesen am Smartphone* und (III) *Lesen im Buch* zu wählen, wurden 19 Jugendbücher und Kurzgeschichten Probe gelesen. Die Buchempfehlungen kamen aus lokalen Buchhandlungen, von Eltern mit Kindern und Jugendlichen im Alter der Studienteilnehmer:innen sowie von Lehrer:innen. Außerdem wurden die Bücher des Deutschen Jugendliteraturpreises 2018 in die engere Auswahl genommen. Die Geschichte sollte bereits nach 30min durchschnittlicher Lesezeit eine

Spannungskurve aufgebaut haben, um langsam lesenden Proband:innen den Einstieg in die Handlung zu ermöglichen. Zudem sollte die Handlung nicht gewalttätig sein und sowohl für Jungen als auch für Mädchen thematisch interessant sein. Die Altersfreigabe betrug maximal 12 Jahre. Ausgeschlossen wurden Bücher, die nicht in digitaler Form zur Verfügung standen. Die Auswahl fiel auf folgende drei Bücher, wobei das letzte lediglich das Ersatzbuch darstellte. Die beiden anderen Bücher wurden den Proband:innen randomisiert und balanciert entweder in Papierform oder in digitaler Form präsentiert (Sennock et al., 2024).

Boy7 von Mirijam Mous handelt von einem Jungen, der ohne sein Gedächtnis auf einer Grasebene neben einer Landstraße aufwacht. Als Gepäck hat er lediglich einen Rucksack mit etwas Geld und ein Handy ohne eingespeicherte Nummern bei sich. Auf seiner Mailbox ist eine Nachricht von sich selbst, die ihn auffordert nicht die Polizei zu verständigen. Auf der Suche nach seiner Identität deckt er eine dunkle Geschichte auf (Mous, 2018).

Die Scanner von Robert Sonntag ist eine Dystopie. In der Zukunft gibt es keine gedruckten Bücher mehr, alles läuft digital. Ein Megakonzern hat dabei das Monopol über das Wissen und ist durch die Datenbrille *Mobril* omnipräsent. Der Protagonist Rob ist als Scanner für den Megakonzern angestellt, um Bücher zu sammeln, die, nachdem sie digitalisiert wurden, vernichtet werden. Als er auf eine verbotene Organisation aus arbeitslosen Autoren stößt, wird Rob vom regelkonformen Musterbürger zum Staatsfeind Nummer eins (Sonntag, 2018).

Password: Zugriff für immer verweigert von Mirijam Mous stand als Ersatzbuch zur Verfügung, falls ein/e Proband:in eines der zwei primären Bücher schon bekannt war. Das Buch handelt von einem ungleichen Freundespaar, Mick und Jerro. Jerro ist der Sohn eines Multimilliardärs, Mick stammt aus einfachen Verhältnissen. Nachdem Jerro eines Tages vor Micks Augen zusammenbricht, kommt er wie ausgewechselt aus dem Krankenhaus zurück. Nach einiger Nachforschung deckt Mick auf, dass sein Freund Opfer einer Entführung geworden ist (Mous, 2016).

Alle Bücher wurden über die App *Kids Place* auf dem Studienhandy für die Intervention (II) *Lesen am Smartphone* zur Verfügung gestellt. Nach der Intervention wurde erfragt, bis zu welcher Seite die Versuchsteilnehmer: innen gelesen hatten.

2.3.5.2 Smartphone für die Intervention (I) soziale Medien und (II) Lesen am Smartphone

Die Proband:innen nutzten für die Intervention (I) *soziale Medien* ihr eigenes Smartphone. Um den Lichtfaktor des mobilen Endgerätes möglichst konstant zu halten wurde der Blaufilter deaktiviert und das Smartphone auf die höchste Helligkeitsstufe gestellt (Sennock et al., 2024). Der Displaydurchmesser sowie der Gerätetyp wurden jeweils erfasst.

Hinsichtlich der sozialen Medien sollten die Kinder und Jugendlichen sich an ihrer Alltagsnutzung orientieren. Gemeinsamer Nenner war eine Form der sozialen Kommunikation. Primär sollten Messenger Dienste wie WhatsApp, Telegram, Threema oder Wire, sowie Onlinedienste wie Instagram, Facebook, Pinterest und Snapchat genutzt werden. Wenn diese nicht ausreichten, um 45 Minuten zu füllen, durfte YouTube genutzt werden.

Für die Interaktion (II) *Lesen am Smartphone* wurden Studienhandys des Unternehmens ZTE (Zhongxing Telecommunication Equipment Company, China) genutzt. Es handelte sich um zwei Smartphones der ZTE Blade L3 Serie (Seriennummer: 862296030406277, 862296030416144) mit einer Bildschirmdiagonale 5.0 Zoll. Das Smartphone wurde auf die höchste Helligkeitsstufe gestellt und der Blaufilter wurde deaktiviert (Sennock et al., 2024).

2.3.6 Methoden zur Erhebung von Kontrollvariablen

2.3.6.1 PVT zur Erfassung der Reaktionszeit

Der *Psychomotor Vigilance Task* (PVT) ist ein computergestütztes Verfahren, um die Reaktionszeit zu erfassen. Das Verfahren ist einfach, kann im häuslichen Setting durchgeführt werden und weist nur einen geringen Lerneffekt auf. Den Proband:innen wird auf dem Studienlaptop ein visueller Stimulus in Form einer vierstelligen, rot leuchtenden, digitalen Uhr dargeboten, die im Millisekunden Takt beginnt hochzuzählen. Sobald die Uhr anfängt zu zählen, soll die Versuchsperson möglichst schnell die Leertaste des Laptops betätigen, um die Uhr zu stoppen. Der erzielte Wert kann für ungefähr 1 Sekunde abgelesen werden. Das Intervall zwischen den Stimuli variiert randomisiert zwischen 1 und 10 Sekunden (Dinges et al., 1985). Der ursprüngliche Versuch von Dinges et al. (1985) dauerte 10 Minuten, für die Studie wurde die auf 5 Minuten verkürzte Version genutzt (Roach et al., 2006). Der PVT kann sensibel Schlafmangel und Schlafdeprivation detektieren. Die Anzahl der Fehler durch Versäumnis, die definiert sind als eine Reaktionszeit $\geq 500\text{msec}$, steigt bei

Schlafdeprivation und Müdigkeit, die durchschnittliche Reaktionszeit nimmt zu, Falschantworten steigen (Dorrian et al., 2005). Um die Vigilanz und die Aufmerksamkeit der Proband:innen vor der Gedächtnisaufgabe zu erfassen, wurde der PVT als visuelle Reaktionszeit vor dem Lernen und dem Abruf durchgeführt.

2.3.6.2 Physiologiearmband Empatica E4

Das Physiologiearmband *E4* der Marke Empatica kann den Blutvolumenpuls (PPG-Sensor), die transdermale Leitfähigkeit (EDA-Sensor), Bewegung im Raum (3-axiales Beschleunigungsmesser) und die Hauttemperatur (Infrarot Thermometer) messen. Durch einen Event Marker können physiologische Reaktionen mit bestimmten Ereignissen in Verbindung gebracht werden. Eine integrierte Uhr ordnet die Ereignisse zeitlich ein. Durch das schlichte schwarze Design ohne Anzeige werden die Proband:innen nicht durch störende Lichtsignale beeinflusst. Das Armband wurde den Versuchspersonen zu Beginn der Termine 2 bis 4 angelegt. Der Event Marker wurde vor dem PVT, vor der Gedächtnisaufgabe, zu Beginn der Intervention und beim Lichtlöschen betätigt. Während der Messungen wurden die Daten lokal auf der Uhr gespeichert. Zum Übertragen der Daten wurde die firmeneigene Software verwendet. Um parallele Messungen zu ermöglichen, standen zwei Uhren zur Verfügung (Seriennummer A00C39, A00713). Die Daten des Physiologiearmbandes konnten durch die schlechte Datenqualität nicht verwendet werden.

2.3.6.3 Messung Lichtverhältnisse und Temperatur

Um die Umgebungsverhältnisse während des Lernens, der Intervention und des Abrufs zwischen den einzelnen Proband:innen und Messungen konstant zu halten, wurden die Lichtverhältnisse und die Raumtemperatur jeweils erfasst und Grenzwerte festgelegt (Sennock et al., 2024). Während des Lernens und des Abrufs sollte eine Beleuchtungsstärke von 30-60Lux am Schreibtisch herrschen. Eine höhere Beleuchtungsstärke ist zwar für den Arbeitsbereich empfohlen, konnte aber ohne Tageslicht nicht an jedem Schreibtisch realisiert werden, so dass wir diese Spannweite wählten. Während der Interaktion im Bett wurde das Licht auf 10-20Lux gedimmt. Die Raumtemperatur wurde lediglich miterfasst und nicht angepasst. Gemessen wurden die Umgebungsverhältnisse mit dem *MT-912 Light Meter* der Marke Urceri (Seriennummer: 20180904195; 20180904207).

2.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte größtenteils mit dem Statistikprogramm IBM SPSS für Windows 10, (Version 28.0.11, 2021), bei einzelnen Berechnungen (Kontrollaufgaben) wurde auf R zurückgegriffen (Version 4.1.2) (Sennock et al., 2024). Für die deskriptiven Merkmale werden Mittelwerte, Standardabweichungen sowie bei der Beschreibung des Proband:innenkollektives und der Lichtverhältnisse Minimum und Maximum angegeben. Zur Analyse der Mediennutzung sowie der Schlafdauer im Vorfeld der Messungen wurden t-Tests für verbundene Stichproben durchgeführt. Die Mediennutzung nach Alter wurde per einfaktorieller Varianzanalyse ohne Messwiederholung ausgewertet. Dabei wurde ein Levene-Test zur Testung der Varianzhomogenität durchgeführt. Die Analyse der Schlaf- und Gedächtnisdaten sowie der Kontrollvariablen erfolgte bei normalverteilten Daten durch eine Varianzanalysen mit Messwiederholung (analysis of variance = ANOVA). Messwiederholungsfaktor sind die Bedingungen ((I) *Nutzung soziale Medien*, (II) *Lesen am Smartphone*, (III) *Lesen im Buch*) und ggf. der Messwiederholungsfaktor Zeit ((A) *vor dem Lernen abends*, (B) *nach der Intervention abends*, (C) *morgendlicher Abruf*). Zur Testung der Sphärizität wurde der Mauchly-Test verwendet. Im Falle von Verletzungen der Sphärizität wurden die Greenhouse-Geisser korrigierten Werte angegeben. Bei signifikanten Ergebnissen wurden Bonferroni korrigierte paarweise Vergleiche ergänzt. Die Normalverteilungsprüfung erfolgte nach Kolmogorov-Smirnov und Inspektion der Q-Q-Diagramme. Bei nicht normalverteilten Parametern wurde bei einfaktoriellem Design auf den Friedman Test zurückgegriffen. Bei signifikanten Ergebnissen wurde der Dunn-Bonferroni Post-hoc-Test durchgeführt. Die ordinalskalierten Daten der Kontrollaufgaben (SSS, SAM, PANAS) wurden mittels der Funktionsbibliothek *ordinal* in R (Version 4.1.2, R Core Team, 2021) ausgewertet (Christensen, 2019). Dazu wurden *cumulative link mixed models* mit den unabhängigen Variablen Bedingung und Zeitpunkt sowie dem zufälligen Effekt der Proband:innen berechnet (Sennock et al., 2024). Die paarweisen Vergleiche wurden Bonferroni korrigiert. Bei den Kontrollaufgaben wurden bei ordinalem Skalenniveau Mediane sowie Interquartilabstände angegeben.

Zur Berechnung von linearen Korrelationen wurde bei normalverteilten Parametern eine Pearson Korrelation berechnet, bei nicht normalverteilten Parametern wurde auf die Spearman-Rho Korrelation zurückgegriffen.

Das angewandte Signifikanzniveau (Alpha Level) wurde auf einen p -Wert von $<.05$ festgesetzt. Es wurde jeweils eine Ausreißeranalyse durchgeführt, wobei ein Ausreißer als Abweichung eines Einzelwertes $>\pm 3SD$ vom Gruppenmittelwert definiert wurde. Ausreißer wurden nur erwähnt, wenn sie vorhanden waren.

Die Diagramme wurden mit Microsoft®Excel® für Microsoft 365 MSO (Version 2302) erstellt, die Abbildung mit Affinity Designer von Pantone® (Version 1.5.3.69). Als Zitierprogramm wurde EndNote X9 von PDFNet SDK® genutzt.

3 Ergebnisse

3.1 Merkmale des Proband:innenkollektives

3.1.1 Schlafverhalten und Mediennutzung im Alltag

Um das alltägliche Schlafverhalten und die alltägliche Mediennutzung der Proband:innen zu erfassen, wurden die Schlaftagebücher ausgewertet. Einige Versuchsteilnehmer:innen hatten einzelne Seiten nicht ausgefüllt, weshalb es zu einer abweichenden Stichprobe von $n=18$ (Schlafdauer Wochentage, Mediennutzung Durchschnitt, Wochentage und Wochenendtage) bzw. $n=19$ (Schlafdauer Wochenendtage) kam.

Die durchschnittliche tägliche Schlafdauer im Vorfeld der Messungen betrug 533.68min ($SD=37.50$ min, $n=20$), wobei die Kinder und Jugendlichen im Schnitt am Wochenende mit 564.61min ($SD=55.73$, $n=19$) eine halbe Stunde, und somit signifikant länger schliefen als unter der Woche mit 529.13min ($SD=40.60$, $n=18$) ($t(17)=-2,762$, $p=.013$, $n=18$).

Beim *Pittsburgh-Schlafqualität-Index* (PSQI) hatten 3 der 20 Kinder- und Jugendliche einen Wert >5 .

Die tägliche Mediennutzung ($n=19$) wies eine weite Spanne von durchschnittlich 18min (Minimum) bis 300min (Maximum) auf. Der Durchschnitt lag bei 150.21min ($SD=94.41$ min). Am Wochenende benutzten die Proband:innen Medien mit 155.66min ($SD=96.80$) ca. 40min, und damit signifikant länger als unter der Woche (115.27min, $SD=70.75$) ($t(17)=-2,353$, $p=.031$, $n=18$).

In der *Compulsive Internet Use Scale* (CIUS) zeigten 6 Kinder und Jugendliche mit einem Wert von >21 Hinweise auf eine problematische Internetnutzung. Die ausführlichen Ergebnisse sind *Tabelle 4* zu entnehmen.

Tabelle 4: Charakteristika des Kollektives in Bezug auf Schlaf und Mediennutzung

	Mittelwerte	SD	Minimum	Maximum
Schlafverhalten				
Durchschnittliche tägliche Schlafdauer in min ($n=20$)	533.68	37.50	439	611
Durchschnittliche Schlafdauer an Wochentagen in min ($n=18$)	529.13	40.60	477.00	600.00
Durchschnittliche Schlafdauer an Wochenendtagen in min ($n=19$)	564.61	55.73	422.50	647.50
<i>PSQI</i> , gesamt ($n=20$)	4.10	1.41	1	7
Mediennutzung				
Durchschnittliche tägliche Mediennutzung in min ($n=19$)	150.21	94.41	18	300
Durchschnittliche Mediennutzung an Wochentagen in min ($n=19$)	115.27	70.75	30	255
Durchschnittliche Mediennutzung an Wochenendtagen in min ($n=19$)	155.66	96.80	17,50	300
<i>CIUS</i> , Summenscore ($n=20$)	17.65	9.527	3	46

PSQI= Pittsburgh-Schlafqualität-Index: Gesamtwert zwischen 0 und 21 Punkten, je geringer der Wert, desto besser ist die Schlafqualität.

CIUS= Compulsive Internet Use Scale: Gesamtwert zwischen 0 und 56 Punkten, je höher der Wert, desto problematischer ist die Internetnutzung

3.1.2 Geschlechts- und Altersspezifische Mediennutzung des Kollektives

Durch die weite Spanne in der alltäglichen Mediennutzung wurde diese nochmal nach Geschlecht und Alter differenziert. Die Ergebnisse mit Mittelwerten und Standardabweichungen sind in *Abbildung 6 und 7* dargestellt. Zur Unterscheidung nach Geschlecht wurde ein t-Test bei unabhängigen Stichproben durchgeführt, Varianzhomogenität angenommen (Levene-Test) ($F(1,18)=1.474$, $p=.240$, $n=20$). Es zeigte sich, dass die durchschnittliche Mediennutzung bei männlichen Probanden im Schnitt mit 162.71min ($SD=85.85$) deskriptiv länger, aber nicht statistisch signifikant länger war als bei weiblichen Probandinnen mit 98.21min ($SD=58.01$) ($t(18)=1.968$, $p=.065$).

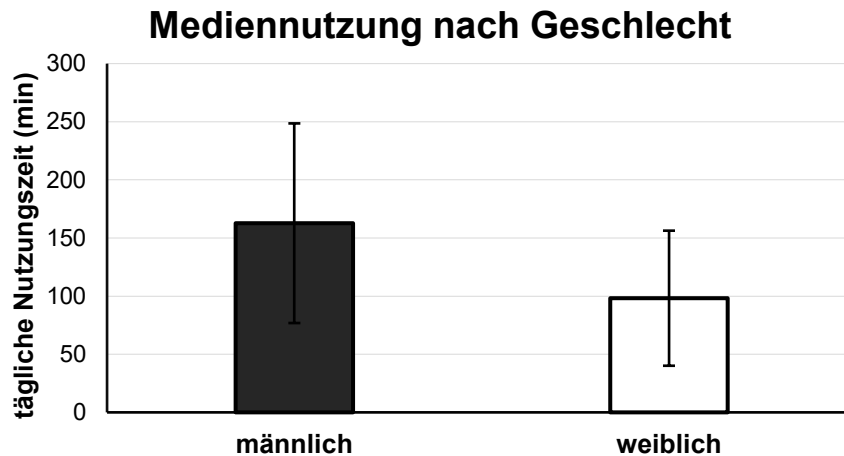


Abbildung 6: Mediennutzung nach Geschlecht pro Tag in Minuten. Es werden Mittelwerte und Standardabweichungen dargestellt. Alle 10 männlichen ($n=10$) und 10 weiblichen ($n=10$) Studienteilnehmer:innen wurden ausgewertet.

Der durchschnittliche tägliche Medienkonsum stieg mit dem Alter der Proband:innen an. Während die 12-jährigen noch im Mittel 75min ($SD=59.23$ min) an Computer, Konsole, Fernseher oder Smartphone verbrachten, waren es bei den 13-jährigen schon 135.70min ($SD=83.219$ min) und bei den 14-jährigen 168.13min ($SD=71.084$ min). Das Alter hatte dabei jedoch keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Mediennutzzeit ($F(2,17)=2.910$, $p=.082$, $\eta_p^2=.255$). Zur Auswertung wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse ohne Messwiederholung durchgeführt, Varianzhomogenität angenommen (Levene-Test nicht signifikant, $F(2,17)=.206$, $p=.816$).

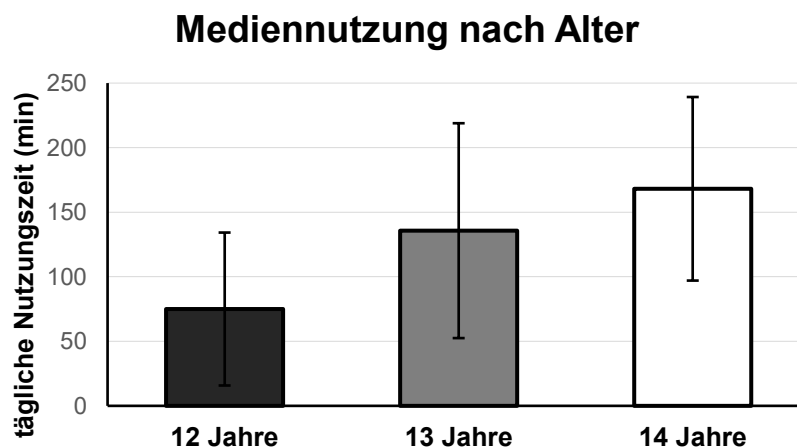


Abbildung 7: Mediennutzung nach Alter des Kollektives in Minuten. Dargestellt werden Mittelwerte und Standardabweichungen. In die Auswertung flossen alle Proband:innen ein (sechs 12-jährige ($n=6$), sechs 13-jährige ($n=6$) sowie acht 14-jährige ($n=8$)).

3.1.3 Pubertätsstatus und Chronotyp der Proband:innen

Der Pubertätsstatus der Studienteilnehmer:innen variierte von präpubertär bis zur fortgeschrittenen Pubertät, wobei sich die meisten Kinder ($n=14$) zwischen *mitte in der Pubertät* und *fortgeschrittener Pubertät* befanden. Die Verteilung ist in *Abbildung 8* dargestellt.

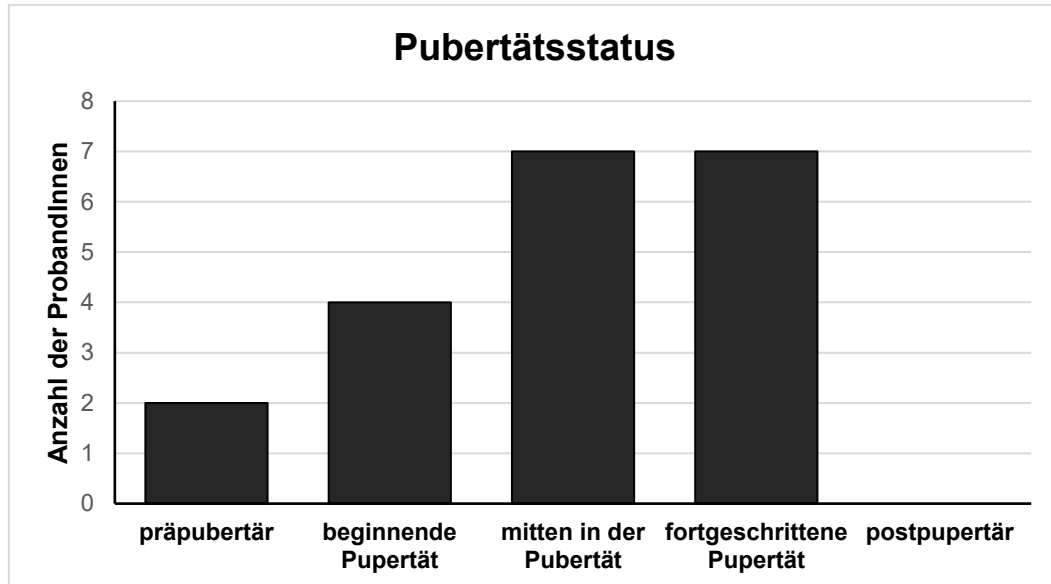


Abbildung 8: Pubertätsstatus der Proband:innen: *Einschätzung nach der Pubertal Development Scale (PDS) Einteilung in fünf Untergruppen von präpubertär bis postpubertär*

Beim Chronotyp zählte kein Kind oder Jugendlicher mit einem Wert in der *Composite scale of morningness (CSM)* von ≤ 22 Punkte zum Abendtyp, drei Proband:innen erzielten einen Wert ≥ 44 Punkte und galten somit als Morgentyp. Die anderen 17 Kinder und Jugendliche waren vom neutralen Chronotypen.

3.2 Auswertung der Schlafqualität und Schlafarchitektur

Die Daten der Polysomnographie wurden für alle drei Bedingungen auf Einschlaf latenz, Anteil an den einzelnen Schlafphasen sowie SWS-Latenz und REM-Latenz untersucht. Lediglich für die Gesamtschlafzeit und die absolute Zeit im Tiefschlaf zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den drei Interventionsformen. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 5* zusammengefasst. .

3.2.1 Einschlaf latenz nach den einzelnen Interventionen

→ Prüfung Hypothese 1

Zur Analyse der Einschlaf latenz nach den Bedingungen (I) *soziale Medien am Smartphone*, (II) *Lesen am Smartphone* sowie (III) *Lesen im Buch* wurde bei verbundenen Stichproben eine Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. Bei den Interventionen handelte es sich um die unabhängige Variable mit nominalem Skalenniveau, die Einschlaf latenz in Minuten stellte die metrische abhängige Variable dar. Bei den Ergebnissen kam es zu einer veränderten Fallzahl $n=18$, da ein Kind vergessen hatte, den Marker beim Löschen des Lichtes zu setzen und bei einem anderen Kind das EEG bereits die Anfangsphase nicht aufgezeichnet hatte. Um die Sphärizität als Voraussetzung zu prüfen, wurde ein Mauchly-Test durchgeführt. Dieser ist mit $\text{Mauchly-W}=.87$, $p=.337$ nicht signifikant, weswegen von Sphärizität ausgegangen werden konnte. Eine Normalverteilung konnte nach Kolmogorov-Smirnov und Inspektion des Q-Q-Diagramms angenommen werden. Die Mittelwerte sowie Standardabweichungen der Einschlaf latenzen der einzelnen Bedingungen sind *Tabelle 5* zu entnehmen.

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigte, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Einschlaf latenzen nach den einzelnen Interventionen gab ($F(2,34)=3.024$, $p=.062$, $\eta_p^2=.151$). Es bestand jedoch ein Trend, dass die Kinder und Jugendlichen nach der Nutzung (I) *sozialer Medien* etwas länger brauchten, um einzuschlafen ($MW 15.51$, $SD 7.60$) als nach dem (III) *Lesen eines Buches* ($MW 12.52$, $SD 6.39$). Am schnellsten schliefen die Kinder nach dem (II) *Lesen am Smartphone* ($MW 10.28$, $SD 4.78$) ein. Die Nullhypothese konnte bei statistisch nicht signifikantem Ergebnis nicht verworfen werden. Die erste Hypothese, dass die Nutzung von sozialen Medien vor dem Schlafengehen zu einer verlängerten Einschlaf latenz führt, konnte damit nicht bewiesen werden.

Tabelle 5: Auswertung Schlafdaten: Es wird jeweils die absolute und relative Zeit im Wachzustand, S1, S2, SWS und REM-Schlaf angegeben. Zusätzlich wird der Gesamtschlaf in min sowie die SWS-Latenz und die REM-Latenz in min aufgeführt

	soziale Medien am Smartphone	Lesen am Smartphone	Lesen im Buch	p=
Zeit in min				
Einschlaflatenz (n=18)	15.51 (± 7.60)	10.28 (± 4.78)	12.52 (± 6.39)	.062
Gesamt- schlafenszeit (n=14)	517.11 (± 37.56)	548.07 (± 38.22)	547.00 (± 31.83)	.004*
Wach (n=14)	17.79 (± 29.09)	11.14 (± 13.05)	8.86 (± 8.16)	.612
S1 (n=14)	36.75 (± 15.12)	32.25 (± 12.84)	34.32 (± 9.71)	.510
S2 (n=14)	199.50 (± 40.32)	212.96 (± 23.10)	206.25 (± 23.34)	.305
SWS (n=14)	155.82 (± 42.29)	168.14 (± 38.54)	176.82 (± 36.68)	.046*
REM (n=14)	104.61 (± 29.49)	120.93 (± 33.49)	118.18 (± 20.53)	.088
SWS-Latenz (n=14)	19.07 (± 36.08)	8.43v(± 3.36)	8.04 (± 3.40)	.557
REM-Latenz (n=14)	123.50 (± 43.65)	104.86 (± 34.40)	104.50 (± 37.04)	.222
Relativer Anteil an der Gesamtschlafdauer in %				
Wach (n=14)	3.56 (± 6.17)	2.03 (± 2.27)	1.59 (± 1.45)	.612
S1 (n=14)	7.16 (± 3.08)	5.93 (± 2.40)	6.26 (± 1.69)	.260
S2 (n=14)	38.63 (± 7.77)	39.06 (± 5.26)	37.81 (± 4.69)	.168
SWS (n=14)	30.08 (± 7.52)	30.61 (± 6.41)	32.26 (± 5.74)	.410
REM (n=14)	20.05 (± 4.69)	21.86 (± 4.76)	21.59 (± 3.49)	.189

S1=Schlafphase 1, **S2**=Schlafphase 2, **SWS**= slow-wave sleep, **REM**= rapid eye movement

3.2.2 Schlafarchitektur, prozentuale Anteile der einzelnen Schlafphasen

→ Prüfung Hypothese 2

Es wurden die Parameter Gesamtschlaf, Tiefschlaf (SWS), Schlafphase 1 und 2 (S1, S2), Rapid-Eye-Movement (REM) Schlaf sowie SWS-Latenz und REM-Latenz analysiert. Dabei wurde jeweils eine Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt bzw. bei nicht normalverteilten Parametern auf den Friedman Test ausgewichen. Die Mittelwerte mit Standardabweichung sind in *Tabelle 5* aufgeführt. Für die Auswertung kam es zu einer Abweichung der Fallzahl von $n=14$. Bei insgesamt sieben Messungen ist im Verlaufe der Nacht die Polysomnographie durch das Abfallen einzelner Elektroden ausgefallen, wobei zwei Messungen auf dieselbe Probandin fielen, weshalb sechs Proband:innen nicht in die Auswertung mit einfließen konnten. Solange nicht anders angegeben, konnte eine Normalverteilung der einzelnen Parameter durch einen Test nach Kolmogorov-Smirnov und Inspektion des Q-Q-Diagramm angenommen werden.

Die Auswertung des Gesamtschlafes per ANOVA (Sphärizität angenommen, Mauchly-W=.944, $p=.709$) zeigte einen signifikanten Haupteffekt zwischen den Bedingungen ($F(2,26)=6.964$, $p=.004$, $\eta_p^2=.349$). Die Bonferroni korrigierten paarweisen Vergleiche zeigten, dass die Gesamtschlafzeit bei der Nutzung (I) *sozialer Medien* ($MW=517.11\text{min}$, $SD=37.558$) signifikant kürzer war als beim (II) *Lesen am Smartphone* ($MW=548.07\text{min}$, $SD=38.221$) oder beim (III) *Lesen eines Buches* ($MW=547.00\text{min}$, $SD=38.221$). Zwischen den letzten beiden Bedingungen unterschied sich die Gesamtschlafzeit hingegen nicht. Die Ergebnisse sind in *Abbildung 9* dargestellt.

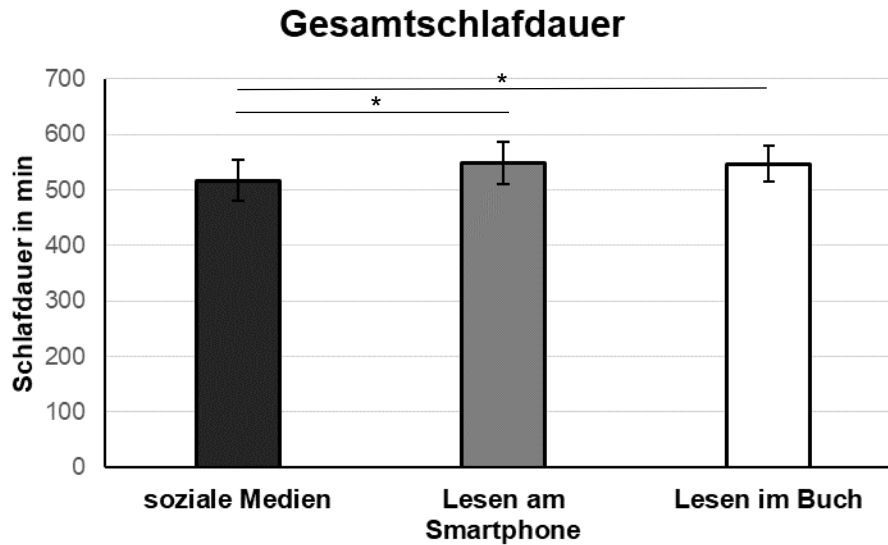


Abbildung 9: Gesamtschlafdauer in Minuten nach den einzelnen Bedingungen. Es bestand eine signifikante Minderung der Schlafdauer nach der Nutzung von (I) sozialen Medien im Gegensatz zum (II) Lesen am Smartphone und (III) Lesen im Buch. Dargestellt werden Mittelwerte und Standardabweichungen.

Zur Auswertung der Wachphasen während des Schlafes wurde bei nicht normalverteilten Daten und einem Ausreißer während der Intervention (I) *soziale Medien* auf den Friedman Test ausgewichen. Die einzelnen Bedingungen zeigten keine signifikanten Unterschiede im Anteil der Wachphasen am Gesamtschlaf sowohl absolut ($\text{Chi-Quadrat}_{\text{absolut}}(2)=.982, p=.612, n=14$) als auch relativ ($\text{Chi-Quadrat}_{\text{relativ}}(2)=.982, p=.612, n=14$).

Der absolute und relative Anteil der Schlafphase 1 wurde per Varianzanalyse mit Messwiederholung analysiert (Sphärizität_{absolut} angenommen (Mauchly-W=.698, $p=.116$), Sphärizität_{relativ} nicht angenommen (Mauchly-W=.547, $p=.027$). Es werden bei der relativen Zeit die Greenhouse-Geisser korrigierten Werte angegeben. Die einzelnen Bedingungen unterschieden sich dabei sowohl absolut ($F(2,26)=.710, p=.501, \eta_p^2=.052$) sowie relativ ($F(1.377,17.897)=1.418, p=.260, \eta_p^2=.098$) nicht.

Auch der absolute Anteil der Schlafphase 2 variierte nicht zwischen den drei Bedingungen ($F(2,26)=.1.242, p=.305, \eta_p^2=.087$). Es wurde wiederum eine Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt (Sphärizität angenommen, Mauchly-W=.810, $p=.282$). Der relative Anteil der Schlafphase 2 war bei der Bedingung (III) *Lesen im Buch* nicht normalverteilt, weshalb der Friedman Test angewandt wurde. Auch hier zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Interventionsformen ($\text{Chi-Quadrat}(2)=3.571, p=.168, n=14$).

Aufgrund von nicht normalverteilten Daten (Kolmogorov-Smirnov SWS_{absolut} (I) *soziale Medien* $p = .011$, (II) *Lesen am Smartphone* $p = .026$, (III) *Lesen im Buch* $p = .031$, SWS_{relativ} (I) *soziale Medien* $p = .20$, (II) *Lesen am Smartphone* $p = .20$, (III) *Lesen im Buch* $p = .019$) wurde der slow-wave sleep (SWS) durch den Friedman Test ausgewertet. Dieser wies bei der absoluten Zeit signifikante Unterschiede auf (Chi-Quadrat (2)=6.145, $p = .046$, $n = 14$). Der anschließend durchgeführte Dunn-Bonferroni Post-hoc-Test zeigte, dass sich lediglich der Tiefschlaf beim (III) *Lesen eines Buches* mit der Nutzung von (I) *sozialen Medien* am Smartphone signifikant unterschied ($p_{\text{angepasst}} = .042$, Effektstärke nach Cohen (1992): $r = -.25$). Die Ergebnisse sind in *Abbildung 10* dargestellt. Der relative Anteil des SWS am Gesamtschlaf variierte dagegen nicht zwischen den drei Bedingungen (Chi-Quadrat (2)=1.782, $p = .410$, $n = 14$).

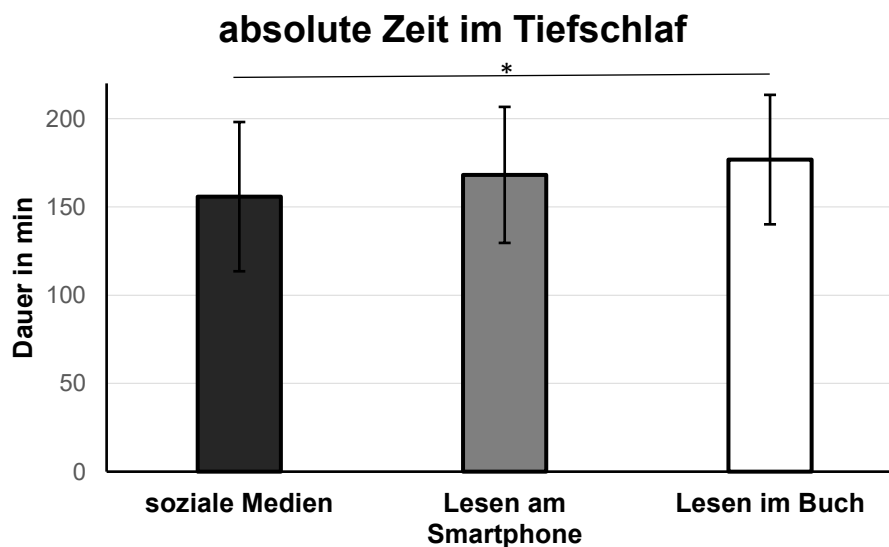


Abbildung 10: absolute Zeit im Tiefschlaf (SWS = slow-wave sleep) nach den einzelnen Interventionen. Die Dauer wird in Minuten angegeben. Es zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen der Nutzung (I) sozialer Medien und dem (III) Lesen im Buch $p = .042$. Dafür wurden die Polysomnographiedaten von 14 Proband:innen ausgewertet $n = 14$

Bei der absoluten Zeit sowie dem relativen Anteil des REM-Schlafes zeigten sich zwischen den drei Bedingungen keine signifikanten Unterschiede ($F_{\text{absolut}}(1.318, 17.136) = 3.084$, $p = .088$, $\eta_p^2 = .192$, $F_{\text{relativ}}(2, 26) = 1.777$, $p = .189$, $\eta_p^2 = .120$). Die Auswertung erfolgte per Varianzanalyse mit Messwiederholung (Mauchly-W_{absolut} = .483, $p = .013$, Greenhouse-Geisser korrigierte Werte angeben, Mauchly-W_{relativ} = .627, $p = .055$, Sphärizität angenommen). Bei der absoluten Zeit im REM-Schlaf zeigte sich ein Trend, dass Kinder und Jugendliche nach der Nutzung (I)

sozialer Medien kürzer im REM-Schlaf verbrachten (MW 104.61, SD 29.49) als nach dem (III) *Lesen im Buch* (MW 118.12m SD 20.53) und dem (II) *Lesen am Smartphone* (MW 120.93, SD 33.49).

Die Zeit, bis zum ersten SWS wurde aufgrund nicht normalverteilter Daten und einem Ausreißer nach oben während der Intervention (I) *soziale Medien* durch den Friedman Test ausgewertet. Dabei zeigte sich kein Unterschied zwischen den drei Bedingungen ($\text{Chi-Quadrat}(2)=1.170$, $p=.557$, $n=14$).

Die zeitliche Latenz, bis es zur ersten REM-Schlaf Episode kam, wurde durch eine Varianzanalyse mit Messwiederholung ausgewertet (Sphärizität angenommen, Mauchly-W=.992, $p = .951$). Die Zeit variierte nicht zwischen der Nutzung (I) *sozialer Medien* am Smartphone, dem (II) *Lesen am Smartphone* und dem (III) *Lesen im Buch* ($F(2,26)=1.595$, $p=.222$, $\eta_p^2=.109$).

Die Hypothese, dass durch die Nutzung sozialer Medien vor dem Einschlafen die Schlafarchitektur verändern werden würde und es vor allem zu einer Abnahme der Tiefschlafphase käme, konnte nur teilweise gezeigt werden. Die absolute Zeit in Minuten, die die Kinder und Jugendlichen im Tiefschlaf verbrachten, war nach der Nutzung (I) *sozialer Medien* statistisch signifikant niedriger als nach dem (III) *Lesen eines Buches*. Dies konnte für das (II) *Lesen eines Buches am Smartphone* nicht gezeigt werden, auch wenn die absolute Zeit im Tiefschlaf im Mittel etwas länger war als bei der Nutzung sozialer Medien ($MW_{\text{soziale Medien}}=155.82$ min vs. $MW_{\text{Lesen am Smartphone}}= 168.14$ min). Der relative Anteil des Tiefschlafes am Gesamtschlaf zeigte keine statistisch signifikanten Unterschiede. In der Auswertung fiel auf, dass die Gesamtschlafzeit durch die Interventionsformen beeinflusst wurde, und Kinder und Jugendliche nach der Nutzung (I) *sozialer Medien* vor dem Schlafengehen signifikant kürzer schliefen als nach dem (II) *Lesen am Smartphone* oder dem (III) *Lesen im Buch*.

3.3 Ergebnisse der Gedächtnisübung

→Prüfung Hypothese 3

Die Auswertung der Gedächtnisübung erfolgte bei normalverteilten Daten per mehrfaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung. Die drei Bedingungen (I) *soziale Medien* am Smartphone, (II) *Lesen am Smartphone* und (III) *Lesen im Buch* stellten die erste unabhängige Variable dar, der Zeitpunkt des (A) *Lernens* und des (B) *Abrufs* die zweite unabhängige Variable. Die abhängige Variable war die Anzahl der richtigen erinnerten Wörter. Es konnten alle Proband:innen in die Auswertung einfließen ($n=20$). Die Ergebnisse sind in *Abbildung 11 und Abbildung 12* zusammengefasst. Es werden Mittelwerte mit Standardabweichungen angegeben.

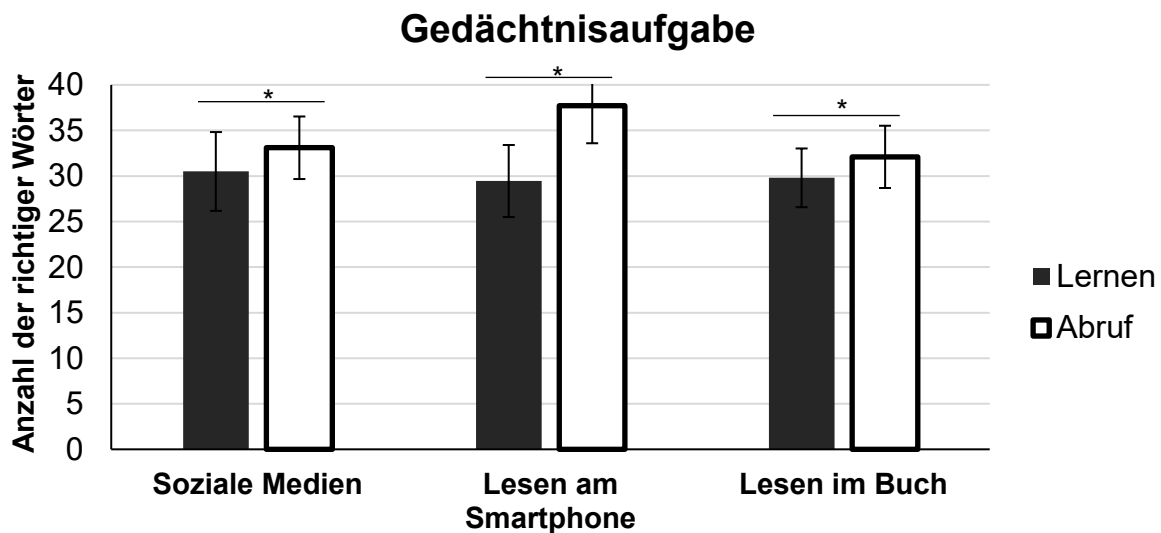


Abbildung 11: Auswertung der Gedächtnisaufgabe allgemein. Es wird die Anzahl der richtig erinnerten Wörter in der letzten Lernrunde abends sowie beim Abruf morgens jeweils mit Mittelwerten und Standardabweichungen dargestellt. In allen drei Bedingungen konnten die Kinder und Jugendlichen morgens statistisch signifikant mehr Wortpaare wiedergeben als abends.

Ergebnisse

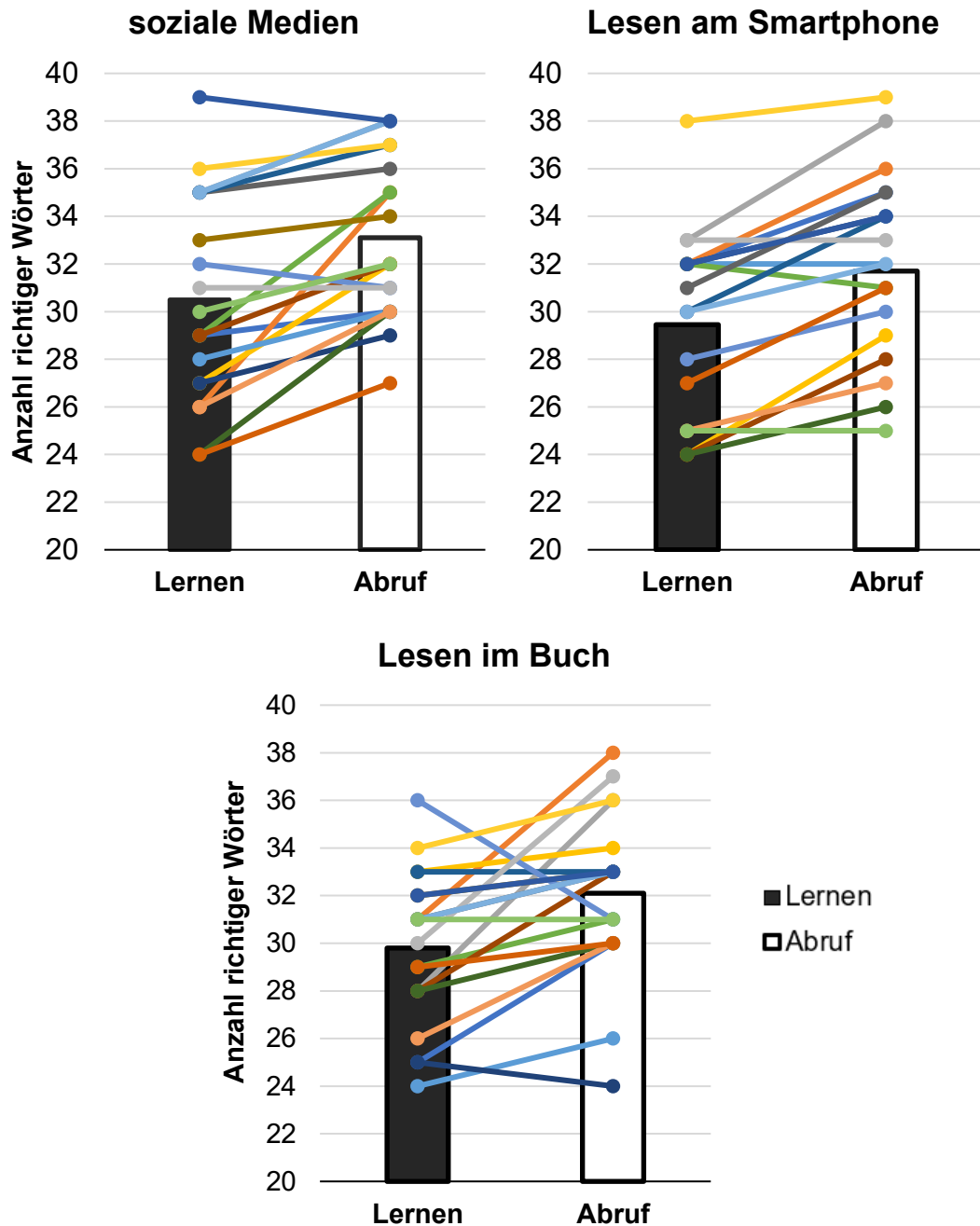


Abbildung 12: Auswertung der Gedächtnisaufgabe aufgeschlüsselt nach den einzelnen Proband:innen. Es wird die Anzahl der richtig erinnerten Wörter in der letzten Lernrunde abends sowie beim Abruf morgens dargestellt. Jede/-r Proband:in wurde dabei eine eigene Farbe zugeteilt. Die Balken veranschaulichen die Mittelwerte.

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen, Sphärizität angenommen (Mauchly-W=.835, $p=.197$), $F(2,38)=1.044$, $p=.362$, $\eta_p^2=.052$).

Wie zu erwarten, unterschieden sich die Ergebnisse zwischen dem abendlichen (A) *Lernen* und dem morgendlichen (B) *Abruf* statistisch signifikant ($F(1,19)=35.675$,

$p < .001$, $\eta_p^2 = .652$). Unabhängig von der Bedingung konnten morgens mehr Wörter erinnert werden als beim letzten Lerndurchgang am Abend. Um dies zu überprüfen, wurde für jede Bedingung ein t-Test bei verbundener Stichprobe durchgeführt (alle $p \leq .003$).

Für die Gedächtnisaufgabe ergab sich keine signifikante Interaktion von Bedingungen x Zeit ($F(2,38) = .155$, $p = .857$, $\eta_p^2 = .008$, Sphärizität angenommen (Mauchly-W. = .965, $p = .742$)).

Die Hypothese, dass Gedächtnisinhalte nach der Nutzung sozialer Medien am Smartphone schlechter erinnert werden können, konnte damit nicht bewiesen werden.

3.3.1 Zusammenhang Schlaf- und Gedächtnisleistung

Um lineare Korrelationen zwischen Schlafparametern und Gedächtnisleistung zu detektieren, wurde zwischen den normalverteilten Daten eine Pearson-Korrelation durchgeführt, bzw. bei den nicht normalverteilten Parametern auf die Spearman-Rho Korrelation zurückgegriffen. Bei der Gedächtnisleistung wurde sowohl die Anzahl der richtigen Wörter bei Abruf am Morgen als auch die Differenz zwischen abendlichem Durchgang und morgendlicher Messung in Korrelation zu den Schlafparametern gesetzt. Einzelne Parameter zeigen dabei Korrelationen, es konnte davon aber keine Systematik abgeleitet werden.

Ein erhöhter Anteil an der Schlafphase 2 in Minuten korrelierte mit einer höheren Anzahl abrufbarer Wortpaare nach der Nutzung (I) *sozialer Medien* ($r = .528$, $p = .0024$, $n = 18$). Dies ist bei den anderen Bedingungen nicht aufgetreten. Eine negative Korrelation bestand außerdem zwischen den Parametern REM-Latenz nach (I) *sozialer Mediennutzung* und der Anzahl an erinnerten Wortpaaren beim Abruf ($r = -.488$, $p = .040$, $n = 18$).

In der besagten Bedingung korrelierte zudem eine absolut längere Tiefschlafphase mit einer erhöhten Differenz zwischen abends und morgens erinnerten Wortpaaren ($r = .493$, $p = .038$, $n = 18$). Mit einer verlängerten Tiefschlafphase verbesserte sich damit der Lerneffekt. Dies war bei den anderen beiden Bedingungen nicht nachweisbar.

Bei der Intervention (II) *Lesen am Smartphone* zeigte sich, eine positive Korrelation zwischen einer langen SWS-Latenz und vermehrten Wortpaaren beim Abruf ($r = .537$, $p = .021$, $n = 18$). Zudem korrelierten längere relative und absolute Wachzeiten in der

Nacht mit vielen abrufbaren Wortpaaren am Morgen ($r_{absolut} = .568$, $p_{absolut} = .014$, $r_{relativ} = .570$, $p_{relativ} = .014$, $n=18$). Allerdings zeigt die Differenz der am Morgen und Abend erinnerten Wortpaare bei der gleichen Intervention eine negative Korrelation mit den Wachphasen in der Nacht ($r_{absolut} = -.518$, $p_{absolut} = .028$, $n=18$; $r_{relativ} = -.510$, $p_{relativ} = .031$, $n=18$). An dem Tag hatten die Proband:innen allgemein morgens am besten abgeschnitten.

3.4 Kontrollvariablen

3.4.1 Schlafdauer in der Nacht vor den Messungen sowie Mediennutzung am Tag der Messung

Um Einflüsse der Schlafdauer in der Nacht vor der Messung sowie des Medienkonsums am Tag der Messung auf die Messergebnisse festzustellen, wurden diese analysiert. Dabei zeigte sich bei der Schlafdauer in der Nacht vor der Messung statistisch signifikante Unterschiede. Eine lineare Korrelation über alle drei Bedingungen mit den Ergebnissen der Gedächtnisaufgabe oder den Schlafparametern konnte nicht gezeigt werden. Die Mittelwerte mit Standardabweichungen sind *Tabelle 6* zu entnehmen.

Tabelle 6: Schlafdauer in der Nacht vor der Messung sowie die Mediennutzung am Tag der Messung in Minuten, angegeben sind Mittelwerte mit Standardabweichungen, $n=20$

	soziale Medien am Smartphone	Lesen am Smartphone	Lesen im Buch	$p=$
Schlafdauer In der Nacht vor der Messung	563.75 (± 61.70)	533.60 (± 107.69)	599.05 (± 81.54)	.05*
Mediennutzung am Tag der Messung	128.60 (± 96.43)	120.25 (± 79.99)	145.50 (± 115.28)	.506

Die Auswertung der Schlafdauer in der Nacht vor der Messung erfolgte per Varianzanalyse mit Messwiederholung (Sphärizität angenommen, Mauchly-W=.760, $p=.085$). Es zeigten sich signifikante Unterschiede in der Schlafdauer vor der Messung ($F(2,38) = 3.250$, $p = .05$, $\eta_p^2 = .146$). Die Bonferroni korrigierten paarweisen Vergleiche zeigten jedoch zwischen keiner der drei Bedingungen signifikante Unterschiede (alle $p \geq .143$).

Ergebnisse

Um weiterhin auszuschließen zu können, dass die Schlafdauer in der Nacht vor der Messung einen Einfluss auf die Gedächtnisleistung hat, wurden Korrelationen zwischen Schlafdauer in der Vornacht und Gedächtnisleistung berechnet. Dazu wurden Pearson Korrelationen bei normalverteilten Daten gerechnet. Es zeigten sich keine Korrelationen in der Nacht vor der experimentellen Sitzung und Gedächtnismaßen über alle drei Bedingungen (alle $r \leq .363$, alle $p \geq .115$).

Bei nicht normalverteilten Daten erfolgt die Auswertung der Mediennutzung am Tag der Messung durch den Friedman Test. Es zeigt sich dabei kein Unterschied zwischen den drei Interventionen (Chi-Quadrat (2)=1.361, $p=.506$, $n=20$).

Die Mediennutzung am Tag der experimentellen Interventionen (*siehe Tabelle 6*), entsprach in etwa der durchschnittlichen täglichen Mediennutzung erfasst durch das Schlafstagebuch ($MW=130.46\text{min}$, $SD=78.642\text{min}$). Um die einzelnen Interventionen mit der alltäglichen Mediennutzung zu Vergleichen, wurde jeweils ein t-Test bei abhängigen Stichproben durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde Bonferroni korrigiert (Signifikanzniveau von $p=.017$). Es zeigten sich dabei keine statistisch signifikanten Unterschiede (alle $p \geq .287$).

Die Schlafdauer nach den Interventionen wurden mit der durchschnittlichen Schlafdauer am Wochenende aus dem Schlafstagebuch ($MW=564.60\text{min}$, $SD=55.72\text{min}$, $n=19$) durch gepaarte t-Tests verglichen. Als Signifikanzniveau wurde Bonferroni korrigiert ein p von .017 angesetzt. Dabei zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede (alle $p \geq .033$). Beim (III) *Lesen eines Buches* lässt sich deskriptiv eine Tendenz zum längeren Schlafen erkennen ($MW=604.26$, $SD=80.279$), die jedoch statistisch nicht signifikant war ($t(19)=2.309$, $p=.033$).

3.4.2 Lichtverhältnisse während der Messung

Die Lichtverhältnisse wurden dreimal erfasst. Die von unserem Studiendesign vorgegebenen Lichtwerte konnten (A) *beim Lernen* und während (B) *den Interventionen* weitestgehend eingehalten werden, mit einem Ausreißer beim (A) *Lernen* vor der Nutzung von (I) *sozialen Medien* (80Lux) und einem Ausreißer beim (A) *Lernen* vor dem (III) *Lesen eines Buches* (177Lux). Beim (C) *Abruf* wurden allerdings mehrere stark erhöhte Werte erfasst (zwei Ausreißer: 201 Lux und 162 Lux, insgesamt 13 Werte über dem festgelegten Maximum von 60Lux). Diese waren durch nicht abdunkelbares Tageslicht zu erklären. Die genauen Werte sind *Tabelle 7* zu entnehmen.

Tabelle 7: Lichtverhältnisse während der Messungen, die Lichtwerte sind in Lux angegeben. Gemessen wurde kurz vor dem (A) *Lernen am Abend*, vor der (B) *Intervention* und vor dem (C) *Abruf am Morgen*. Angegeben sind Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Minimal- und Maximalwerte, $n=20$

	Mittelwerte	SD	Minimum	Maximum
Lichtverhältnisse während (A) des Lernens (in Lux)				
<i>soziale Medien</i>	38.83	12.23	20	80
<i>Lesen am Smartphone</i>	36.53	7.22	20	49
<i>Lesen im Buch</i>	45.71	31.66	31	177
Lichtverhältnisse während (B) der Intervention (in Lux)				
<i>soziale Medien</i>	15.91	3.84	9	23
<i>Lesen am Smartphone</i>	16.31	3,62	10	22
<i>Lesen im Buch</i>	14.66	3.98	9	24
Lichtverhältnisse während (C) des Abrufes (in Lux)				
<i>soziale Medien</i>	51.64	23.62	24	117
<i>Lesen am Smartphone</i>	54.44	37.10	20	201
<i>Lesen im Buch</i>	54.72	28.95	28	162

Um zu analysieren, ob die Lichtverhältnisse während der einzelnen Testnächte vergleichbar waren, erfolgte die Auswertung während (A) *des Lernens* und (C) *des Abrufes* bei nicht normalverteilten Daten und Ausreißern durch einen Friedman Test. Für den Zeitraum (B) *der Intervention* wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt.

Die Lichtverhältnisse während (A) *des Lernens* variierten nicht zwischen den drei Interventionsformen (Chi-Quadrat (2)=.937, $p=.626$, $n=20$). Auch während (B) *der*

Intervention herrschten vergleichbare Lichtverhältnisse über die drei Bedingungen hinweg ($F(2,38) = 1.542$, $p = .227$, $\eta_p^2 = .075$). Zuletzt zeigte sich während (C) *des Abrufes* kein signifikanter Unterschied in den Lichtverhältnissen zwischen den Interventionsformen ($\text{Chi-Quadrat}(2) = .532$, $p = .767$, $n = 20$).

3.4.3 Auswertung der Kontrollaufgaben zur Stimmung und Müdigkeit während den Interventionen sowie Erregung vor dem Einschlafen

Die Ergebnisse der Fragebögen zur Müdigkeit (SSS), Gemütslage (SAM sowie PANAS), sowie der Erregung vor dem Einschlafen (PSAS) sind in *Tabelle 8* dargestellt. Bei ordinalem Skalenniveau werden Mediane und Interquartilabstände angegeben. Die Auswertung der Kontrollaufgaben die zu drei Zeitpunkten bearbeitet wurden (SSS, SAM, PANAS) erfolgte durch Eva-Maria Kurz mittels der Funktionsbibliothek *ordinal* in R. Es wurden *cumulative link mixed models* mit den unabhängigen Variablen Bedingung (Nutzung (I) *sozialer Medien*, (II) *Lesen am Smartphone* und (III) *Lesen im Buch*) und Zeitpunkt ((A) *vor dem Lernen* abends, nach (B) *der Intervention* abends und dem morgendlicher (C) *Abruf*), sowie dem zufälligen Effekt der Proband:innen berechnet (Sennock et al., 2024). Die paarweisen Vergleiche sind Bonferroni korrigiert. Die Pre-Sleep Arousal Scale (PSAS) wurde nur zu einem Zeitpunkt morgens nach dem Aufstehen ausgefüllt. Sie wird bei nicht normalverteilten Daten durch einen Friedman Test ausgewertet.

In der Auswertung der Stanford Sleepiness Scale (SSS) zur Müdigkeit zeigte sich kein Haupteffekt zwischen den Bedingungen ($\text{Chi-Quadrat}(2) = 1.09$, $p = .58$, $n = 20$). Es bestand aber, wie zu erwarten, ein Haupteffekt zwischen den einzelnen Zeitpunkten der Erfassung ($\text{Chi-Quadrat}(2) = 172$, $p < .001$, $n = 20$). Alle drei Zeitpunkte unterschieden sich in den Bonferroni korrigierten paarweisen Vergleichen statistisch signifikant voneinander (alle $p < .001$). Die Müdigkeit war morgens beim (C) *Abruf* am geringsten ($MD_{\text{soziale Medien}} = 2$, $MD_{\text{Lesen am Smartphone}} = 2$, $MD_{\text{Lesen im Buch}} = 2$), abends vor (A) *dem Lernen* fühlten sich die Teilnehmer:innen müder ($MD_{\text{soziale Medien}} = 3$, $MD_{\text{Lesen am Smartphone}} = 3$, $MD_{\text{Lesen im Buch}} = 3$), und nach (B) *der Intervention*, vor dem Einschlafen sind die Kinder und Jugendlichen am erschöpftesten ($MD_{\text{soziale Medien}} = 5$, $MD_{\text{Lesen am Smartphone}} = 5$, $MD_{\text{Lesen im Buch}} = 5$). Es zeigten sich keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen Bedingung und Zeitpunkt ($\text{Chi-Quadrat}(4) = 3.62$, $p = .46$, $n = 20$).

Tabelle 8: Gemütslage und Müdigkeit während der einzelnen Interventionen, es werden bei ordinalem Skalenniveau Mediane sowie Interquartilabstände angegeben.

	soziale Medien am Smartphone	Lesen am Smartphone	Lesen im Buch
Schläfrigkeit (SSS) $n=20$			
Lernen	3.00 (± 1)	3.00 (± 1)	3.00 (± 2)
Nach Intervention	5.00 (± 2)	5.00 (± 2)	5.00 (± 2)
Abruf	2.00 (± 1)	2.00 (± 1)	2.00 (± 1)
Zufriedenheit (SAM) $n=20$			
Lernen	2.20 (± 1.240)	2.10 (± 1.334)	2.50 (± 1.147)
Nach Intervention	2.00 (± 1.414)	1.80 (± 1.105)	2.05 (± 1.572)
Abruf	2.50 (± 1.357)	2.50 (± 1.670)	2.80 (± 1.056)
Erregung (SAM) $n=20$			
Lernen	3.00 (± 1.522)	2.80 (± 1.609)	2.75 (± 1.251)
Nach Intervention	2.40 (± 1.392)	2.20 (± 1.361)	1.90 (± 1.071)
Abruf	3.10 (± 1.861)	2.85 (± 2.007)	2.30 (± 1.218)
Positiver Affekt (PANAS) $n=14$			
Lernen	23.07 (± 7.022)	22.50 (± 5.721)	25.36 (± 7.045)
Nach der Intervention	18.29 (± 6.256)	17.50 (± 6.757)	20.29 (± 6.615)
Abruf	22.50 (± 5.841)	24.14 (± 4.849)	25.29 (± 6.157)
Negativer Affekt (PANAS) $n=18$			
Lernen	11.11 (± 1.641)	10.78 (± 1.215)	11.06 (± 1.798)
Nach der Intervention	10.61 (± 0.916)	10.50 (± 0.707)	10.33 (± 0.686)
Abruf	10.44 (± 0.856)	10.50 (± 0.786)	10.39 (± 0.778)
Erregung vor dem Einschlafen (PSAS) $n=19$			
Kognitive Erregung	11.00 (± 3)	10.00 (± 4)	11.00 (± 4)
Somatische Erregung	9.00 (± 4)	10.00 (± 2)	10.00 (± 2)

SSS= Stanford Sleepiness Scale, acht Stufen, je kleiner die Punkte, desto wacher

SAM= Self-Assessment Manikin, neunstufige Skala, Zufriedenheit von -4 (sehr unzufrieden) bis +4 (zufrieden), Erregung von 1-9 (je höher, desto erregter)

PANAS= Positive and negative Affect Schedule, je 10-50 Punkte positiv und negativer Affekt. Je höher der Summenscore, desto höher der positive oder negative affektive Zustand

PSAS=Pre-Sleep Arousal Scale, Summenscore kognitive sowie somatische Erregung, maximal 40 Punkte in einer übergeordneten Skala, je höher die Punkte desto erregter

Der Self-Assessment Manikin (SAM) erfasste die *Zufriedenheit* und die *Erregung* der Versuchsteilnehmer:innen während der einzelnen Messzeitpunkte und Interventionen. Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Haupteffekt der *Zufriedenheit* zwischen den

Bedingungen ($\text{Chi-Quadrat}(2)=6.36, p=.04, n=20$). In den Bonferroni korrigierten paarweisen Vergleichen bestand lediglich ein Unterschied zwischen dem (III) *Lesen eines Buches* und dem (II) *Lesen am Smartphone* ($p=.045$, alle anderen paarweisen Vergleiche $p>.39$). Auch zu den einzelnen Zeitpunkten zeigte sich ein Haupteffekt ($\text{Chi-Quadrat}(2)=14.55, p<.001, n=20$). Dabei unterschieden sich im paarweisen Vergleich nur der Zeitpunkt nach (B) *der Intervention*, vor dem Schlafen abends sowie morgens vor (C) *dem Abruf* statistisch signifikant voneinander ($p<.001$, alle anderen paarweisen Vergleiche $p>.056$). Es gab keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen den Bedingungen und dem Zeitpunkt ($\text{Chi-Quadrat}(4)=0.73, p=.95, n=20$). Die *Erregung* während den drei Bedingungen zeigte ebenfalls einen Haupteffekt ($\text{Chi-Quadrat}(2) = 6.36, p=.04, n=20$). In den Bonferroni korrigierten paarweisen Vergleichen bestand lediglich ein Unterschied zwischen dem (III) *Lesen im Buch* und der Nutzung (I) *sozialer Medien* ($p=.037$, alle anderen Vergleiche $p>.23$). Auch der Zeitpunkt der Befragung zeigte einen statistisch signifikanten Haupteffekt ($\text{Chi-Quadrat}(2)=17.19, p<.001, n=20$). In den paarweisen Vergleichen unterschied sich der Zeitpunkt abends, nach (B) *der Intervention* vor dem Einschlafen, von den beiden anderen Zeitpunkten vor (A) *dem Lernen* ($p<.001$) sowie morgens vor (C) *dem Abruf* ($p<.01$) signifikant. Zwischen dem (A) *Lernen am Abend* und dem morgendlichen (C) *Abruf* bestand kein Unterschied ($p=.64$). Es zeigten sich keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen den Bedingungen und dem Zeitpunkt ($\text{Chi-Quadrat}(4)=1.38, p=.85, n=20$).

Bei der Beurteilung des positiven und negativen Affekts, der durch den PANAS-Fragebogen (PANAS = Positive and negative Affect Schedule) erhoben wurde, kommt es zu einer Abweichung der Fallzahl. Diese betrug $n=14$ für den positiver Affekt bzw. $n=18$ für den negativer Affekt. Einige Proband:innen hatten im Fragebogen einzelne Zeilen nicht ausgefüllt, weshalb kein sinnvoller Summenwert für die beiden Kategorien gebildet werden konnte. Es gab keinen Haupteffekt bei dem *positiven Affekt* zwischen den einzelnen Interventionsformen ($\text{Chi-Quadrat}(2)=2.56, p=.28, n=14$). Es zeigte sich aber ein signifikanter Haupteffekt zwischen den Messzeitpunkten ($\text{Chi-Quadrat}(2)=78, p<.001, n=14$). In den Bonferroni korrigierten paarweisen Vergleichen unterschied sich der positive Affekt vor dem Schlafen, nach (B) *der Intervention* von den beiden anderen Zeitpunkten (A) *vor dem Lernen*, abends ($p<.001$) und (C) *vor dem Abruf* morgens statistisch signifikant ($p<.001$). Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Kinder vor dem Schlafen müde sind, und schon zur Ruhe kommen, und deshalb weniger aktiv

sind. Zwischen dem morgendlichen (C) *Abruf* und dem Abendlichen (A) *Lernen* gab es keinen signifikanten Unterschied ($p=.405$).

Im Weiteren bestand keine signifikante Wechselwirkung zwischen Bedingung und Zeitpunkt ($\text{Chi-Quadrat}(4)=.096$, $p=.92$, $n=14$). Beim *negativen Affekt* des PANAS zeigte sich kein Haupteffekt zwischen den drei Bedingungen ($\text{Chi-Quadrat}(2)=1.64$, $p=.44$, $n=18$). Es zeigte sich wiederum ein statistisch signifikanter Haupteffekt zwischen den Zeitpunkten der Erfragung ($\text{Chi-Quadrat}(2)=8.10$, $p=.017$, $n=18$). In den Bonferroni korrigierten paarweisen Vergleichen unterschieden sich alle Zeitpunkte signifikant voneinander (alle $p<.001$). Es bestand jedoch keine signifikante Wechselwirkung zwischen Bedingung und Zeitpunkt ($\text{Chi-Quadrat}(4)=3.41$, $p=.491$, $n=18$).

Es kam zu einer Abweichung der Fallzahl im PSAS (Pre-Sleep Arousal Scale) von $n=19$ sowohl bei der kognitiven als auch bei der somatischen Erregung, da wie im PANAS einzelne Zeilen nicht ausgefüllt wurden, und deshalb kein sinnvoller Summenwert gebildet werden konnte. Der Fragebogen wurde nur zu einem Zeitpunkt (nach dem Aufstehen) abgefragt, weshalb er bei nicht normalverteilten Daten und einem Ausreißer (*kognitiven Erregung* beim (III) *Lesen eines Buches*) durch einen Friedman Tests ausgewertet werden konnte. Die somatische und kognitive Erregung nach dem Aufstehen zeigte dabei keine Unterschiede zwischen den Bedingungen ($\text{Chi-Quadrat}_{\text{somatisch}}(2)=4.667$, $p=.097$, $n=19$, $\text{Chi-Quadrat}_{\text{kognitiv}}(2)=1.279$, $p=.528$, $n=19$).

Bei der Auswertung des Self-Assessment Manikin (SAM) zur Erregung und Stimmung zeigte sich ein signifikanter Haupteffekte für die Bedingung. Um auszuschließen, dass Zusammenhänge zwischen Erregung bzw. Stimmung zu den einzelnen Bedingungen und Zeitpunkten mit der Gedächtnisleistung (Differenz der erinnerten Wortpaare) bestanden, wurden Korrelationen nach Spearman berechnet. Es zeigte sich dabei kein linearer Zusammenhang (alle $r<.344$, alle $p>.147$).

In den anderen durchgeführten Kontrollaufgaben zur Müdigkeit, positivem und negativem Affekt sowie der kognitiven und somatischen Erregung (SSS, PANAS, PSAS) konnten keine Unterschiede zwischen den einzelnen Bedingungen (Nutzung (I) *sozialer Medien*, (II) *Lesen am Smartphone* und (III) *Lesen im Buch*) nachgewiesen

werden, wodurch in den benannten Kategorien von vergleichbaren Versuchsbedingungen ausgegangen wurde.

3.4.4 Reaktionszeit anhand des PVT

Um den Psychomotor Vigilance Test (PVT) auszuwerten wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. Bei der Inspektion des Q-Q-Diagrammes fiel eine Ausreißerin bei ansonst normalverteilten Daten auf. Die Ausreißerin zeigte sich beim (A) *Lernen* und (C) *Abruf* der Intervention (I) *soziale Medien*. Es wurde eine erneute ANOVA unter Ausschluss der genannten Probandin durchgeführt. Es zeigten sich dabei keine veränderten Ergebnisse. Die Mittelwerte mit Standardabweichungen sind in *Abbildung 13* dargestellt, eine genaue Aufschlüsselung nach Versuchsteilnehmer:innen wird in *Abbildung 14* verbildlicht.

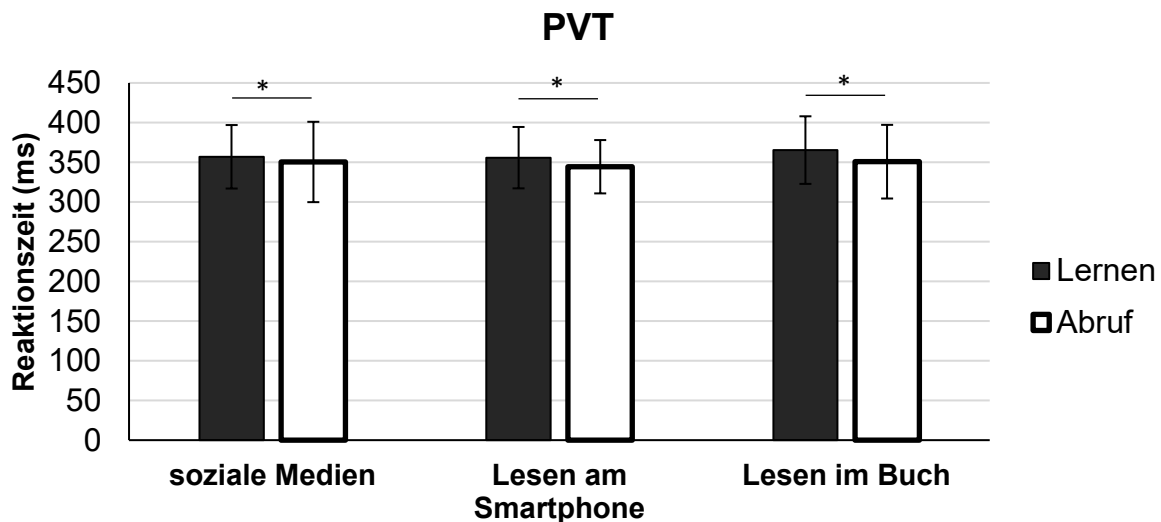


Abbildung 13: Reaktionszeit im PVT vor den drei Interventionen in min, dargestellt werden Mittelwerte und Standardabweichungen. Über alle drei Bedingungen waren die Reaktionszeiten morgens statistisch signifikant schneller als abends.

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen (Sphärizität angenommen, Mauchly-W=.934, $p=.540$; $F(2,38)=1.155$, $p=.326$, $\eta_p^2=.057$, $n=20$). Wie zu erwarten, unterschieden sich die Ergebnisse zwischen der (A) *abendlichen Vigilanztestung* und der (B) *morgendlichen Vigilanztestung* statistisch signifikant ($F(1,19)=13.140$, $p=.002$, $\eta_p^2=.409$, $n=20$). Morgens waren die Proband:innen über alle drei Bedingungen schneller als abends ((I)*soziale Medien* $MW_{Morgens}=350.41\text{min}$, $MW_{Abends}=356.95\text{min}$; (II) *Lesen am Smartphone* $MW_{Morgens}=344.42\text{min}$, $MW_{Abends}=355.84\text{min}$; (III) *Lesen im Buch* $MW_{Morgens}=350.77\text{min}$, $MW_{Abends}=365.37\text{min}$). Es zeigte sich keine signifikante

Ergebnisse

Wechselwirkung zwischen der Bedingung und dem Zeitpunkt (Mauchly-W=.929, $p=.514$; $F(2,38)=.570$, $p=.570$, $\eta_p^2=.029$, $n=20$).

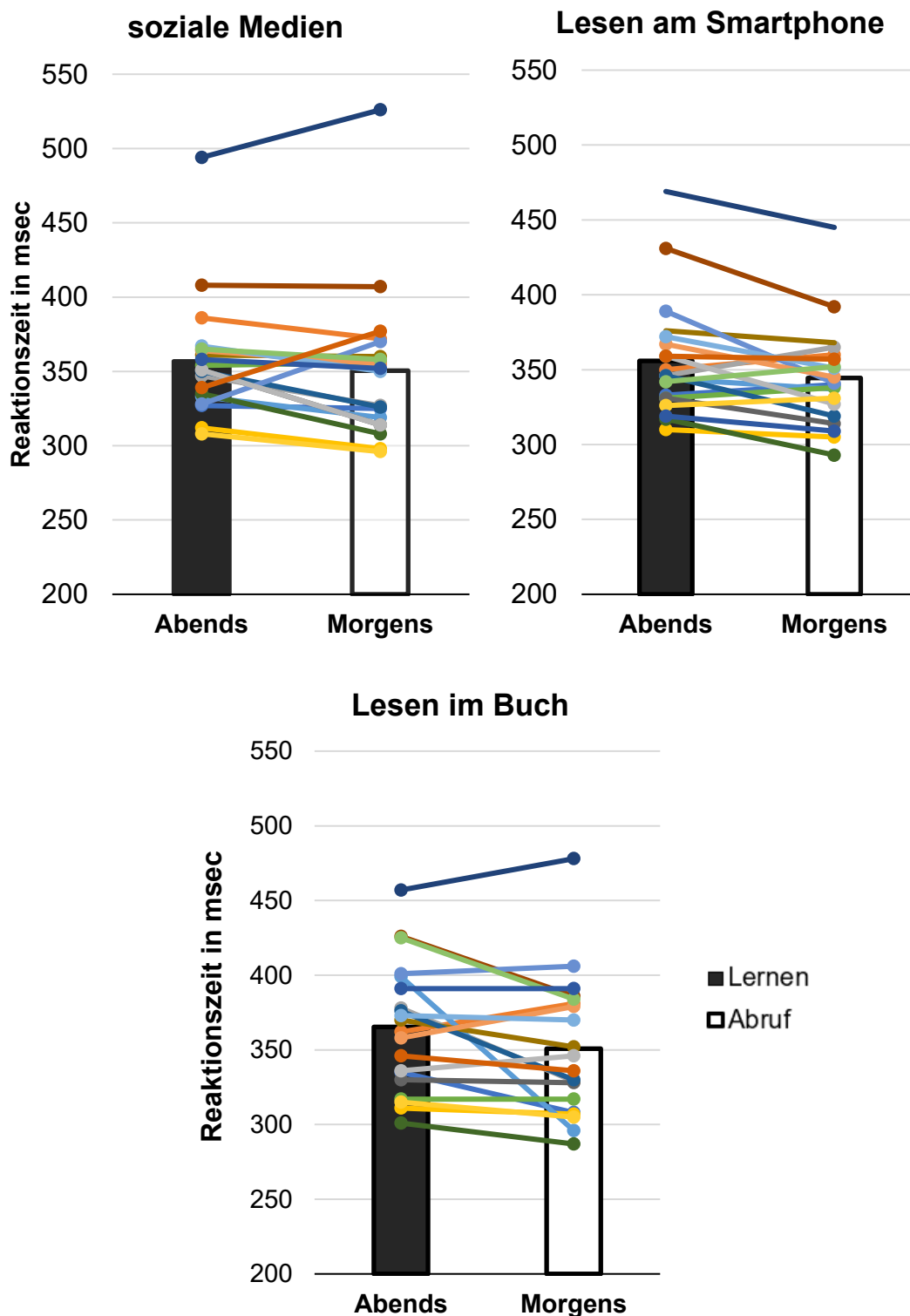


Abbildung 14: Reaktionszeit im PVT aufgeschlüsselt nach Proband:innen in min. Jede/r Proband:in wurde dabei eine eigene Farbe zugeteilt. Die Balken veranschaulichen die Mittelwerte. Zur anschaulicheren Darstellung beginnt die Y-Achse erst bei 200ms

Nach Ausschluss der Ausreißerin konnte eine Normalverteilung angenommen werden (nach Kolmogorov-Smirnov alle $p \geq .20$). Auch unter dem Ausschluss der Probandin gab es keinen signifikanten Unterschiede zwischen den drei Interventionsformen ($F(2,36)=1.417$, $p=.256$, $\eta_p^2=.073$, $n=19$). Die Sphärizität konnte angenommen werden (Mauchly-W=.796, $p=.144$). Zeitlich zeigte sich wiederum der oben dargestellte Haupteffekt ($F(1,18)=16.312$, $p<.001$, $\eta_p^2=.475$, $n=19$). Es zeigten sich keine Wechselwirkungen zwischen Bedingung und Zeitpunkt (Sphärizität angenommen, Mauchly-W=.910, $p=.448$; $F(2,36)=.559$, $p=.576$, $\eta_p^2=.030$, $n=19$)

Da sich die Interventionen bei (A) der abendlichen Vigilanztestung und (B) der morgendlichen Vigilanztestung nicht signifikant unterschieden, wurde davon ausgegangen, dass die Proband:innen zu den einzelnen Messzeitpunkten vergleichbar wach waren.

3.4.5 Interesse an den einzelnen Bedingungen

Nach jeder der drei Interventionen wurden die Studienteilnehmer:innen gefragt, wie schwer es Ihnen fiel aufzuhören und wie spannend sie die Aktivität fanden. Bei nicht normalverteilten Daten werden beide Variablen durch je einen Friedman Test ausgewertet. Dieser zeigt für die Spannung während der Aktivität keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen (Chi-Quadrat (2)=4.456, $p=.108$, $n=20$). Die Mittelwerte aller drei Bedingungen lagen zwischen 3 und 4 Punkten ($MW_{\text{soziale Medien}}=3.00$ ($SD=\pm .795$), $MW_{\text{Lesen am Smartphone}}=3.45$ ($SD=\pm .759$), $MW_{\text{Lesen im Buch}}=3.60$ ($SD=\pm 1.046$)), was auf einer 5-stufigen Likert-Skala für eine mittlere bis eher spannende Aktivität sprach.

Auch fiel es allen Proband:innen bei den drei Interventionen ähnlich schwer mit der Aktivität aufzuhören (Chi-Quadrat (2)=2.280, $p=.320$, $n=20$). Im Mittel wurden auf der 5-stufigen Likert-Skala 2 bis 3 Punkte vergeben ($MW_{\text{soziale Medien}}=2.10$ ($SD=\pm .852$), $MW_{\text{Buch am Smartphone}}=2.25$ ($SD=\pm 1.020$), $MW_{\text{lesen im Buch}}=2.50$ ($SD=\pm 1.277$). Den Proband:innen fiel es im Mittel *leicht* bis *mittel schwer* die Intervention zu beenden.

3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Es wurden insgesamt 20 Proband:innen im Alter von 12 bis 14 Jahren in die Studie eingeschlossen. Die Studienteilnehmer:innen waren mit einem IQ von 110.30 ($SD=13.99$) überdurchschnittlich intelligent. Im Alltag betrug die durchschnittliche tägliche Schlafdauer 533.68min ($SD=37.50$ min, $n=20$). Die tägliche Mediennutzung lag im Durchschnitt bei 150.21min ($SD=94.41$ min, $n=19$), wobei die Proband:innen am Wochenende Medien im Schnitt mit ca. 40min signifikant länger nutzten als unter der Woche (115.27min, $SD=70.75$) ($t(17)=-2,353$, $p=.031$, $n=18$). In der Compulsive Internet Use Scale (CIUS) zeigten sechs Kinder und Jugendliche mit einem Wert von >21 Hinweise auf eine problematische Internetnutzung.

Bei der Analyse der Schlafdynamik zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede bei den Einschlafzeiten nach den drei Interventionsformen (I) *Nutzung sozialer Medien*, (II) *Lesen am Smartphone* sowie (III) *Lesen in einem Buch* ($F(2,34)=3.024$, $p=.062$, $\eta_p^2=.151$). Es ist lediglich eine Tendenz erkennbar, dass die Kinder nach der Nutzung sozialer Medien länger brauchten, um einzuschlafen als nach den anderen beiden Interventionsformen. Die **erste Hypothese**, dass die Einschlafzeit nach der Nutzung sozialer Medien verlängert ist, konnte somit nicht bewiesen werden.

Zur Auswertung der Schlafarchitektur wurden die Parameter Gesamtschlaf, Tiefschlaf (SWS), Schlafphase 1 und 2 (S1, S2), Rapid-Eye-Movement (REM) Schlaf sowie SWS-Latenz und REM-Latenz analysiert. Der Gesamtschlaf war nach der Nutzung (I) *sozialer Medien* statistisch signifikant kürzer als nach den zwei Kontrollinterventionen ($F(2,26)=6.964$, $p=.004$, $\eta_p^2=.349$). Beim Tiefschlaf (SWS) zeigte sich lediglich in der absoluten Zeit eine statistisch signifikant kürzere Dauer nach der Nutzung (I) *sozialer Medien* im Vergleich zum (III) *Lesen in einem Buch* (Chi-Quadrat (2)=6.145, $p=.046$, $n=14$; Dunn-Bonferroni Post-hoc Test $p_{angepasst}=.042$). Dies konnte für das (II) *Lesen eines Buches am Smartphone* nicht gezeigt werden, auch wenn die absolute Zeit im Tiefschlaf im Mittel etwas länger war als nach der Nutzung (I) *sozialer Medien*. Die relative Zeit im SWS unterschied sich entgegen der Annahme in der **zweiten Hypothese** nicht statistisch signifikant zwischen den drei Interventionsformen (Chi-Quadrat (2)=1.782, $p=.410$, $n=14$). Die restlichen Schlafparameter zeigten sich unauffällig.

Die Gedächtnisaufgabe zeigte beim morgendlichen Abruf keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den drei Interventionsformen ($F(2,38)=1.044$, $p=.362$, $\eta_p^2=.052$). Die **dritte Hypothese**, dass nach der abendlichen Nutzung sozialer Medien die Abrufleistung der erinnerten Wortpaare im Vergleich zu den zwei Kontrollinterventionen schlechter ist, konnte nicht bewiesen werden. Es zeigten sich keine auffallenden linearen Zusammenhänge zwischen Schlafarchitektur und Gedächtnisleistung.

Die Schlafdauer in der Nacht vor der Messung zeigte statistisch signifikante Unterschiede zwischen den drei Interventionsformen ($F(2,38)=3.250$, $p=.05$, $\eta_p^2=.146$), im paarweisen Vergleich konnte allerdings kein statistisch signifikanter Unterschied ermittelt werden (alle $p \geq .143$). Eine lineare Korrelation über alle drei Bedingungen mit den Ergebnissen der Gedächtnisaufgabe oder den Schlafparametern konnte nicht gezeigt werden. In den anderen durchgeführten Kontrollaufgaben zur Müdigkeit, positivem und negativem Affekt sowie der kognitiven und somatischen Erregung (SSS, PANAS, PSAS) sowie den Lichtverhältnissen konnten keine Unterschiede zwischen den einzelnen Bedingungen (Nutzung (I) *sozialer Medien*, (II) *Lesen am Smartphone* und (III) *Lesen im Buch*) nachgewiesen werden, wodurch in den benannten Kategorien von vergleichbaren Versuchsbedingungen ausgegangen werden konnte.

4 Diskussion

Die durchgeführte Studie ging der Frage nach, ob sich die Nutzung von sozialen Medien vor dem Zubettgehen negativ auf die Schlafqualität und im Weiteren negativ auf die schlafabhängige, deklarative Gedächtniskonsolidierung bei Kindern und Jugendlichen zwischen 12 und 14 Jahren auswirkte (Sennock et al., 2024).

Bei jungen Erwachsenen konnte gezeigt werden, dass die Nutzung von sozialen Medien direkt vor dem Einschlafen zu Schlafproblemen führen kann (Levenson et al., 2017). Eine vorherige Studie mit Jugendlichen zeigte, dass sich Videospielen nach einer Lernphase negativ auf den prozentualen Anteil an Tiefschlaf auswirkte und es in Folge zur Abnahme der deklarativen Gedächtnisleistung kam (Dworak et al., 2007). Es wurde deshalb erwartet, dass es bei Kindern und Jugendlichen nach der Nutzung von sozialen Medien vor dem Nachtschlaf, analog zu den oben genannten Studien, zu einer prozentualen Abnahme der Tiefschlafphase (**Hypothese 2**) und in Folge davon zu einer schlechteren Gedächtnisleistung (**Hypothese 3**) käme (Sennock et al., 2024). Entgegen unseren Erwartungen zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Gedächtnisleistung zwischen den Bedingungen (I) *Nutzung sozialer Medien*, (II) *Lesen eines Buches am Smartphone* und (III) *Lesen eines Buches* (Sennock et al., 2024). Lediglich der absolute Anteil, nicht aber der relative Anteil am Tiefschlaf verringerte sich nach der Nutzung von sozialen Medien am Smartphone. Bei der Analyse der Schlafarchitektur fiel jedoch auf, dass die Gesamtschlafdauer nach der (I) *Nutzung sozialer Medien* statistisch signifikant kürzer war als nach (II) *dem Lesen am Smartphone* oder dem (III) *Lesen eines Buches*.

Durch vorangegangene Arbeiten (Pieters et al., 2014, Punamäki et al., 2007, Arora et al., 2014, Perrault et al., 2019) wurde erwartet, dass sich durch die Nutzung von Medien vor allem in der Stunde vor dem Schlaf, die Einschlaf latenz verlängern würde (**Hypothese 1**). Entgegen unseren Erwartungen konnte dies nicht gezeigt werden (Sennock et al., 2024). Es zeigte sich jedoch ein Trend, dass Kinder und Jugendliche nach der (I) *Nutzung sozialer Medien* länger brauchten, um einzuschlafen, als nach dem (II) *Lesen am Smartphones* und dem (III) *Lesen im Buch*.

4.1 Interpretation und klinische Relevanz

Entgegen unseren Erwartungen konnte unsere Studie nicht zeigen, dass die Einschlafzeit (**Hypothese 1**), der Tiefschlaf (**Hypothese 2**) sowie die Gedächtniskonsolidierung (**Hypothese 3**) durch die Nutzung von sozialen Medien direkt vor dem Einschlafen beeinflusst wurde (Sennock et al., 2024). Eine methodische Limitation, die die Einschlafzeit (**Hypothese 1**) beeinflusst haben könnte, könnte gewesen sein, dass wir im experimentellen Setting die Zeiten am Smartphone vorgegeben haben und dieses danach ausgeschaltet werden musste (Sennock et al., 2024). Dadurch könnte der emotionale Druck, der in vorhergehenden Studien beschrieben wurde, Nachrichten nicht rechtzeitig zu beantworten (Woods and Scott, 2016, Van den Bulck, 2003), minimiert worden sein. Zudem kann, analog zu Combertaldi et al. (2021) hypothetisiert werden, dass nicht der Konsum per se, sondern der verlängerte Konsum durch den fehlenden Endpunkt zum späteren Einschlafen führe. Im experimentellen Setting war ein fixer Endpunkt festgelegt. Es handelt sich bei dem experimentellen Studiendesign außerdem um eine einmalige Exposition. Man könnte annehmen, dass Effekte erst nach mehrfacher abendlicher Nutzung auftreten würden (genauere Ausführung unter 4.2 methodische Limitationen).

Bei der Einordnung der unveränderten Schlafarchitektur, vor allem der prozentual gleichbleibenden Tiefschlafphase (**Hypothese 2**), ist die Interpretation auf Grund der noch sehr dünnen und teilweise widersprüchlichen Datenlage schwer. Dworak et al. (2007) zeigten bei Kindern und Jugendlichen zwischen 12 und 14 Jahren, dass es nach der abendlichen Nutzung von Videospielen zu einer statistisch signifikanten Verminderung der Tiefschlafphase sowie zu einer Zunahme der Schlafphase 2 kam. Dies konnte nach dem Schauen eines Filmes nicht beobachtet werden. Higuchi et al. (2005) konnte in einem ähnlichen Studiendesign bei jungen männlichen Erwachsenen nach dem Spielen von Computerspielen am Abend eine verlängerte Einschlafzeit sowie eine reduzierte absolute Zeit im REM-Schlaf beobachten. Der Tiefschlaf blieb unverändert. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch King et al. (2013) bei 15 bis 17-jährigen männlichen Probanden. Combertaldi et al. (2021) zeigten bei jungen erwachsenen Frauen eine verminderte Schlafphase 2 nach dem 30-minütigen Konsum von sozialen Medien vor dem Schlafen. Die Tiefschlafphase wurde nicht beeinflusst. Da, wie dargestellt, in den vorangegangenen Arbeiten die Datenlage sehr variabel ist, und sich auch das Proband:innenkollektiv stark unterschied, bedarf es weitere

Arbeiten, um zu explorieren, ob eine Untergruppe besonders stark betroffen ist. Mögliche Untergruppen sind in Abschnitt 4.3 *Proband:innenkollektiv* aufgelistet.

Unsere letzte Hypothese (**Hypothese 3**), dass es zu einer verminderten Gedächtnisleistung käme, wurde als kausaler Handlungsstrang aus der verminderten prozentualen Tiefschlafzeit abgeleitet. Da eine verminderte prozentuale Tiefschlafzeit nicht gezeigt werden konnte, war in Folge auch nicht mit einer verminderten Gedächtnisleistung zu rechnen. Andere Arbeiten vertreten die Theorie, dass die Konsolidierung von Gedächtnisinhalten statt an den langsamen Oszillationen im SWS besser an der Dichte von Schlafspindeln gemessen werden kann (Gais et al., 2002). Eine genaue Spindelanalyse ist von unserer Arbeitsgruppe geplant (Sennock et al., 2024).

In der Datenanalyse fiel auf, dass es nach der Nutzung von (I) *sozialen Medien* zu einer verkürzten Gesamtschlafenszeit im Vergleich zum (II) *Lesen eines Buches am Smartphone* oder (III) *analog* kam. Die verkürzte Schlafdauer nach der Nutzung sozialer Medien wurde schon in früheren Studien beschrieben (Van den Bulck, 2007, Arora et al., 2014). In der Pubertät kommt es allgemein zu einem verbreiteten Schlafdefizit unter anderem durch *Nach-hinten-verschieben* des circadianen Rhythmus in Verbindung mit der Verpflichtung unter der Woche früh aufzustehen (Carskadon, 1990, Cain and Gradisar, 2010). Eine erhöhte abendliche Screentime vor allem direkt vor dem Schlafen verstärkt dies nochmal (Perrault et al., 2019). Van den Bulck (2007) zeigten in einer Längsschnittstudie unter belgischen Schülern, dass die Tagesmüdigkeit in Abhängigkeit von der Dauer der Smartphonenuutzung zunahm. Jugendliche gaben zudem an, nach der abendlichen und nächtlichen Smartphonenuutzung weniger zu schlafen und Schwierigkeiten zu haben, morgens aufzustehen (Pieters et al., 2014). Die Hälfte der von Pieters et al. (2014) befragten Jugendlichen gab an, sogar in der Schule Probleme zu haben wach zu bleiben. Eine eingeschränkte Schlafqualität und ausgeprägte Tagesmüdigkeit korrelierte mit schlechteren schulischen Leistungen (Dewald et al., 2010, Wolfson and Carskadon, 2003, Perrault et al., 2019). Neben der schlechteren Schlafqualität und der verkürzten Schlafdauer korrelierte eine vermehrte Nutzung sozialen Medien bei 11 bis 17-jährigen mit dem vermehrten Auftreten von Depressionen und Angststörungen sowie einem verringerten Selbstwertgefühl (Woods and Scott, 2016).

Gerade das Vorhandensein von technischen Geräten im Kinderzimmer verleitet Kinder und Jugendliche diese auch zu Nutzen (Cain and Gradisar, 2010). Wobei das Smartphone aktuell das am häufigsten von Kindern und Jugendlichen genutzte Item ist (Südwest, 2022). Elterliche Limitationen scheinen neben dem Nichtvorhandensein von technischem Equipment im Kinderzimmer eine protektive Funktion zu haben, um Schlafprobleme aufgrund von später Mediennutzung zu vermeiden (Pieters et al., 2014).

Die Thematik der Mediennutzung und deren Folgen unter Kinder und Jugendlichen hat in den letzten Jahren in der Allgemeinbevölkerung an Relevanz zugenommen. Durch die Corona Pandemie hat die Onlinenutzung im von der JIM-Studie erfassten Forschungsverbund Südwest über die Corona Jahre 2020 und 2021 stark zugenommen. Verbrachte ein Jugendlicher zwischen 12 und 19 Jahren im Jahr der meisten Messungen unserer Studie 2019 noch im Schnitt 205min online, waren es 2020 258min und 2021 241min. Die Dauer hat sich erfreulicherweise nach der Reduzierung der Coronamaßnahmen 2022 wieder auf das Niveau vor der Pandemie (204min) reduziert (Südwest, 2022). Erste Längsschnittbefragungen der DAK in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Suchtfragen des Kindes- und Jugendalters im Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf unter 824 Kinder und Jugendlichen zeigten, dass während des Lockdowns mehr soziale Medien und Onlinespiele konsumiert wurden (forsa.omninet, 2020). Zudem haben die elterlichen Limitationen während der Pandemie abgenommen. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass die Prävalenz von Mediensucht und problematischer Internetnutzung in den Coronajahren zugenommen hat (forsa.omninet, 2020). Die exzessive Internetnutzung korreliert bei Heranwachsenden unter anderem mit einigen psychischen Erkrankungen wie Depressionen (Ha et al., 2007), Angststörungen (Shapira et al., 2003, Demirci et al., 2015), ADHS (Floros et al., 2014) sowie selbstverletzendem Verhalten (Lam et al., 2009). Zudem wird eine schlechtere Konzentrationsfähigkeit beschrieben, es werden schlechtere schulische Leistungen erreicht und es kommt zu Schlafproblemen bis hin zu Schlafstörungen (Hale and Guan, 2015, Barry et al., 2017, Jacobsen and Forste, 2011). Diese weitreichenden Folgen sind auch bei der exzessiven Nutzung von Smartphones zu beobachten (Demirci et al., 2015). Gerade bei der Nutzung von sozialen Medien wurden negative gesundheitliche Auswirkungen wie Schlafprobleme und Ängstlichkeit und ein verringertes Selbstwertgefühl beobachtet (Barry et al., 2017). Jugendliche, die vom Chronotyp her eher abends aktiv sind, weisen eine größere

Tendenz auf, ein abhängiges Smartphoneverhalten zu zeigen (Randler et al., 2016). Die große öffentliche Debatte zeigt die Relevanz der Thematik. Es bedarf weiterer Studien zum Einfluss der Smartphonennutzung insbesondere der Onlinezeiten auf die Entwicklung von Kindern und Jugendlichen.

4.2 Methodische Limitationen

Bislang gab es wenige Studien, die sich mit Polysomnographie in Verbindung mit der Nutzung von Medienangeboten vor dem Schlafen befassten und deren Auswirkungen auf die Schlafarchitektur ergründeten (Dworak et al., 2007, Combertaldi et al., 2021). Die meisten Studien, die den Einfluss der Nutzung von Medien auf das Schlafverhalten von Kindern und Jugendlichen untersuchten, nutzten Fragebögen (Pieters et al., 2014, Woods and Scott, 2016, Punamäki et al., 2007, Arora et al., 2014) und waren deshalb subjektiv, und durch persönliche Erwartungen der Proband:innen beeinflusst. Das experimentelle Setting beinhaltet aber auch Limitationen. Durch unser Studiendesign wurde die Länge der einzelnen Interventionen mit 45min vorgegeben (Sennock et al., 2024). In vorhergegangenen Studien konnte unter anderem gezeigt werden, dass es nach der Nutzung von Medien zu einer *Nach-hinten-Verschiebung* der Einschlafzeit kam (Pieters et al., 2014, Cain and Gradisar, 2010, Van den Bulck, 2004, Perrault et al., 2019). Dies war oftmals der Fall, weil die Aktivität keinen fixen Endpunkt hatte (Van den Bulck, 2004) und die Proband:innen Schwierigkeiten hatten, das Gerät, vor allem das Smartphone, auszuschalten (Arora et al., 2014). Auch eine von Combertaldi et al. (2021) zuletzt veröffentlichte Studie kommt zu der Annahme, dass nicht der Konsum von sozialen Medien per se, sondern das *Nicht-beenden-können* zu einer verlängerten Einschlaflatenz führte. In unserem experimentellen Setting war das Smartphone nachts nicht verfügbar (Sennock et al., 2024). Van den Bulck (2007) fanden heraus, dass aber gerade im Bett das Smartphone viel genutzt wurde. Die Mehrheit der Jugendlichen surfte noch nach dem Löschen des Lichtes in der Nacht im Internet (Mesquita and Reimão, 2007). Dies könnte ein Grund für die schlechtere Schlafqualität sein, die in vorhergehenden Arbeiten beschrieben wurde (Pieters et al., 2014, Woods and Scott, 2016, Cain and Gradisar, 2010, Van den Bulck, 2007, Perrault et al., 2019), von uns aber nicht beobachtet werden konnte (Sennock et al., 2024).

Die Art der sozialen Mediennutzung war in unserem Studiendesign freigestellt. Die Kinder konnten aktive Interaktionsmedien wie Messenger Dienste nutzen, aber auch

passiv Inhalte wie YouTube etc. konsumieren. In anderen Studien, wie zum Beispiel von Combertaldi et al. (2021), wurde die Nutzung sozialer Medien auf einzelne Teilbereiche reduziert. In den von Ihnen durchgeführten Studie wurden lediglich die aktiven Messenger Dienste WhatsApp und Snapchat zugelassen. Gerade interaktive Medien werden verdächtigt, das Schlafverhalten zu beeinflussen (Levenson et al., 2017, Hale and Guan, 2015). In weiterführenden Studien könnte eine weitere Einschränkung sinnvoll sein.

In unserem Studiendesign wurden die Kinder und Jugendlichen einmalig mit sozialen Medien vor dem Schlafengehen konfrontiert. Vorhergehende Studien, die eine negative Auswirkung der abendlichen und nächtlichen Nutzung des Smartphones darstellten (Arora et al., 2014, Van den Bulck, 2007), erfragen das Alltagsverhalten der Kinder, weshalb die Hypothese aufgestellt werden könnte, dass nicht der einmalige, sondern der mehrfache Medienkonsum vor dem Einschlafen die Schlafarchitektur und die Einschlaf latenz beeinflussen könnte.

Zudem wurde das Proband:innenkollektiv nicht nochmal in Untergruppen unterteilt (*siehe 4.3*).

Zu betonen sind auch die technischen Ausfälle bei einigen Aufzeichnungen der Schlafdaten (genaue Auflistung siehe Ergebnisteil). Dies hatte zur Folge, dass die Fallzahl in der Auswertung im Bereich der Schlafarchitektur mit $n=14$ und der Einschlaf latenz mit $n=18$ deutlich reduziert war. Dadurch ist die Teststärke reduziert. Die Auswertung der Schlafdaten erfolgte zudem nicht immer an der gleichen Ableitung. Gemessen zur Referenzelektrode Cz wurden die Ableitungen C3 und C4 bevorzugt, es musste aber teilweise durch technische Ausfälle auf die frontalen oder parietalen Ableitungen ausgewichen werden. Campbell and Feinberg (2009) beobachteten, dass die Delta Amplitude über dem frontalen Cortex bei Heranwachsenden am stärksten ist. Dies könnte das Ergebnis verfälscht haben.

Das Lernen von Wortpaaren wurde schon von vorhergehenden Studien als Gedächtnisaufgabe genutzt (Plihal and Born, 1997, Marshall et al., 2006, Wang et al., 2017) um unter anderem die deklarative Gedächtniskonsolidierung im Tiefschlaf zu detektieren. In der von uns durchgeführten Studie wurden keine signifikanten Unterschiede in der prozentualen Länge des Tiefschlafes gefunden. Lineare Korrelationen zwischen prozentualer Tiefschlafdauer und Abrufleistung konnten nicht

dargestellt werden. Es könnte hinterfragt werden, ob die Gedächtnisaufgabe sensitiv genug ist, um auch kleine Unterschiede zu erfassen.

4.3 Proband:innenkollektiv

Bei dem Proband:innenkollektiv handelte es sich vor allem um Gymnasiast:innen ($n=18$, 2 Gesamtschüler:innen). Der durchschnittliche IQ lag überdurchschnittlich bei 110.30 ($SD=13.99$). In einer zuletzt während der Corona-Pandemie 2020 durchgeführten Längsschnittstudie der DAK-Gesundheit zeigte sich, dass Kinder mit niedrigem bis mittleren realistisch angestrebtem Schulabschluss in Mittel mehr Zeit mit sozialen Medien und Computerspielen verbrachten, als Kindern mit angestrebtem Abitur (forsa.omninet, 2020).

In unserem Studiendesign wurde bei der Auswertung zudem nicht nach Geschlecht, täglicher Mediennutzung sowie Pubertätsstatus unterschieden. Es gibt Hinweise darauf, dass Mädchen mehr dazu tendieren, Schlafprobleme aufgrund der Nutzung von Kommunikationsformen am Smartphone zu bekommen als Jungen (Punamäki et al., 2007). Sie nutzen diese Form der Mediennutzung im Kindes- und Jugendalter häufiger, wohingegen Jungen eher zu Computerspielen tendieren (Südwest, 2022, Punamäki et al., 2007, forsa.omninet, 2020). Insgesamt war in unserer Studie bei männlichen Studienteilnehmern die Screentime höher als bei weiblichen (162.71min ($SD=85.85$) vs. 98.21min ($SD=58.01$)). Die Proband:innen verbrachten im Vergleich zur den befragten Kindern und Jugendlichen der JIM-Studie aus dem Jahre der Messungen 2019 im Mittel weniger Zeit vor Medien (150.21min ($SD=94.41$) vs. 205min). In der JIM-Studie wird jedoch nicht nach Alter differenziert und es fließen 12 bis 19-jährige in die Auswertung ein (Südwest, 2019). Gerade eine längere Screentime könnte einen Einfluss auf die Schlafqualität bei Heranwachsenden haben (Woods and Scott, 2016, Punamäki et al., 2007). In der Compulsive Internet Use Scale (CIUS) zeigten sechs Kinder und Jugendliche mit einem Wert von >21 Hinweise auf eine problematische Internetnutzung. Dies entspricht 30% der Proband:innen. Hier wäre es sinnvoll gewesen, die DSM-5 Kriterien für *Internet Gaming Disorder* (IGD) (Association, 2013) oder die ICD-11 Kriterien für *Gaming Disorder* (WHO, 2022) abzufragen, um eine krankhafte Internetnutzung auszuschließen. Beim Pittsburgh-Schlafqualität-Index (PSQI) zählten 3 der 20 Kinder- und Jugendliche mit einem Wert > 5 als *schlechte Schläfer* (Buysse et al., 1989, Woods and Scott, 2016). Es gibt

Korrelationen, dass *schlechte Schläfer* mehr soziale Medien nutzen, wobei dabei die Richtung der Kausalität unklar ist (Woods and Scott, 2016).

Auch der Pubertätsstatus könnte einen Einfluss auf das Schlafverhalten der Proband:innen haben. Kinder mit einem Tanner Stadium 1 schlafen tendenziell zu einer früheren Uhrzeit und entwickeln früher einen Schlafdruck als Jugendliche im Stadium Tanner 5 (Taylor et al., 2005). In der durchgeführten Studie befanden sich die meisten Kinder ($n=14$) zwischen Tanner 3 und Tanner 4. Die Zubettgehzeit wurde zwar im Studiendesign berücksichtigt, die Einschlaf latenz könnte aber je nach Pubertätsstand variieren. Kinder mit früher oder beginnender Pubertät schlafen tendenziell schneller ein, als Jugendliche mit fortgeschrittener oder abgeschlossener Pubertät (Taylor et al., 2005).

Zudem spielt es bei der Nutzung von Medien eine Rolle, ob es Limitationen durch die Eltern gibt. Jugendliche, die keine Einschränkungen durch die Bezugspersonen hatten, konsumierten bis zu drei Stunden mehr Medien als welche mit Limitationen (Pieters et al., 2014). Zudem wird die Einschlaf latenz verlängert. Dieser Effekt zeigte sich bei einer in Belgien durchgeführten Studie vor allem bei der Nutzung von Computer und Fernseher, nicht aber bei der Nutzung des Smartphones (Pieters et al., 2014).

Zuletzt beeinflusst schon das Vorhandensein von technischen Geräten die Schlafqualität von Kindern und Jugendlichen. Je mehr Geräte im Kinderzimmer verfügbar waren, desto später schliefen die Kinder und Jugendlichen ein (Van den Bulck, 2004) und desto geringer war die absolute Schlafenszeit (Arora et al., 2014). In der von uns durchgeführten Studie hatten Proband:innen im Schnitt 2 ($SD=.96$) technische Geräte (Smartphone, Fernseher, Computer, Konsolen, Musikanlagen etc.) im Zimmer. Kein/e Teilnehmer:in gab an, im Alltag keine Geräte im Kinderzimmer zu haben.

Es bedarf weiterer Studien, um abzuklären, ob nur einzelne Untergruppen von Kindern und Jugendlichen ein schlechteres Schlafverhalten nach der Nutzung sozialer Medien zeigen. Dabei könnte in den oben genannten Kategorien, z.B. nach Geschlecht, Pubertätsstatus und nach Dauer der Screentime unterschieden werden. Zudem bedarf es Studien, die Kinder und Jugendlichen mit einer diagnostizierten pathologischen Internetnutzung mit gesunden Proband:innen vergleicht.

4.4 Ausblick

In unserer Studie konnten wir bei 12 bis 14-jährigen Kindern und Jugendlichen zeigen, dass sich die Gesamtschlafenszeit nach der Nutzung von sozialen Medien am Abend verkürzt. In unserem Studiendesign blieb aber, entgegen unseren Erwartungen, die Einschlaf latenz und die Schlafarchitektur größtenteils unbeeinflusst. Auf dem Gebiet der Auswirkung der Smartphonennutzung auf das Schlafverhalten von Kindern und Jugendlichen gibt es bislang kaum Studien, die mit objektiven Messverfahren wie Polysomnographie oder Aktigraphie arbeiteten (Combertaldi et al., 2021, Perrault et al., 2019, Sennock et al., 2024). Durch Befragungen von Kindern und Jugendlichen sowie deren Eltern zeigten mehrere Arbeiten, dass die abendliche Nutzung von Smartphones zum späteren Einschlafen führe, und die Schlafqualität beeinflusse (Arora et al., 2014, Van den Bulck, 2007). Die in dieser Studie gezeigte verkürzte Gesamtschlafenszeit legt nahe, dass die abendliche Smartphonennutzung bei Kindern- und Jugendlichen limitiert werden sollte. Protektiv scheint das Nichtvorhandensein vom Smartphone am Bett (Combertaldi et al., 2021) sowie elterliche Limitationen zu sein (Pieters et al., 2014). In der S2k-Leitlinie zur Prävention dysregulierten Bildschirmmediengebrauchs in Kindheit und Jugend wird durch die DGKJ empfohlen, die tägliche Mediennutzung bei 12 bis 14-Jährigen auf maximal ein bis zwei Stunden täglich zu limitieren. Dabei sollte nach 21 Uhr keine Bildschirmzeit mehr erfolgen. Zudem wird Eltern geraten, Altersempfehlungen einzuhalten und die Jugendlichen bei der Medienauswahl zu begleiten und in Gesprächen die Medieninhalte und das Nutzungsverhalten gemeinsam zu evaluieren (DGKJ, 2022).

Es bedarf dringend weiterer experimenteller Studien mit objektiven Messverfahren, die untersuchen, ob bestimmte Personengruppen von der abendlichen Nutzung sozialer Medien besonders beeinflusst werden (Sennock et al., 2024). Dabei könnte z.B. nach Geschlecht, Alter, elterlichen Limitationen und Pubertätsstand unterschieden werden. Zudem könnte die Nutzungszeit freigestellt werden. Es sollte abgeklärt werden, ob Kinder und Jugendliche mit diagnostizierter *problematischer Internetnutzung* eher Schlafprobleme und im weiteren Schulprobleme aufweisen als welche ohne.

5 Zusammenfassung

Viele Kinder und Jugendlichen besitzen und nutzen heutzutage ein Smartphone. Im Jahre der Hauptmessungen 2019 besaßen 93% der über 12-jährigen im Forschungsverbund Südwest ein eigenes Smartphone. Eine der häufigsten Nutzungsformen war die Nutzung von sozialen Interaktionsmedien. Vorangehende Studien zeigen einen Zusammenhang zwischen Mediennutzung (Fernseher, Computer, Video-Spiele, Smartphones und nicht näher spezifiziert) und reduzierter Schlafdauer. Ausreichend Schlaf spielt jedoch besonders im sich entwickelnden Gehirn eine erhebliche Rolle. Sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen unterstützt Schlaf die Konsolidierung von deklarativen Gedächtnisinhalten. Die Auswirkung der Nutzung von sozialen Interaktionsmedien vor dem Zubettgehen auf das sich entwickelnde Gehirn war Ziel dieser Studie. Es wurden die Hypothesen aufgestellt, dass sich nach der Nutzung von sozialen Medien vor dem Zubettgehen die Einschlaf latenz verlängert (Hypothese 1), der Tiefschlaf reduziert (Hypothese 2) und sich infolgedessen die deklarative Gedächtnisbildung verschlechtert (Hypothese 3).

Zur Untersuchung der Fragestellung wurden 20 gesunde Mädchen und Jungen im Alter von 12 bis 14 Jahren an jeweils 3 Testnächten getestet. Die Kinder und Jugendlichen nutzten nach einer Lernphase, vor dem Zu-Bett-gehen, 45 Minuten lang (I) *soziale Medien am Smartphone*, (II) *lasen in einem Buches am Smartphone* oder (III) *lasen ein Buch*. Es handelte sich um ein Within Design, die Reihenfolge der Interventionen erfolgte randomisiert und balanciert. Erfasst wurde die Gedächtnisleistung anhand des Lernens von Wortpaaren vor dem Zubettgehen, die nach der nächtlichen Schlafphase abgerufen wurden. Die Schlafarchitektur wurde anhand von Polysomnographie erfasst. Dabei wurden die Parameter Einschlaf latenz, Gesamtschlaf, Tiefschlaf (SWS), Schlafphase 1 und 2 (S1, S2), rapid eye movement (REM) Schlaf sowie SWS-Latenz und REM-Latenz analysiert. Als Kontrollaufgaben wurde eine Vigilanztestung durchgeführt sowie diverse Fragebögen bearbeitet.

Entgegen unseren Erwartungen konnte nicht gezeigt werden, dass die Einschlaf latenz, der prozentuale Tiefschlaf sowie die Gedächtnisleistung zwischen den drei Interventionsformen statistisch signifikant variierte. Bei der Einschlaf latenz zeigte sich ein Trend, dass die Kinder und Jugendlichen nach der Nutzung von sozialen Medien etwas länger brauchten, um einzuschlafen, als nach den Kontrollinterventionen. Auch die absolute Zeit im Tiefschlaf war nach der Nutzung sozialer Medien statistisch

signifikant kürzer als nach dem Lesen im Buch. Es zeigte sich zusätzlich eine statistisch signifikant verkürzte Gesamtschlafenszeit nach der Nutzung (I) *sozialer Medien* im Vergleich zum (II) *Lesen am Smartphone* oder (III) *Lesen eines Buches*. Durch die durchgeführten Kontrollaufgaben konnten von vergleichbaren Bedingungen ausgegangen werden.

Auf Grund der noch sehr dünnen Studienlage mit objektiven Messverfahren wie Polysomnographie oder Aktigraphie sind noch weitere Untersuchungen nötig, um die Ergebnisse besser einordnen zu können. In unserem Studiendesign wurde beispielsweise die Nutzungszeit festgelegt. Dies könnte die Einschlaf latenz positiv beeinflusst haben, die in vorangegangenen Arbeiten nach der Nutzung von sozialen Medien verlängert war. Zudem sollte die Proband:innen nochmals in Subgruppen unterteilt werden. Die verkürzte Gesamtschlafenszeit legt nahe, dass die abendliche Smartphonenu tzung bei Kindern- und Jugendlichen limitiert werden sollte, wobei die Ergebnisse bei verringerter Stichprobengröße durch technischen Ausfällen vorsichtig zu deuten sind.

Literaturverzeichnis

- ACHENBACH, T. M. 1991. *Integrative guide for the 1991 CBCL/4-18, YSR, and TRF profiles*, Department of Psychiatry, University of Vermont.
- ARORA, T., BROGLIA, E., THOMAS, G. N. & TAHERI, S. 2014. Associations between specific technologies and adolescent sleep quantity, sleep quality, and parasomnias. *Sleep medicine*, 15, 240-247.
- ASSOCIATION, A. P. 2013. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®)*, American Psychiatric Pub.
- BARRY, C. T., SIDOTI, C. L., BRIGGS, S. M., REITER, S. R. & LINDSEY, R. A. 2017. Adolescent social media use and mental health from adolescent and parent perspectives. *Journal of Adolescence*, 61, 1-11.
- BEAR, C., PARADISO 2016. *Neurowissenschaften*, Springer Spektrum, Engel.
- BMG, G. D. D. B. 2020. *Leporello Kinderärztliche Empfehlungen zur Mediennutzung* [Online]. https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/5_Publikationen/Drogen_und_Sucht/Berichte/Broschuere/Leporello_Empfehlungen_zum_Bildschirmmedienkonsum_bf.pdf: Bundesgesundheitsministerium. [Accessed Dezember.2020 2020].
- BRADLEY, M. M. & LANG, P. J. 1994. Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. *J Behav Ther Exp Psychiatry*, 25, 49-59.
- BUYSSE, D. J., REYNOLDS, C. F., MONK, T. H., BERMAN, S. R. & KUPFER, D. J. 1989. The Pittsburgh sleep quality index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28, 193-213.
- BUZSÁKI, G. 1996. The hippocampo-neocortical dialogue. *Cerebral cortex*, 6, 81-92.
- BVKJ, B. D. K.-U. J. I. 2023. *Safer Internet Day am 07.Februar 2023: Berufsverband der Kinder- und Jugendärzte fordert "Bildschirmfrei bis 3"* [Online]. <https://www.bvkj.de/politik-und-presse/nachrichten/300-2023-02-06-safer-internet-day-am-07-februar-2023>: Pressemitteilung Köln. [Accessed 06.02.2023].
- C H BAILEY, A. & KANDEL, E. R. 1993. Structural Changes Accompanying Memory Storage. *Annual Review of Physiology*, 55, 397-426.
- CAIN, N. & GRADISAR, M. 2010. Electronic media use and sleep in school-aged children and adolescents: A review. *Sleep Medicine*, 11, 735-742.
- CAMPBELL, I. G. & FEINBERG, I. 2009. Longitudinal trajectories of non-rapid eye movement delta and theta EEG as indicators of adolescent brain maturation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 5177-5180.
- CARSKADON, M. A. 1990. Patterns of sleep and sleepiness in adolescents. *Pediatrician*, 17, 5-12.
- CARSKADON, M. A. & ACEBO, C. 2002. Regulation of sleepiness in adolescents: update, insights, and speculation. *Sleep*, 25, 606-614.
- CHRISTENSEN, R. H. B. 2019. Regression models for ordinal data [R package ordinal version 2019.12-10].
- COMBERTALDI, S. L., ORT, A., CORDI, M., FAHR, A. & RASCH, B. 2021. Pre-sleep social media use does not strongly disturb sleep: a sleep laboratory study in healthy young participants. *Sleep Medicine*, 87, 191-202.
- CROWLEY, S. J., ACEBO, C. & CARSKADON, M. A. 2007. Sleep, circadian rhythms, and delayed phase in adolescence. *Sleep Medicine*, 8, 602-612.
- DASEKING, M., PETERMANN, U. & PETERMANN, F. 2007. Intelligenzdiagnostik mit dem HAWIK-IV. *Kindheit und Entwicklung*, 16, 250-259.
- DE ZAMBOTTI, M., COVASSIN, N., DE MIN TONA, G., SARLO, M. & STEGAGNO, L. 2011. Sleep onset and cardiovascular activity in primary insomnia. *J Sleep Res*, 20, 318-25.
- DEMIRCI, K., AKGÖNÜL, M. & AKPINAR, A. 2015. Relationship of smartphone use severity with sleep quality, depression, and anxiety in university students. *Journal of Behavioral Addictions*, 4, 85-92.

- DEWALD, J. F., MEIJER, A. M., OORT, F. J., KERKHOF, G. A. & BÖGELS, S. M. 2010. The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. *Sleep medicine reviews*, 14, 179-189.
- DGKJ, D. G. F. K.-U. J. E. V. 2022. *SK2-Leitlinie: Leitlinie zur Prävention dysregulierten Bildschirmmediengebrauchs in der Kindheit und Jugend* [Online]. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/027-07>. [Accessed 15.07.2023 1. Auflage 2022].
- DIEKELMANN, S. & BORN, J. 2010. The memory function of sleep. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 114.
- DINGES, D. F., POWELL, J. W. J. B. R. M., INSTRUMENTS, & COMPUTERS 1985. Microcomputer analyses of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations. 17, 652-655.
- DORRIAN, J., ROGERS, N. L. & DINGES, D. F. 2005. *Psychomotor vigilance performance: Neurocognitive assay sensitive to sleep loss*. Marcel Dekker New York, NY.
- DWORAK, M., SCHIERL, T., BRUNS, T. & STRÜDER, H. K. 2007. Impact of Singular Excessive Computer Game and Television Exposure on Sleep Patterns and Memory Performance of School-aged Children. *Pediatrics*, 120, 978-985.
- EGGERMONT, S. & VAN DEN BULCK, J. 2006. Nodding off or switching off? The use of popular media as a sleep aid in secondary-school children. *Journal of paediatrics and child health*, 42, 428-433.
- ESSER, G., HÄNSCH-OELGART, S. & SCHMITZ, J. 2018. TBS-TK-Rezension. 69, 144-146.
- FAUL, F., ERDFELDER, E., LANG, A. G. & BUCHNER, A. 2007. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*, 39, 175-91.
- FEINBERG, I., THODE JR, H., CHUGANI, H. & MARCH, J. 1990. Gamma distribution model describes maturational curves for delta wave amplitude, cortical metabolic rate and synaptic density. *Journal of theoretical biology*, 142, 149-161.
- FLOROS, G., SIOMOS, K., STOGIANNIDOU, A., GIOUZEPAS, I. & GARYFALLOS, G. 2014. Comorbidity of psychiatric disorders with Internet addiction in a clinical sample: The effect of personality, defense style and psychopathology. *Addictive behaviors*, 39, 1839-1845.
- FORSA.OMNINET 2020. Mediensucht 2020 - Gaming und Social Media in Zeiten von Corona. *DAK-Längsschnittstudie: Befragung von Kindern, Jugendlichen (12-17 Jahre) und deren Eltern*. DAK: DAK Forschung.
- GAIS, S., ALBOUY, G., BOLY, M., DANG-VU, T. T., DARSAUD, A., DESSEILLES, M., RAUCHS, G., SCHABUS, M., STERPENICH, V. & VANDEWALLE, G. 2007. Sleep transforms the cerebral trace of declarative memories. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, 18778-18783.
- GAIS, S., MÖLLE, M., HELMS, K. & BORN, J. 2002. Learning-dependent increases in sleep spindle density. *Journal of Neuroscience*, 22, 6830-6834.
- GIEDD, J. N., BLUMENTHAL, J., JEFFRIES, N. O., CASTELLANOS, F. X., LIU, H., ZIJDENBOS, A., PAUS, T., EVANS, A. C. & RAPOPORT, J. L. 1999. Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience*, 2, 861-863.
- GIESELMANN, A., JONG-MEYER, R. D. & PIETROWSKY, R. 2012. Kognitive und körperliche Erregung in der Phase vor dem Einschlafen. *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie*, 41, 73-80.
- GREEN, M. W. & ROGERS, P. J. 1998. Impairments in working memory associated with spontaneous dieting behaviour. *Psychological Medicine*, 28, 1063-1070.
- GUERTLER, D., RUMPF, H. J., BISCHOF, A., KASTIRKE, N., PETERSEN, K. U., JOHN, U. & MEYER, C. 2014. Assessment of Problematic Internet Use by the Compulsive Internet Use Scale and the Internet Addiction Test: A Sample of Problematic and Pathological Gamblers. *European Addiction Research*, 20, 75-81.

- HA, J. H., KIM, S. Y., BAE, S. C., BAE, S., KIM, H., SIM, M., LYOO, I. K. & CHO, S. C. 2007. Depression and Internet addiction in adolescents. *Psychopathology*, 40, 424-30.
- HAGER, W. & HASSELHORN, M. 1994. *Handbuch deutschsprachiger Wortnormen*, Göttingen; Seattle, Hogrefe.
- HALE, L. & GUAN, S. 2015. Screen time and sleep among school-aged children and adolescents: A systematic literature review. *Sleep Medicine Reviews*, 21, 50-58.
- HEITMANN, J., CASSEL, W., PLOCH, T., CANISIUS, S., KESPER, K. & APELT, S. J. B.-G.-G. 2011. Messung von Schlafdauer und Schlafqualität. 54, 1276-1283.
- HIGUCHI, S., MOTOHASHI, Y., LIU, Y. & MAEDA, A. 2005. Effects of playing a computer game using a bright display on presleep physiological variables, sleep latency, slow wave sleep and REM sleep. *J Sleep Res*, 14, 267-73.
- HILL, C. M., HOGAN, A. M. & KARMILOFF-SMITH, A. 2007. To sleep, perchance to enrich learning? *Archives of Disease in Childhood*, 92, 637-643.
- HODDES, E., ZARCONI, V. & DEMENT, W. 1972. Development and Use of Stanford Sleepiness Scale (Sss). *Psychophysiology*, 9, 150-&.
- HUBER, R. & BORN, J. 2014. Sleep, synaptic connectivity, and hippocampal memory during early development. *Trends Cogn Sci*, 18, 141-52.
- HUTTENLOCHER, P. R. 1979. Synaptic density in human frontal cortex-developmental changes and effects of aging. *Brain Res*, 163, 195-205.
- IGLOWSTEIN, I., JENNI, O. G., MOLINARI, L. & LARGO, R. H. 2003. Sleep duration from infancy to adolescence: reference values and generational trends. *Pediatrics*, 111, 302-307.
- IMERI, L. & OPP, M. R. 2009. How (and why) the immune system makes us sleep. *Nature Reviews Neuroscience*, 10, 199-210.
- INOUE, S.-I. & KAWAMURA, H. 1979. Persistence of circadian rhythmicity in a mammalian hypothalamic "island" containing the suprachiasmatic nucleus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 76, 5962-5966.
- JACOBSEN, W. C. & FORSTE, R. 2011. The wired generation: Academic and social outcomes of electronic media use among university students. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14, 275-280.
- JENNI, O. G. & CARSKADON, M. A. 2004. Spectral analysis of the sleep electroencephalogram during adolescence. *Sleep*, 27, 774-783.
- KARACAN, I., ANCH, M., THORNBURY, J. I., OKAWA, M. & WILLIAMS, R. L. 1975. Longitudinal sleep patterns during pubertal growth: four-year follow-up. *Pediatric research*, 9, 842.
- KING, D. L., GRADISAR, M., DRUMMOND, A., LOVATO, N., WESSEL, J., MICIC, G., DOUGLAS, P. & DELFABBRO, P. 2013. The impact of prolonged violent video-gaming on adolescent sleep: an experimental study. *Journal of Sleep Research*, 22, 137-143.
- KLINZING, J. G., NIETHARD, N. & BORN, J. 2019a. Mechanisms of systems memory consolidation during sleep. *Nat Neurosci*, 22, 1598-1610.
- KLINZING, J. G., NIETHARD, N. & BORN, J. 2019b. Publisher Correction: Mechanisms of systems memory consolidation during sleep. *Nat Neurosci*, 22, 1743-1744.
- KROHNE, H. W., EGLOFF, B., KOHLMANN, C.-W. & TAUSCH, A. 1996. Untersuchungen mit einer deutschen version der "positive and negative affect schedule"(PANAS). *Diagnostica-Göttingen*, 42, 139-156.
- KUHN, J.-T., HOLLING, H. & FREUND, P. A. 2008. Begabungsdiagnostik mit dem Grundintelligenztest (CFT 20-R). *Diagnostica*, 54, 184-192.
- LAM, L. T., PENG, Z., MAI, J. & JING, J. 2009. The association between internet addiction and self-injurious behaviour among adolescents. *Inj Prev*, 15, 403-8.
- LENHART, A., LING, R., CAMPBELL, S. & PURCELL, K. 2010. Teens and mobile phones: Text messaging explodes as teens embrace it as the centerpiece of their communication strategies with friends. *Pew Internet & American Life Project*.
- LEPROULT, R. & VAN CAUTER, E. 2010. *Role of Sleep and Sleep Loss in Hormonal Release and Metabolism*.

- LEVENSON, J. C., SHENSA, A., SIDANI, J. E., COLDITZ, J. B. & PRIMACK, B. A. 2017. Social Media Use Before Bed and Sleep Disturbance Among Young Adults in the United States: A Nationally Representative Study. *Sleep*, 40, zsx113-zsx113.
- LEWY, A. J., WEHR, T. A., GOODWIN, F. K., NEWSOME, D. A. & MARKEY, S. 1980. Light suppresses melatonin secretion in humans. *Science*, 210, 1267-1269.
- LOOMIS, A. L., HARVEY, E. N. & HOBART, G. A. 1937. Cerebral states during sleep, as studied by human brain potentials. *Journal of experimental psychology*, 21, 127.
- MANFRED DÖPFNER, J. P., CLAUDIA KINNEN, ARBEITSGRUPPE DEUTSCHE CHILD BEHAVIOR CHECKLISTE 2014. *CBCL/6-18R, TRF/6-18R, YSR/11-18R Deutsche Schulalter-Formen der Child Behavior Checkliste von Thomas M. Aschenbach*, HOGREFE.
- MARSHALL, L., HELGADÓTTIR, H., MÖLLE, M. & BORN, J. 2006. Boosting slow oscillations during sleep potentiates memory. *Nature*, 444, 610-613.
- MEERKERK, G.-J., EIJNDEN, R. J. J. M. V. D., VERMULST, A. A. & GARRETSEN, H. F. L. 2009a. The Compulsive Internet Use Scale (CIUS): Some Psychometric Properties. 12, 1-6.
- MEERKERK, G.-J., VAN DEN EIJNDEN, R. J., VERMULST, A. A. & GARRETSEN, H. F. 2009b. The compulsive internet use scale (CIUS): some psychometric properties. *Cyberpsychology & behavior*, 12, 1-6.
- MESQUITA, G. & REIMÃO, R. 2007. Nightly use of computer by adolescents: its effect on quality of sleep. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, 65, 428-432.
- MOORE MD, R. Y. 1997. Circadian rhythms: basic neurobiology and clinical applications. *Annual review of medicine*, 48, 253-266.
- MORRIS, N. M. & UDRY, J. R. 1980. Validation of a self-administered instrument to assess stage of adolescent development. *Journal of youth and adolescence*, 9, 271-280.
- MOUS, M. 2016. *Password Zugriff für immer verweigert*, Würzburg, Arena Verlag.
- MOUS, M. 2018. *Boy 7 Vertraue niemandem. Nicht einmal dir selbst*, Würzburg, Arena Verlag.
- NICASSIO, P. M., MENDLOWITZ, D. R., FUSSELL, J. J. & PETRAS, L. 1985a. The phenomenology of the pre-sleep state: The development of the pre-sleep arousal scale. *Behaviour Research and Therapy*, 23, 263-271.
- NICASSIO, P. M., MENDLOWITZ, D. R., FUSSELL, J. J. & PETRAS, L. 1985b. The phenomenology of the pre-sleep state: the development of the pre-sleep arousal scale. *Behav Res Ther*, 23, 263-271.
- NISHIDA, M., PEARSALL, J., BUCKNER, R. L. & WALKER, M. P. 2009. REM sleep, prefrontal theta, and the consolidation of human emotional memory. *Cerebral cortex*, 19, 1158-1166.
- 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, 1255-1273.
- PERRAULT, A. A., BAYER, L., PEUVRIER, M., AFYOUNI, A., GHISLETTA, P., BROCKMANN, C., SPIRIDON, M., HULO VESELY, S., HALLER, D. M., PICHON, S., PERRIG, S., SCHWARTZ, S. & STERPENICH, V. 2019. Reducing the use of screen electronic devices in the evening is associated with improved sleep and daytime vigilance in adolescents. *Sleep*, 42.
- PETERSEN, A. C., CROCKETT, L., RICHARDS, M. & BOXER, A. 1988. A self-report measure of pubertal status: Reliability, validity, and initial norms. *Journal of Youth and Adolescence*, 17, 117-133.
- PIETERS, D., DE VALCK, E., VANDEKERCKHOVE, M., PIRRERA, S., WUYTS, J., EXADAKTYLOS, V., HAEX, B., MICHIELS, N., VERBRAECKEN, J. & CLUYDTS, R. 2014. Effects of Pre-Sleep Media Use on Sleep/Wake Patterns and Daytime Functioning Among Adolescents: The Moderating Role of Parental Control. *Behavioral Sleep Medicine*, 12, 427-443.
- PLIHAL, W. & BORN, J. 1997. Effects of early and late nocturnal sleep on declarative and procedural memory. *Journal of cognitive neuroscience*, 9, 534-547.
- PONTES, H. M. & GRIFFITHS, M. D. 2014. Internet addiction disorder and internet gaming disorder are not the same. *Journal of Addiction Research & Therapy*, 5.
- PUNAMÄKI, R.-L., WALLENIUS, M., NYGÅRD, C.-H., SAARNI, L. & RIMPELÄ, A. 2007. Use of information and communication technology (ICT) and perceived health in adolescence: the role of sleeping habits and waking-time tiredness. *Journal of adolescence*, 30, 569-585.

- RANDLER, C. 2008. Psychometric properties of the German version of the Composite Scale of Morningness. *Biological Rhythm Research*, 39, 151-161.
- RANDLER, C., WOLFGANG, L., MATT, K., DEMIRHAN, E., HORZUM, M. B. & BEŞOLUK, Ş. 2016. Smartphone addiction proneness in relation to sleep and morningness-eveningness in German adolescents. *Journal of Behavioral Addictions*, 5, 465-473.
- RASCH, B. & BORN, J. 2013. About sleep's role in memory. *Physiological reviews*.
- RECHTSCHAFFEN & KALES 1968. A manual for standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages in human subjects. *Brain information service*.
- REHBEIN, F., KLIEM, S., BAIER, D., MÖßLE, T. & PETRY, N. M. 2015. Prevalence of internet gaming disorder in German adolescents: diagnostic contribution of the nine DSM-5 criteria in a state-wide representative sample. *Addiction*, 110, 842-851.
- ROACH, G. D., DAWSON, D. & LAMOND, N. 2006. Can a shorter psychomotor vigilance task be used as a reasonable substitute for the ten-minute psychomotor vigilance task? *Chronobiol Int*, 23, 1379-87.
- SCHMIDT, LANG & HECKMANN 2010. *Physiologie des Menschen*, Springer.
- SEJNOWSKI, T. J. & DESTEXHE, A. 2000. Why do we sleep? *Brain research*, 886, 208-223.
- SENNOCK, S., V. LIERES UND WILKAU, K., GÜNTHER, A., BRANDHORST, I., ZINKE, K., CONZELMANN, A., RENNER, T. J. & KURZ, E.-M. 2024. Investigation of the influence of 45-minute pre-sleep social media use on sleep quality and memory consolidation in adolescents. *Sleep Medicine*, 124, 299-307.
- SHAPIRA, N. A., LESSIG, M. C., GOLDSMITH, T. D., SZABO, S. T., LAZORITZ, M., GOLD, M. S. & STEIN, D. J. 2003. Problematic internet use: proposed classification and diagnostic criteria. *Depress Anxiety*, 17, 207-16.
- SHEK, D. T. L., YU, L. & SUN, R. C. F. 2016. Internet Addiction. In: PFAFF, D. W. & VOLKOW, N. D. (eds.) *Neuroscience in the 21st Century: From Basic to Clinical*. New York, NY: Springer New York.
- SONNTAG, R. M. 2018. *Die Scanner*, Frankfurt am Main, Fischer Verlag.
- SPEARMAN, C. 1904. "General Intelligence," objectively determined and measured. *The American Journal of Psychology*, 15, 201-292.
- SÜDWEST, M. F. 2018. JIM-Studie 2018 Jugend, Information, Medien Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger.
- SÜDWEST, M. F. 2019. JIM-Studie 2019 Jugend, Information, Medien Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger.
- SÜDWEST, M. F. 2022. Jim-Studie 2022 Jugend, Information, Medien Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger.
- TAKAHASHI, Y., KIPNIS, D. & DAUGHADAY, W. 1968. Growth hormone secretion during sleep. *The Journal of clinical investigation*, 47, 2079-2090.
- TAROKH, L., RAFFRAY, T., VAN, E. R. & CARSKADON, M. 2010. Physiology of normal sleep in adolescents. *Adolescent medicine: state of the art reviews*, 21, 401-17, vii.
- TAROKH, L., SALETIN, J. M. & CARSKADON, M. A. 2016. Sleep in adolescence: Physiology, cognition and mental health. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 70, 182.
- TAYLOR, D. J., JENNI, O. G., ACEBO, C. & CARSKADON, M. A. 2005. Sleep tendency during extended wakefulness: insights into adolescent sleep regulation and behavior. *Journal of sleep research*, 14, 239-244.
- THOMÉE, S., DELLVE, L., HÄRENSTAM, A. & HAGBERG, M. 2010. Perceived connections between information and communication technology use and mental symptoms among young adults- a qualitative study. *BMC Public Health*, 10, 66.
- VAN DEN BULCK, J. 2003. Text messaging as a cause of sleep interruption in adolescents, evidence from a cross-sectional study. *Journal of Sleep Research*, 12, 263-263.
- VAN DEN BULCK, J. 2004. Television Viewing, Computer Game Playing, and Internet Use and Self-Reported Time to Bed and Time out of Bed in Secondary-School Children. *Sleep*, 27, 101-104.

- VAN DEN BULCK, J. 2007. Adolescent Use of Mobile Phones for Calling and for Sending Text Messages After Lights Out: Results from a Prospective Cohort Study with a One-Year Follow-Up. *Sleep*, 30, 1220-1223.
- WAHL, S., ENGELHARDT, M., SCHAUPP, P., LAPPE, C. & IVANOV, I. V. 2019. The inner clock-Blue light sets the human rhythm. *J Biophotonics*, e201900102.
- WANG, J.-Y., WEBER, F. D., ZINKE, K., NOACK, H. & BORN, J. 2017. Effects of Sleep on Word Pair Memory in Children – Separating Item and Source Memory Aspects. *Frontiers in Psychology*, 8.
- WARTBERG, L., KRISTON, L. & THOMASIU, R. 2017. Prävalenz und psychosoziale Korrelate von Internet Gaming Disorder. *Dtsch Arztebl International*, 114, 419-24.
- WATSON, D., CLARK, L. A. & TELLEGEN, A. 1988. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *J Pers Soc Psychol*, 54, 1063-70.
- WATZLAWIK, M. 2009. Die Erfassung des Pubertätsstatus anhand der Pubertal Development Scale. *Diagnostica*, 55, 55-65.
- WEIß, R. H. 2006. *Grundintelligenztest Skala 2-Revision, CFT 20-R*, Göttingen, Hogrefe.
- WEST, K. E., JABLONSKI, M. R., WARFIELD, B., CECIL, K. S., JAMES, M., AYERS, M. A., MAIDA, J., BOWEN, C., SLINEY, D. H., ROLLAG, M. D., HANIFIN, J. P. & BRAINARD, G. C. 2011. Blue light from light-emitting diodes elicits a dose-dependent suppression of melatonin in humans. *Journal of Applied Physiology*, 110, 619-626.
- WHO 2022. ICD-11 in Deutsch, Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 11. Revision. *Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte*.
- WILHELM, I., DIEKELMANN, S. & BORN, J. 2008. Sleep in children improves memory performance on declarative but not procedural tasks. *Learn Mem*, 15, 373-7.
- WOLFSON, A. R. & CARSKADON, M. A. 2003. Understanding adolescent's sleep patterns and school performance: a critical appraisal. *Sleep medicine reviews*, 7, 491-506.
- WOODS, H. C. & SCOTT, H. 2016. #Sleepyteens: Social media use in adolescence is associated with poor sleep quality, anxiety, depression and low self-esteem. *J Adolesc*, 51, 41-9.
- YOUNG, K. S. 1998. Internet addiction: The emergence of a new clinical disorder. *Cyberpsychology & behavior*, 1, 237-244.
- ZEITZER, J. M., DIJK, D. J., KRONAUER, R. E., BROWN, E. N. & CZEISLER, C. A. 2000. Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression. *The Journal of physiology*, 526, 695-702.

Erklärungen zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde im Universitätsklinik Tübingen; Abteilung Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie im Kinder- und Jugendalter mit Poliklinik unter Betreuung von Prof. Dr. med. Tobias Renner, habilitierter Betreuer und Prof. Dr. Annette Conzelmann, Leitende Psychologin im Bereich Forschung, durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit Eva-Maria Kurz (M.Sc. Psych., Doktorandin der Psychologie) und Prof. Dr. Annette Conzelmann. Inhaltlich beraten auf dem Gebiet des Medienkonsums bei Kindern- und Jugendlichen hat Frau Dr. Isabel-Amor Brandhorst. Des Weiteren erfolgte eine enge Zusammenarbeit mit dem Kinderschlaflabor Tübingen unter der damaligen Leitung von Dr. Katharina Zinke.

Die Versuche wurden nach Einarbeitung durch Eva-Maria Kurz von mir in Zusammenarbeit mit Sebastian Sennock (medizinischer Doktorand) und mit Unterstützung von Maria Oberbeck (wissenschaftliche Hilfskraft, M.Sc. Psych.) und Astrid Günther (Studienassistentin) durchgeführt. Die Kennenlerntermine mit CFT-20-R wurden durch mich, Maria Oberbeck oder Astrid Günther durchgeführt. Dabei führte ich etwa ein Drittel der Termine aus. Die Termine bei den Proband:innen zuhause wurden durch Sebastian Sennock, Maria Oberbeck, Eva-Maria Kurz oder mich durchgeführt. Dabei wurde ungefähr die Hälfte der Messungen durch mich durchgeführt.

Die Auswertung der Polysomnographiedaten erfolgte durch mich, Eva-Maria Kurz, Astrid Günther und Sebastian Sennock. Dabei wertete ich in etwa ein Drittel der SchlafEEGs aus. Die statistische Auswertung in SPSS erfolgte nach Anleitung von Eva-Maria Kurz durch mich. Die statistische Auswertung einzelner Unterpunkte in R erfolgte durch Eva-Maria Kurz.

Ich versichere, das Manuskript selbstständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebene Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den

Kristina von Lieres und Wilkau

Veröffentlichung

SENNOCK, S., V. LIERES UND WILKAU, K., GÜNTHER, A., BRANDHORST, I., ZINKE, K., CONZELMANN, A., RENNER, T. J. & KURZ, E.-M. 2024. Investigation of the influence of 45-minute pre-sleep social media use on sleep quality and memory consolidation in adolescents. *Sleep Medicine*, 124, 299-307.

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Tobias Renner sowie Frau Prof. Dr. Annette Conzelmann für die nette Betreuung und die klaren und konstruktiven Anregungen bei der Durchführung und der Ausarbeitung meiner Dissertation. Ich bedanke mich bei Astrid Günther, Sebastian Sennock und Maria Oberbeck für die nette Zusammenarbeit während der Datenerhebung und Auswertung: Ich danke Dr. Katharina Zinke für die freundliche Aufnahme im Kinderschlaflabor Tübingen sowie Dr. Isabel-Amor Brandhorst für die inhaltliche Beratung auf dem Gebiet der Mediennutzung bei Kindern und Jugendlichen.

Außerdem möchte ich mich beim IZKF-Promotionskolleg und vor allem bei Dr. Inka Montero für die Finanzierung und den inhaltlichen Input bedanken. Ich danke dem Institut für klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie der Universität Tübingen für die Beratung und meiner Mutter sowie Eva-Maria Kurz und Prof. Annette Conzelmann für das Korrekturlesen des Skriptes.

Weiterhin danke ich meinem Mann Lars Hofmann für die viele Geduld und die Unterstützung während der Erstellung dieser Schrift. Ebenso möchte ich meinen zwei Kindern Matilda und Samuel danken, die beide während der Verfassung meiner Dissertation auf die Welt kamen, und die ein oder andere Stunde während des Schreibens schlafend auf mir verbrachten. Ihr bereichert mein Leben sehr. Natürlich danke ich mich auch bei meinen Eltern, die mich immer unterstützt haben.

Mein größter Dank gilt Eva-Maria Kurz, die an allen Anteilen der Studie mitgewirkt hat, und für mich jederzeit ein offenes Ohr hatte und mich in allen Abschnitten tatkräftig unterstützt hat. Ohne dich wäre die Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen.