

Aus dem Zentrum für Innere Medizin der Philipps-Universität Marburg

Schwerpunkt Pneumologie

Direktor: Prof. Dr. Claus Franz Vogelmeier

des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

**Exzessiver Videospielekonsum bei jungen Erwachsenen:  
Einfluss auf den Schlaf und das deklarative Gedächtnis sowie die  
Hormone Melatonin und Cortisol**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten  
Humanmedizin

dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Miria Hartmann

Homberg (Efze)

Marburg, 2021

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am:  
03.02.2021

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekanin: Prof. Dr. Denise Hilfiker-Kleiner

Referent: Prof. Dr. Ulrich Koehler

Korreferent: PD Dr. Veit Mylius

## **Inhaltsverzeichnis**

I. Abkürzungsverzeichnis .....	III
II. Abbildungsverzeichnis.....	IV
III. Tabellenverzeichnis .....	V
1. Einleitung .....	1
1.1 Medienkonsum bei Jugendlichen.....	1
1.2 Videospiele .....	3
1.3 Schlaf .....	4
1.3.1 Der physiologische Schlaf .....	4
1.3.2 Der pathologische Schlaf .....	6
1.4 Melatonin.....	9
1.5 Cortisol .....	11
1.6 Gedächtnis .....	15
2. Fragestellung .....	20
3. Probanden und Methoden.....	21
3.1 Probanden.....	21
3.2 Rekrutierung.....	21
3.3 Messmethoden .....	22
3.4 Studienablauf.....	28
3.5 Statistische Auswertung .....	33
3.6 Ethikvotum und Finanzierung .....	34
4. Ergebnisse .....	35
4.1 Stichprobenbeschreibung, Schlaf- und Spielgewohnheiten sowie Tagesschläfrigkeit.....	35
4.2 Schlaf .....	36
4.3 Deklaratives Gedächtnis.....	41
4.4 Vigilanz.....	43
4.5 Melatonin.....	44
4.6 Cortisol .....	46

5. Diskussion.....	48
5.1 Methoden .....	48
5.2 Ergebnisse .....	51
5.3 Schwächen der Studie.....	55
5.4 Stärken der Studie.....	56
5.5 Ausblick.....	57
6. Zusammenfassung.....	59
6.1 Zusammenfassung.....	59
6.2 Summary .....	61
7. Literaturverzeichnis.....	63
8. Anhang .....	74
8.1 Screeningfragebogen .....	74
8.2 Probandeninformation .....	77
8.3 Probandeneinverständniserklärung .....	79
8.4 Lebenslauf.....	80
8.5 Verzeichnis akademischer Lehrer.....	81
8.6 Danksagung .....	82
8.7 Ehrenwörtliche Erklärung.....	83
8.8 Veröffentlichung der Arbeit .....	84

## **I. Abkürzungsverzeichnis**

AASM - American Academy of Sleep Medicine

ACTH - Adrenocorticotropes Hormon

ADH - Antidiuretisches Hormon

CRH - Corticotropin-releasing Hormone

CPAP - Continuous Positive Airway Pressure

DSM - Diagnostic and Statistical Mental Disorders

EEG - Elektroenzephalogramm

EKG - Elektrokardiogramm

EMG - Elektromyogramm

EOG - Elektrookulogramm

ESS - Epworth-Schläfrigkeits-Skala

HDL - High-Density-Lipoprotein

HHNA - Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse

IGD - Internet Gaming Disorder

IGFF - Institut für Gesundheitsforschung

LDL - Low Density Lipoprotein

MRZ- Mittlere-Reaktionszeit (VigiMar)

MW - Mittelwert

N - Schlafstadium

N - Anzahl

NMDA - N-Methyl-D-Aspartat

NNR - Nebennierenrinde

NREM - Non Rapid Eye Movement

N1 - Schlafstadium 1

N2 - Schlafstadium 2

N3 - Schlafstadium 3

N4 - Schlafstadium 4

POMC - Proopiomelanocortin

PUI - Pupillen-Unruhe-Index

PST - Pupillographischer-Schläfrigkeits-Test

REM - Rapid Eye Movement

SCN - Nucleus suprachiasmaticus

SSS - Stanford-Schläfrigkeits-Test

SWS - Slow-Wave-Sleep

VigiMar - Marburger Vigilanztest

VLMT - Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest

## II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anonymisiertes Schlafprofil eines Erwachsenen.....	5
Abbildung 2: Informationsweitergabe über Lichtverhältnisse für die Melatoninbildung.....	10
Abbildung 3: Regulation der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse.....	12
Abbildung 4: Übersicht der qualitativen Formen des Langzeitgedächtnisses .....	16
Abbildung 5: Versuchsaufbau des PST und Beispiel eines Messprotokolls.....	23
Abbildung 6: Versuchsaufbau des VigiMar.....	24
Abbildung 7: Stanford-Schläfrigkeits-Skala.....	25
Abbildung 8: Epworth-Schläfrigkeits-Skala.....	26
Abbildung 9: Schematische Darstellung des Studienablaufs.....	28
Abbildung 10: Schematische Darstellung des zeitlichen Versuchsablaufs in der Eingewöhnungsnacht.....	30
Abbildung 11: Eine Gruppe von fünf Probanden beim fünfstündigen Monopoly-spielen .....	31
Abbildung 12: Schematische Darstellung des zeitlichen Versuchsablaufs in der Video- und Brettspielnacht.....	32
Abbildung 13: Vier Probanden beim fünfstündigen Computerspielen.....	32
Abbildung 14: Schlafeffizienz in den beiden Versuchs Nächten.....	39
Abbildung 15: Verteilung der Dauer der einzelnen Schlafstadien.....	40
Abbildung 16: Erinnerungsleistung VLMT am nächsten Morgen.....	41
Abbildung 17: Erinnerungsleistung VLMT direkt nach dem Stimulus.....	42
Abbildung 18: Verlauf des Melantoninspiegels.....	45
Abbildung 19: Verlauf des Cortisolspiegels unter Vernachlässigung des fünften Messwertes.....	47

### III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anteil der verschiedenen Schlafstadien an der Gesamtschlafdauer .....	5
Tabelle 2: Alter und BMI der Probanden .....	35
Tabelle 3: Schlafens- und Videospielzeiten unter der Woche und am Wochenende.....	35
Tabelle 4: Ergebnisse der polysomnographischen Auswertung Teil 1 .....	37
Tabelle 5: Ergebnisse der polysomnographischen Auswertung Teil 2 .....	38
Tabelle 6: Ergebnisse des VLMT am nächsten Morgen .....	41
Tabelle 7: Ergebnisse des VLMT direkt nach dem Stimulus.....	42
Tabelle 8: Ergebnisse der Stanford-Schläfrigkeits-Skala.....	43
Tabelle 9: Ergebnisse des Pupillographischen-Schläfrigkeits-Test.....	43
Tabelle 10: Mittlere-Reaktionszeit des VigiMar.....	44
Tabelle 11: Ergebnisse der Melatoninmessungen.....	44
Tabelle 12: Ergebnisse der Cortisolmessungen .....	46

## 1. Einleitung

### 1.1 Medienkonsum bei Jugendlichen

Elektronische Medien haben eine große Bedeutung in der heutigen Zeit. Jugendliche nutzen sie vermehrt in ihrem Alltag, aber auch während ihrer schulischen Ausbildung. Knapp die Hälfte der Zeit, die Jugendliche für ihre Schulaufgaben verbringen, wird am Computer oder im Internet gearbeitet [87]. Bereits 2007 gaben 96 % der Kinder und Jugendlichen an, dass sie täglich Fernsehen oder Videos schauen. 76 % nutzten täglich ihren Computer, 34 % ihre Spielkonsole und 62 % der Befragten täglich ihr Mobiltelefon [79].

2018 besaßen 97 % der Jugendlichen ein Smartphone. 94 % benutzten es täglich, während es 2007 erst 62 % waren. Zusätzlich erlangte das Internet eine zunehmend wichtige Bedeutung. 91 % der 12-19-Jährigen gaben an, dass sie täglich das Internet nutzten. Diese Zahlen zeugen von einem steigenden Medienkonsum der Kinder und Jugendlichen [79, 87, 88]. 2015 gaben noch 80 % der Befragten an, dass sie täglich das Internet nutzten. 89 % gebrauchten täglich ihr Handy [85].

Zu digitalen Spielen zählen Computer-, Konsolen-, Online-, Tablet-PC- und Smartphonespiele, die stark in den Alltag der Jugendlichen verankert sind. 2017 spielten 62 % der 12-19-Jährigen täglich oder mehrmals die Woche digitale Spiele. Wird die Auswertung auf Computer-, Online- und Konsolenspiele beschränkt, gelten 70 % der männlichen Befragten als regelmäßige Spieler. Die tägliche Spieldauer aller digitalen Spiele beträgt durchschnittlich 84 Minuten unter der Woche und 109 Minuten am Wochenende. 14-15-Jährige spielen dabei im Vergleich zu den anderen Altersgruppen am längsten digitale Spiele. Unter der Woche ergaben die Umfragen bei ihnen eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 93 Minuten. Im Hinblick auf die Untergruppe der Jungen wird ein weiterer Anstieg der Zahlen deutlich. Sie spielen unter der Woche im Schnitt 124 Minuten und am Wochenende 163 Minuten [85, 87].

Ein Teil der Jugendlichen spielte 2016 jedoch noch intensiver. Am Wochenende spielten 15,9 % der Jungen teilweise mehr als 5 Stunden digitale Spiele, bei Mädchen hingegen nur 4,6 %. Unter der Woche sanken die Werte auf 5,5 % beziehungsweise 1,6 %. Im Vergleich zu Gymnasiasten spielten Schülerinnen und Schüler der Real- und Hauptschule fast doppelt so häufig mehr als 5 Stunden digitale Spiele (13,8 % beziehungsweise 7,2 % am Wochenende) [86].

2015 ergab sich eine durchschnittliche Mediennutzung 14-29-Jähriger von ungefähr 9,5 Stunden pro Tag. Dies ist seit 2010 relativ stabil [23]. Diese Zeitspanne ist länger als



die typische Schlafenszeit von Jugendlichen, die unter der Woche 6,7 Stunden beträgt. Diese Schlafzeit reicht jedoch nicht, um das Schlafbedürfnis zu erfüllen, sodass sich ein Defizit mit erhöhter Tagesmüdigkeit und verschlechterten Gesundheitsbedingungen ergibt [21].

Die Mediennutzung dauert bis kurz vor dem Zubettgehen an und verschiebt die Schlafenszeit nach hinten und senkt somit die Gesamtschlafdauer [11, 36]. Fernseh- und Computerkonsum von über drei Stunden am Tag ist signifikant mit weniger Schlaf assoziiert [60]. Die Dauer der Smartphone-Nutzung korreliert negativ mit der Schlafqualität [99].

Die ständige Erreichbarkeit ist eine Errungenschaft der Moderne, kann jedoch auch Stress bei Jugendlichen fördern. 2016 wurde versucht herauszufinden, ob Vorteile wie vielfältige Organisationsmöglichkeiten von Nachteilen wie digitalem Stress überschattet werden. 70 % der befragten Jugendlichen gaben an, dass sie mit den vielen genutzten Apps und Communities „recht viel Zeit verschwenden würden“ [86]. 55 % empfinden manchmal das Handy mit den vielen Nachrichten als nervend. Fast jeder fünfte Jugendliche befürchtet, etwas zu verpassen, wenn er das Handy ausschaltet.

72 % der Jugendlichen gaben an, dass sie generell handyfreie Zeiten haben. Manche davon sind vor allem bei Jüngeren von den Eltern vorgeschrieben, andere schalten das Handy bewusst bei beispielsweise Hausaufgaben oder Aktivitäten mit Freunden ab.

Trotz der Informationsflut haben Smartphones viele positive Funktionen. Besonders für die Organisation ihres Freundeskreises scheint das Handy für viele obligat zu sein. 68 % denken, diese Organisation mit Freunden sei ohne Handy gar nicht mehr möglich [86].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Medien eine große Rolle im Leben der Menschen spielen. Vor allem Jugendliche nutzen sie in digitaler Form sehr intensiv und häufig. Dabei sind besonders männliche Jugendliche zu nennen, die im Vergleich zu gleichaltrigen Mädchen oder Älteren ein deutlich erhöhtes Konsumverhalten zeigen. Einen großen Teil ihrer Freizeit verbringen sie mit Computer- oder Handyspielen. Ob und welche Folgen dadurch entstehen können, ist noch nicht ausreichend untersucht. Diese Arbeit soll einen Beitrag zur Klärung leisten.

In dieser Studie stehen Videospiele im Vordergrund. In Forschung und Theorie von digitalen Spielen wird häufig ein Unterschied zwischen Videospielen und Computerspielen gemacht [94]. In der hier vorliegenden Arbeit werden der Einfachheit halber die Begriffe Videospiele und Computerspiele synonym verwendet.

## 1.2 Videospiele

William Higinbotham erfand 1958 das erste Videospiele namens „Tennis for Two“. In den 1970er Jahren wurden die Spiele zunehmend gesellschaftsfähig, spätestens als 1977 das Spiel „Pac-Man“ erfunden wurde. 1981 erschien das Spiel „Castle Wolfenstein“, das als erstes Spiel eine realistisch nachempfundene Hauptfigur hat und im Zweiten Weltkrieg spielt. Somit ist es das erste Kriegs- oder Gewaltspiel und gilt als Urvater der Shooter-Spiele [70]. Nach und nach wurden die Heimspielcomputer immer beliebter, unter anderem durch „Super Mario“ und dem „Game Boy“. 1994 erschien die „Playstation“, die heute neben „Xbox“ und „Wii“ die meistverkaufte Spielkonsole ist.

Spiele, die die Grundidee eines Egoshooters vorweisen, wurden ab 1973 entwickelt. In der heute bekannten Form wurden sie 1992 durch „Wolfenstein 3D“ und „Doom“ 1993 bekannt [94]. Die Spiele wurden durch neue Grafikmöglichkeiten detailreicher und realitätsnaher. „Counter Strike“ als einer der bekanntesten Egoshooter wurde im Jahr 2000 eingeführt.

Zu den beliebtesten Spielen der Jugendlichen im Jahr 2017 gehörten das Fußballspiel „FIFA“, Open-World-Spiel „Minecraft“, das Action-Game „Grand Theft Auto“ sowie vor allem bei den Mädchen „Candy Crush“ und „Sim City“ [87]. Seit 2018 führt das Koop-Survival-Spiel „Fortnite“ als beliebtestes Spiel bei Jungen [88]. Einige von den vor allem bei Jungen beliebten Spielen haben teilweise gewaltdarstellende Inhalte. 59 % der männlichen Spieler gaben 2015 an, dass sie gewalthaltige Spiele spielen. Bei 83 % der Jungen wurden brutale Spiele im Freundeskreis gespielt [85]. Der Einfluss auf den Schlaf und inwieweit Computerspiele als Stressoren für Jugendliche gelten, wird noch immer diskutiert. Die Spieler tauchen in eine fiktive Welt voller Gefahren ein, die sie aufregen können und auf die der Körper mit beispielsweise einer erhöhten Herzfrequenz reagiert. Der Begriff der „Internet Gaming Disorder“ (IGD) wurde in die Sektion III der aktuellen Version des „Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders“ (DSM-5) aufgenommen [7]. Er beschreibt die problematische Benutzung von Computerspielen sowohl online als auch offline. Die Prävalenz bei 12-25-Jährigen wurde in Deutschland auf 5,7 % geschätzt [124]. Jugendliche mit IGD weisen eine abgeschwächte Cortisolantwort, erhöhte Herzfrequenzen sowie ein erhöhtes Stressempfinden im Vergleich zu Kontrollgruppen auf, wenn sie akutem Stress ausgesetzt sind [72]. Nicht zu vergessen ist hierbei jedoch, dass Videospiele auch als Stressabbau beziehungsweise als eine Bewältigungsstrategie für Stress genutzt werden können [47]. Nicht alle regelmäßig spielenden Jugendlichen erfüllen die Kriterien einer IGD, sodass Videospiele auch positive Effekte bei der Stressbewältigung haben können.

## 1.3 Schlaf

### 1.3.1 Der physiologische Schlaf

Schlaf ist ein besonderer Zustand der äußeren Ruhe des Menschen und des Tieres. Sogar Einzeller und Pflanzen haben einen Ruhe- und Aktivitätswechsel. Aber auch für innere Prozesse ist der Schlaf ein überlebenswichtiger Bestandteil. Ihm werden verschiedene Aufgaben zugeschrieben, wie zum Beispiel Gedächtniskonsolidierung, Regelung des Immunsystems und eine Regelung der Nahrungsaufnahme über das Orexinsystem. Der Zusammenhang mit der Hirntemperatur und anderen körperinternen Homöostasen wird hingegen noch immer diskutiert [20, 106]. Regelmäßiger Schlafentzug ist mit Diabetes mellitus Typ II, Übergewicht sowie hypertensiven Erkrankungen assoziiert [2, 29, 91]. Außerdem kann es unter Schlafentzug zu einem Abfall der geistigen Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit kommen [14]. In einem Rattenmodell führte Schlafentzug sogar zum Tod [48].

Der Schlaf wird in zwei große Zustandsformen, den Rapid-Eye-Movement-(REM)- und Non-REM-Schlaf (NREM), unterschieden. Der NREM untergliedert sich wiederum in die Schlafstadien N1, N2 und N3. Die Stadien N1 und N2 stellen dabei den Leichtschlaf dar und N3 den Tiefschlaf.

Der REM-Schlaf unterscheidet sich im Elektroenzephalogramm (EEG) kaum vom Wachzustand. Es zeigen sich  $\beta$ -Wellen (13-30 Hz),  $\gamma$ -Wellen (>30 Hz) und einzelne  $\Delta$ -Wellen (4-7 Hz), er ist geprägt von episodischen emotionalen Träumen.

Das Stadium N1 kennzeichnet den Übergang aus dem Wachzustand in den Schlaf. Viele Menschen erleben das Übergleiten in den Schlaf mit traumartigen, optischen Eindrücken. Dabei kommt es häufig zu Muskelzuckungen. N1 ist durch eine unregelmäßige Mischfrequenz von  $\theta$ - und  $\alpha$ -Wellen (4-7 Hz) bestimmt. Typische Merkmale sind oftmals langsam rollende Augenbewegungen sowie Vertex-Zacken. Schlaf in N1 ist sehr leicht störbar und wird teils nicht als „richtiger“ Schlaf erlebt.

Die zweite Leichtschlafphase ist N2. Diese ist geprägt von  $\theta$ -Wellen (4-7 Hz) sowie K-Komplexen und Spindeln. In dieser Schlafphase ist der Mensch noch immer recht leicht erweckbar.

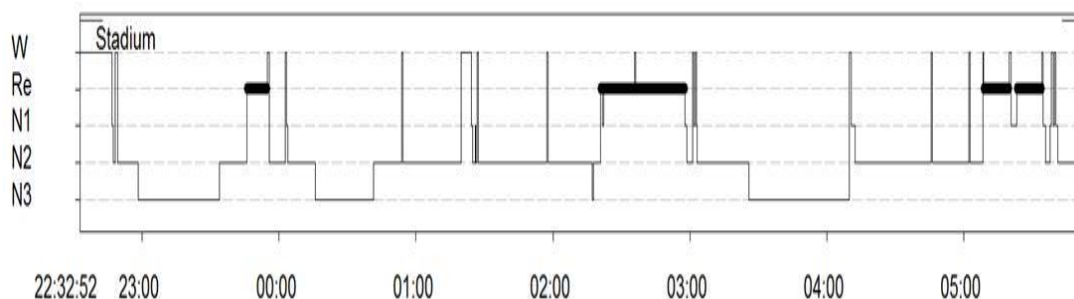
Der Tiefschlaf N3 wird auch als Slow-Wave-Sleep (SWS) bezeichnet. Bei ihm dominieren hochamplitudige  $\theta$ -Wellen (4-7 Hz) sowie  $\delta$ -Wellen (0,5-3 Hz) [106]. Er ist gekennzeichnet durch eine schwere Erweckbarkeit.

Die durchschnittliche Verteilung der verschiedenen Schlafstadien bei gesunden Erwachsenen sieht wie folgt aus:

**Tabelle 1: Anteil der verschiedenen Schlafstadien an der Gesamtschlafdauer [34].**

Schlafstadium	Anteil an Gesamtschlafdauer
<b>N1</b>	2-5 %
<b>N2</b>	45-55 %
<b>N3</b>	13-23 %
<b>REM-Schlaf</b>	20-25 %

Der Mensch durchläuft jedes Stadium beginnend von N1 über N2 und N3 bis zum REM-Schlaf mehrmals in der Nacht. Ein solcher Zyklus dauert in der Regel zwischen 70-100 Minuten und wiederholt sich vier- bis fünfmal pro Nacht. In der ersten Nachthälfte sind vor allem  $\delta$ -Wellen als Zeichen des Tiefschlafes zu finden. Nach und nach wird er immer weiter durch REM-Schlaf ersetzt, sodass dieser seinen Höhepunkt in den frühen Morgenstunden findet [96, 106].



**Abbildung 1: Anonymisiertes Schlafprofil eines Erwachsenen, aus dem Schlafmedizinischen Zentrum UKGM Marburg (W-Wach, Re-REM-Schlaf).**

Gesunder Schlaf ist vor allem für Jugendliche wichtig, da er und dabei besonders der SWS wahrscheinlich in enger Verbindung mit einer normalen Hirnentwicklung steht. Diese Hirnreifung kann ein wichtiger Baustein für eine normale Entwicklung emotionaler und kognitiver Funktionen sein [119]. Außerdem ist er für eine gute schulische Leistung unabdingbar [14]. Eine Bettzeit unter 8 Stunden ist assoziiert mit Schlafstörungen, vermehrter Tagesmüdigkeit und weniger Motivation in der Schule [52].

### 1.3.2 Der pathologische Schlaf

Wie wichtig ein gesunder Schlaf für den Menschen ist, wird nicht nur an den Aufgaben, sondern auch an den Folgen nicht erholsamen Schlafes deutlich. Schlafstörungen stehen in enger Verbindung zu Depressionen, Konzentrations- und Informationsverarbeitungsstörungen und anderen Krankheiten [90, 120]. Um verschiedene Schlafstörungen zu kategorisieren, wird heute als internationaler Standard die International Classification of Sleep Disorders (ICSD) eingesetzt. 2014 erschien die dritte Version, die ICSD-3. Diese unterteilt die Schlafstörungen in sechs Hauptkategorien [5]:

1. Insomnien
2. Schlafbezogene Atmungsstörungen
3. Hypersomnolenz-Störungen
4. Zirkadiane Schlafrythmusstörungen
5. Parasomnien
6. Schlafbezogene Bewegungsstörungen

Die Gruppe der Insomnien bezeichnet die Unfähigkeit, den Schlaf einzuleiten oder aufrechtzuerhalten und wird in chronische Insomnie und Kurzzeit-Insomnie unterschieden.

Zu den schlafbezogenen Atmungsstörungen gehören zentrale und obstruktive Schlafapnoe-Syndrome sowie Hypoventilations- und Hypoxämiesyndrome.

Hypersomnolenz-Störungen bezeichnen ein übermäßiges Schlafbedürfnis unterschiedlicher zentraler Ursache. Auch die Narkolepsie wird zu dieser Gruppe gezählt.

Zirkadiane Schlafrythmusstörungen schließen Störungen im Tag-Nacht-Rhythmus ein, die durch äußere Umstände, wie zum Beispiel Schichtarbeit, oder innere Gegebenheiten, wie eine verschobene Phasenlage der inneren Uhr, entstehen.

Parasomnien bezeichnen episodische Unterbrechungen des Schlafes durch ungewöhnliche Verhaltensweisen oder körperliche Phänomene. Hierunter fallen beispielsweise Schlafwandeln, Pavor nocturnus oder schlafbezogene Enuresis.

Zu den schlafbezogenen Bewegungsstörungen gehören zum Beispiel das Restless-Legs-Syndrom oder der schlafbezogene Bruxismus.

Viele Jugendliche haben die Angewohnheit, noch bis zum späten Abend oder bis in die Nacht Video- oder Computerspiele zu spielen. Durch dieses Verhalten wird die Zubettgehzeit nach hinten verschoben und die Gesamtschlafzeit verkürzt [36].

Dadurch wird der zirkadiane Rhythmus der Jugendlichen durch sie selbst und ihr Spielen gestört und sie betreiben eine inadäquate Schlafhygiene. Dabei sind die Aufsteh- und Zubettgehzeiten vor allem an den Wochenenden oft unregelmäßig. Für die Schule müssen die Jugendlichen regelmäßig früh aufstehen, doch durch langes Spielen verringert sich ihre Schlafenszeit. Diese versuchen sie durch langes Ausschlafen am Wochenende zu kompensieren. Hinzu kommt, dass am Wochenende besonders viel gespielt wird. Bei den Jugendlichen ist somit eine Mischung aus Insomnien durch lange Spielzeiten und Hypersomnien am Wochenende zu erkennen. Sie entwickeln eine „Schlaf-Wach-Rhythmusstörung vom Typ nach hinten verlagertes Schlaftyp“ und geraten in einen „social jetlag“, einem Missverhältnis aus sozialen und chronobiologischen Schlafenszeiten [127]. Der individuelle Schlaf-Wach-Rhythmus entspricht nicht den vom sozialen Umfeld gewünschten Zeiten.

Die Chronobiologie beschreibt eine innere Uhr, die den Körper auf einen 24-Stunden Rhythmus einstellt, abhängig von äußeren und inneren Faktoren. In Studien, in denen Probanden in Bunkern fernab von Lichteinflüssen und ohne vorgegebene Tagesstruktur verweilten, wurde eine Verlängerung des Tagesrhythmus auf etwa 24,3 Stunden festgestellt. Diese neue Rhythmuslänge war inter-individuell sehr unterschiedlich, aber intra-individuell konstant [9]. Bereits der Begriff „zirkadiane Rhythmik“ (circa diem = ungefähr ein Tag) zeigt dies deutlich. In der Literatur der Chronobiologie wird häufig zwischen „Morgen-“, „Neutral-“ und „Abendtyp“ unterschieden. Der Chronotyp eines Menschen verändert sich mit dem Lebensalter und ist geschlechterabhängig. Kinder gehören meist zu den frühen Chronotypen, den „Morgentypen“. Als Jugendliche verschiebt sich dies nach hinten, sie werden späte „Abendtypen“. Im Laufe des Alters werden sie zunehmend wieder „Morgentypen“. Im Alter von 15 - 20 Jahren zeigt sich ein Peak in dieser Verlaufskurve. Jugendliche haben dann einen stark ausgebildeten späten Chronotypen mit nach hinten verlagerten Schlafenszeiten. Besonders bei männlichen Jugendlichen ist dies stark ausgeprägt [49]. Heranwachsende in dieser Phase sind anfällig für „zirkadiane Schlaf-Wach-Rhythmusstörung vom Typ nach hinten verlagertes Schlaftyp“.

Die unterschiedlichen Chronotypen unterscheiden sich in ihrem Melatoninprofil. Ein „Morgentyp“ hat um 00.00 Uhr die höchste Melatoninkonzentration im Speichel. Bei einem „Abendtypen“ wird dieser Peak erst um 04.00 Uhr erreicht. Die Melatoninsynthese ist als ein Indikator der individuellen Phasenlage eines Menschen anzusehen [57].

Auch das Hormon Cortisol steht in Zusammenhang mit den verschiedenen Chronotypen. Cortisol wird vor allem in den frühen Morgenstunden ausgeschüttet und ist an das Erwachen gekoppelt. Ein „Morgentyp“ ist im Vergleich zu einem „Abendtypen“ mit einer

erhöhten Cortisolkonzentration im Speichel am Morgen nach dem Aufstehen assoziiert [97].

### **Untersuchung des Schlafs**

Die ersten Hirnstromableitungen im Schlaf wurden 1929 von Hans Berger aufgezeichnet [18]. Ein paar Jahre später wurde von Loomis die erste Schlafstadienunterteilung erstellt. Er hatte herausgefunden, dass die EEG-Amplitude mit der Tiefe des Schlafes zunimmt und sich die Frequenz verringert [82]. In den 50er Jahren wurde zum ersten Mal der REM-Schlaf untersucht, der schon damals mit vermehrter Traumaktivität in Verbindung gebracht wurde [10]. Das erste Hypnogramm mit den klassischen Wechseln der Schlafphasen wurde 1957 beschrieben [39]. 1968 erfolgte dann eine Veröffentlichung eines internationalen Standards der Schlafphasen [101].

Die Polysomnographie bietet eine gute Möglichkeit, den Schlaf genau zu untersuchen. Sie kann stationär oder ambulant erfolgen. Für die stationäre Untersuchung gibt es speziell ausgestattete schlafmedizinische Abteilungen, die oft als „Schlaflabore“ bezeichnet werden. Dabei umfasst die Betreuung eine Anamnese, teilweise eine psychologische Schlafberatung und meist eine Übernachtung in einem speziell ausgestatteten Raum. In dieser Nacht wird der Patient an das Polysomnographiegerät angeschlossen. Anhand eines Elektroenzephalogramms (EEG), eines Elektromyogramms (EMG) am M. mentalis und M. tibialis anterior beidseits, Elektrokulogramm (EOG), Elektrokardiogramm (EKG), Pulsoxymetrie, einem Thorax- und Abdomengurt, einem Schnarchsensoren, einem Luftstrommessgerät sowie Bild- und Tonaufnahmen ist es möglich, den Schlaf auf seine Qualität und eventuelle Pathologien zu untersuchen. Bei speziellen Fragestellungen können weitere Untersuchungsmaßnahmen wie zum Beispiel ein Blutdruckmessgerät angeschlossen werden.

Ein häufig erhobener Schlafparameter bei Studien zum Thema Ein- und Durchschlafproblemen ist die Schlaffeizienz. Diese ist der prozentuale Anteil der Schlafdauer von der gesamten Bettzeit (Time in Bed) [33].

Ob Schlaf effektiv ist und jemand am nächsten Morgen ausgeschlafen aufwacht, kann beispielsweise durch Vigilanzmessungen gezeigt werden. Die Vigilanz zeigt die Wachheit der untersuchten Person. Besonders bei Fragestellungen zum Thema der Hypersomnie oder Berufsfeldern wie Berufskraftfahrern, die über eine lange Zeit in einer reizarmen Situation aufmerksam sein müssen, ist die Untersuchung der Vigilanz hilfreich. Dies kann beispielsweise durch Reaktionstests oder Fragebögen untersucht werden.

### **Einfluss von Videospiele auf den Schlaf in der Literatur**

Inwieweit Videospiele den Schlaf von Jugendlichen beeinflussen, wurde bereits in einigen Studien mit unterschiedlichen Ergebnissen untersucht. Es ergab sich zusammenfassend ein moderater Einfluss auf den Schlaf. Hervorzuheben sind die nachfolgenden Studien.

Weaver et al. verglichen den Schlaf nach 50-minütigem Spielen des Videospieles „Call of Duty“ mit dem Schlaf nach dem Schauen eines Films. Nach dem Videospielen ergab sich eine signifikant erhöhte Schlaflatenz sowie eine subjektiv verminderte Schläfrigkeit [125].

Dworak et al. verglichen ebenfalls den Schlaf nach einem Videospiele und nach einem Film. Es ergab sich ein signifikant verringerter Slow-wave-sleep sowie ein verlängertes N2-Stadium und eine erhöhte Schlaflatenz [43].

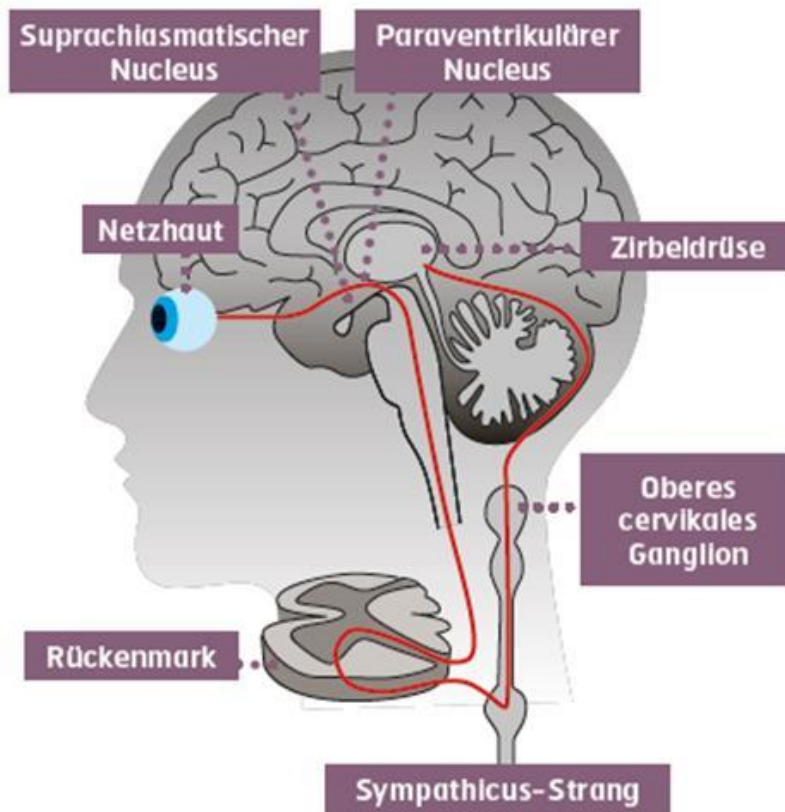
Der Unterschied der Spieldauer eines Videospieles wurde durch King et al. untersucht. Sie verglichen Schlafveränderungen nach 50 oder 150 Minuten Spielen. Bei längerem Spielen verkürzte sich die Totale-Schlaf-Zeit und die Schlafeffizienz wurde verringert [73].

Higuchi et al. verglichen Computerspiele mit leichten digitalen Denkaufgaben für jeweils 165 Minuten. Nach den Computerspielen ergab sich eine verringerte Schlaflatenz sowie ein verminderter REM-Schlaf [63].

#### **1.4 Melatonin**

Das Hormon Melatonin ist hauptsächlich ein Produkt der Zirbeldrüse (Pinealorgan, Epiphysis cerebri) und ist ein wichtiger Transmitter des zirkadianen Rhythmus. Der Übergang von Licht zu Dunkelheit wird über retinale Ganglienzellen des Auges aufgenommen und in ein hormonelles Signal umgewandelt. Diese retinalen Ganglienzellen wurden im Jahr 1998 von Provencio das erste Mal beschrieben [100]. Die Retina gibt die Information über die äußere Helligkeit über den retinohypothalamischen Trakt zum Nucleus suprachiasmaticus (SCN) weiter. Über das Brustmark gelangt die Information in das Ganglion cervicale superior, wo postganglionäre sympathische Nervenfasern ausgehen, die die Information schließlich in die Zirbeldrüse übergeben [102].





**Abbildung 2: Informationsweitergabe über Lichtverhältnisse für die Melatoninbildung [40].**

Wenn Dunkelheit vorherrscht, wird an den sympathischen Fasern Noradrenalin freigesetzt, welches die Produktion von Melatonin aus Tryptophan in der Pinealzelle stimuliert. Dieser Mechanismus geschieht langsam. Im Blutkreislauf wirkt Melatonin vor allem an zentralen, hochaffinen Bindungsstellen im Hypothalamus und der Adenohypophyse. Melatonin wird in der Leber metabolisiert und über die Niere ausgeschieden [78].

Herrscht Helligkeit vor, wird diese Information über denselben Weg weitergegeben, allerdings wird nun kein Noradrenalin von den sympathischen Nervenfasern ausgeschüttet. Als Folge kommt es zu einer schnellen Hemmung der Melatoninproduktion [77].

Melatonin ist somit ein zentraler Bestandteil des Tag-Nacht-Rhythmus des Menschen. Wenn es dunkel ist, wird vermehrt Melatonin ausgeschüttet. Bei Helligkeit wird die Synthese gehemmt. Typischerweise zeigt Melatonin eine abendliche Erhöhung, einen nächtlichen Peak und einen morgendlichen Abfall [27]. Der menschliche Körper wird so auf einen 24-Stunden-Rhythmus eingestellt.

Neben der Rhythmik werden Melatonin weitere, teilweise noch schlecht erforschte Aufgaben im menschlichen Körper zugeschrieben. Eine verminderte

Melatoninkonzentration soll das Risiko für Übergewicht und Brustkrebs erhöhen [22]. Außerdem werden Melatonin positive reproduktive, besonders auf die Ovarien wirkende, Effekte zugeschrieben [13, 15].

Wie wichtig das Licht für den Melatoninhaushalt ist, wird sehr gut an der Suppression der Produktion durch hohe Blaulichtanteile deutlich. Blaulicht ist vor allem in Bildschirmen bei Fernsehern, Computern oder Smartphones zu finden, die von Jugendlichen bis kurz vor dem Schlafengehen benutzt werden. Ein hoher Anteil an Blaulicht stört die Melatoninproduktion in der Epiphyse, woraus Schlafstörungen resultieren können [26, 129].

Das Lesen eines E-Readers im Vergleich zu einem gedruckten Buch erhöht die Schlaflatenz und verringert die Schlafdauer sowie Melatoninspiegel [31]. Vor allem die kurzen Wellenlängen digitaler Geräte mit ungefähr 450 nm scheinen einen großen Einfluss auf den Melatoningehalt und die Verschiebung des Nachtrhythmus zu haben [32]. Besonders bei Kindern und Jugendlichen scheint der Effekt abhängig vom Alter stärker als bei Erwachsenen zu sein, welcher in Zusammenhang mit der Reifung der Augen steht. Die Pupillen jüngerer Menschen sind größer und ihre Linsen noch transparenter als bei Älteren, sodass ihre unausgereiften Augen sensibler und lichtdurchlässiger sind. Auch gegenüber Blaulicht sind sie somit empfindlicher [81, 117]. Bei Grundschulkindern ist der Anteil der Melatoninunterdrückung fast doppelt so groß wie bei Erwachsenen unter gleichen Lichtbedingungen [64]. Besonders bei präpubertären Kindern ist der Effekt der Melatoninsuppression stark ausgeprägt.

Im Vergleich zu postpubertären Jugendlichen wird ihr Melatoninhaushalt stärker durch abendliche Lichtexposition vor dem Zubettgehen beeinflusst [35].

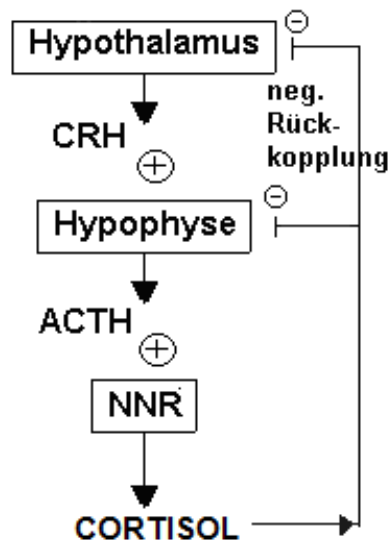
Insgesamt zeigen diese Daten, dass eine abendliche Nutzung von Bildschirmen oder anderen hellen Lichtquellen den Melatoninrhythmus stark beeinflusst. Besonders bei Kindern und Jugendlichen ist dieser Effekt stark ausgeprägt und hat somit einen Einfluss auf den Schlafrhythmus und sollte bei der täglichen Benutzung von Bildschirmen am Abend bedacht werden.

### **1.5 Cortisol**

Cortisol als wichtigstes Glukokortikoid wird in der Zona fasciculata der Nebenniere hergestellt und ausgeschüttet. Stimuliert wird die Produktion durch das adrenocorticotrope Hormon (ACTH). Dieses wird in den basophilen Zellen des Hypophysenvorderlappens aus dem Proopiomelanocortin (POMC) gebildet.

Die Ausschüttung des ACTH wird durch das Corticotropin Releasing Hormone (CRH) aus dem Hypothalamus stimuliert. ACTH unterliegt einem zirkadianen Rhythmus und wird pulsatil ausgeschüttet.

Im Sinne einer negativen Rückkopplung kann Cortisol die Ansprechbarkeit der ACTH-bildenden Zellen auf CRH sowie die CRH-Sekretion vermindern und so die Cortisolausschüttung selbst regulieren.



**Abbildung 3: Regulation der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (NNR-Nebennierenrinde).**

Die Ausschüttung von Cortisol unterliegt einem starken zirkadianen Rhythmus mit sekretorischen Episoden vor allem in den frühen Morgenstunden. In dieser Zeit sezerniert die Nebenniere das Cortisol in schnelleren Frequenzen und mit höherer Amplitude.

Diese Zeit ist eng an die erwartete Zeit des Erwachens gekoppelt. Somit ergibt sich ein Peak um 05.00 Uhr morgens.

Wenn Ruhebedingungen vorherrschen, erfolgt die Cortisolausschüttung hauptsächlich in den ersten sechs Tagesstunden. Danach ist das System fast inaktiv und wird nur zur Mittagszeit bei Nahrungsaufnahme reaktiviert. Bei körperlicher Arbeit oder psychischem Stress wird auch außerhalb des sonst typischen Rhythmus Cortisol ausgeschüttet. Auch schwere körperliche oder psychische Krankheiten können die Cortisolsekretion verstärken [96].

Zusätzlich hängt das Alter mit der Cortisolsekretion zusammen. So sind bei älteren Menschen im Mittel höhere Cortisolkonzentrationen zu finden als bei jüngeren [58].

Das Glukokortikoid Cortisol hat vielfältige Effekte und Aufgaben im menschlichen Körper. Beispielsweise wirkt es diabetogen, lipolytisch und antiinflammatorisch [25, 96].

### **Cortisol und Stress**

Cortisol spielt eine große Rolle bei einer Stressreaktion. Über die Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse (HHNA) wird circa 20 Minuten nach psychischem oder körperlichem Stress, wie zum Beispiel Sport, vermehrt Cortisol ausgeschüttet [96].

Interindividuell zeigen sich hierbei aber deutliche Unterschiede in der Stärke der Achsenaktivierung auf einen Stressfaktor. Dabei lassen sich sogenannte „low responders“ und „high responders“ in Bezug auf ihre Cortisolantwort unterscheiden [19, 110, 118].

Werden „high responders“ einem Stressor ausgesetzt, reagieren sie mit einem deutlichen Anstieg ihres Cortisols. „Low responders“ hingegen fehlt dieser Anstieg über die Aktivierung der HHNA oder diese fällt deutlich schwächer aus. Auch eine mehrmalige Konfrontation mit dem Stressor im Sinne einer Anpassung vermindert die Cortisolausschüttung bei „high responders“ nicht [53, 76].

Interessant in Hinsicht auf die klinische Bedeutung ist, dass vor allem bei Männern als „high responder“ neben erhöhten Cortisol-Werten auch höhere LDL-Cholesterin und Gesamtcholesterin und erniedrigte HDL-Cholesterinwerte zu beobachten sind [104]. Als Konsequenz steigt das Risiko für vaskuläre Erkrankungen.

Auch chronischer Stress kann zu einer Änderung der ACTH- und Cortisolspiegel führen. In Untersuchungen mit Ratten konnten bei chronisch gestressten Tieren vergrößerte Nebennieren nachgewiesen werden. Die Tiere wiesen erhöhte basale Cortisolkonzentrationen im Vergleich zu nicht gestressten Ratten auf. Außerdem konnte ein verstärkter negativer Feedback-Mechanismus bei den chronisch gestressten Tieren festgestellt werden. Bei einem akuten Stressor reduzierten sich die Cortisolwerte bei chronisch gestressten Ratten schneller wieder auf den Ausgangswert als bei nicht gestressten Tieren [93].

Der Begriff „Stress“ wurde in der Geschichte immer wieder diskutiert und mit verschiedenen Schwerpunkten definiert. Bereits 1859 beschrieb der Physiologe Bernard die Bedeutung des „Milieu intérieur“ für die Aufrechterhaltung des Lebens. Er war somit der Mitbegründer des Konzepts der Homöostase, welches von Cannon im Jahr 1925 ausgearbeitet wurde [113]. Dieser beschrieb die physiologischen Prozesse, die für die Aufrechterhaltung der Kontinuität im Organismus wichtig sind und bei Störungen zu

Krankheit führen. Des Weiteren beschrieb er das Modell der „Kampf- und Fluchtreaktion“, welches durch den Sympathikus den Körper innerhalb kürzester Zeit auf einen möglichen Kampf oder eine Flucht vorbereiten soll [28].

Hans Selye ging einen Schritt weiter und untersuchte Stress als eine unspezifische körperliche Reaktion auf jegliche Art von Anforderungen. Er unterteilte Stressreaktionen in drei verschiedene Phasen. Die Alarmreaktion beschreibt die erste Phase, bei welcher der Körper in eine Schockphase gelangt und bei der durch den Sympathikus eine erhöhte Konzentration von Adrenalin und Noradrenalin zu finden ist. In der darauffolgenden Widerstandsphase kann der Körper durch physiologische Anpassung dem Stressor für einen gewissen Zeitraum Widerstand leisten. Diese ist geprägt durch eine Erhöhung des Glucosestoffwechsels, Dämpfung der Schilddrüsen- und Sexualfunktionen und einer erhöhten Ausschüttung von Cortisol. Bei längerer Stresseinwirkung kommt es zu der Erschöpfungsphase, in welcher der Parasympathikus gegenreguliert. In dieser Phase können körperliche Krankheiten entstehen [107, 108].

Stress versetzt den Körper in eine besondere Situation. Wird vom Gehirn ein Erlebnis als stressreich wahrgenommen, setzt die akute Stressreaktion binnen weniger Sekunden ein. Dabei wird Noradrenalin aus den Enden der sympathischen Nervenfasern und dem Nebennierenmark zusätzlich zu Adrenalin, ebenfalls aus dem Nebennierenmark, ausgeschüttet.

Des Weiteren erfolgt eine Ausschüttung des Corticotropin-releasing Hormone (CRH), des Antidiuretischen Hormons (ADH) sowie des Oxytocins aus dem Hypothalamus und der Hypophyse. Der Glukokortikoidspiegel steigt erst mit einer Verzögerung an, sodass sein Maximum nach 30-60 Minuten erreicht ist. Bei einer akuten Stressreaktion von wenigen Minuten haben Glukokortikoide somit keinen Einfluss. Sie sind jedoch wichtig für die negative Rückkopplung der CRH-Ausschüttung.

Bei langandauerndem Stress findet eine erhöhte Aktivierung der Hypothalamus-Hypophyse-Nebennierenrinde-Achse statt. Daraus resultieren erhöhte Cortisolwerte für längere Zeit [16].

Cortisol kann einen direkten Einfluss auf das Gehirn haben, indem es die neuronale Plastizität beeinflusst. Ein längerer Einfluss von Stress kann durch Cortisol die Synthese und Ausschüttung neurotropher Stoffe verändern [84]. Ineffiziente Verhaltensweisen bei der Stressbewältigung werden durch Abbau neuronaler Netzwerke unterdrückt und neue, effiziente Bewältigungsstrategien werden fest im Gehirn verankert.

So könnte zum Beispiel eine Freizeitbeschäftigung wie wiederholtes stressreiches Videospiele bei Schülern mit chronischer Stressbelastung zu langfristigen körperlichen und psychischen Stressfolgen führen. Erhöhte Cortisolspiegel stehen in Zusammenhang

mit einem erhöhten Blutzuckerspiegel und Diabetes mellitus, Gewichtszunahme, Schilddrüsenerkrankungen, kardiovaskulären Erkrankungen und Verdauungsproblemen. Spannungskopfschmerz, eine verminderte Immunkompetenz und vermehrte affektive Störungen sind typische Langzeitfolgen [113].

Auch zu wenig Schlaf kann zu einem erhöhtem Cortisolspiegel und seinen Folgen führen. Eine Verringerung der Total Sleep Time unter fünf Stunden erhöht die Cortisol- und Glucosespiegel und kann zu einem chronischen metabolischen Ungleichgewicht führen [37].

## 1.6 Gedächtnis

Das Gedächtnis beschreibt die wichtige Aufgabe des Gehirns, Informationen aufzunehmen, umzuwandeln, zu speichern und abzurufen. Je nach Dauer der Informationsspeicherung lässt sich das Gedächtnis in drei quantitative Systeme untergliedern:

1. Sensorisches Gedächtnis: Dieses beschreibt die Fähigkeit, aktuelle Sinnesinformationen für wenige Sekunden zwischenzuspeichern. Die Speicherkapazität dieses Systems ist sehr groß und wird fortlaufend durch neue Sinneswahrnehmungen aktualisiert. Die jeweilige Information wird nur für wenige Millisekunden bis Sekunden gespeichert. Dies gibt dem System den häufig verwendeten Begriff des „Ultrakurzzeitgedächtnisses“.
2. Kurzzeitgedächtnis: Selektierte Informationen werden für wenige Sekunden bis mehrere Minuten in das Kurzzeitgedächtnis übertragen. Dieser Speicher hat eine begrenzte Kapazität und hält eine begrenzte Menge an unmittelbar verfügbaren Informationen bereit. Als eine Unterkategorie ist das Arbeitsgedächtnis anzusehen. Dieses ist wichtig für die Verarbeitung der neu aufgenommenen Informationen. Es hilft beispielsweise, einen Satz richtig zu verstehen, da man sich noch an den Anfang des Satzes erinnern kann. Eine zentrale Rolle beim Arbeitsgedächtnis spielt der präfrontale Kortex als Verarbeitungsort der Informationen.
3. Langzeitgedächtnis: Das Langzeitgedächtnis beschreibt die dauerhafte Speicherung von Informationen über Stunden, Tage, Jahre oder auch ein Leben lang. Der Prozess des Abspeicherns von Informationen in das Langzeitgedächtnis nennt sich Konsolidierung. Wiederholungen und zirkulierende Informationen im Gehirn erleichtern die Konsolidierung.

Es werden zwei qualitative Formen des Langzeitgedächtnisses unterschieden: das deklarative (explizite) und das nicht-deklarative (implizite) Gedächtnis [112].

Das deklarative Gedächtnis speichert Faktenwissen über Objekte, Begriffe und Ereignisse, das bewusst wiedergegeben werden kann. Es wird in das semantische Gedächtnis über personenunabhängige, allgemeine Fakten (zum Beispiel: „Berlin ist die Hauptstadt von Deutschland“) und das episodische Gedächtnis über Ereignisse und Tatsachen aus dem eigenen Leben (zum Beispiel die Erinnerung an einen Besuch in Berlin) unterschieden. Wichtige Hirnareale, die für das deklarative Gedächtnis entscheidend sind, sind die Hippokampusformation sowie die benachbarten Regionen des Gyrus parahippocampalis, des Cortex entorhinalis und des Cortex perirhinalis.

Das nicht-deklarative (implizite) Gedächtnis speichert Informationen über Fähigkeiten ab, die häufig unbewusst abgerufen werden können. Dazu zählt zum Beispiel Radfahren oder Klavierspielen. Es wird in vier Teilsysteme gegliedert: prozedurales Gedächtnis (Lernen von Fähigkeiten und Abläufen), Bahnung (Ergänzung von unvollständig präsentierten Objekten aufgrund einer zuvor erlernten Instruktion), nicht-assoziatives Lernen (Habituation und Sensitisierung), und assoziatives Lernen (klassische Konditionierung) [96, 106]. Eine Übersicht über die qualitativen Formen des Langzeitgedächtnisses gibt Abbildung 4.

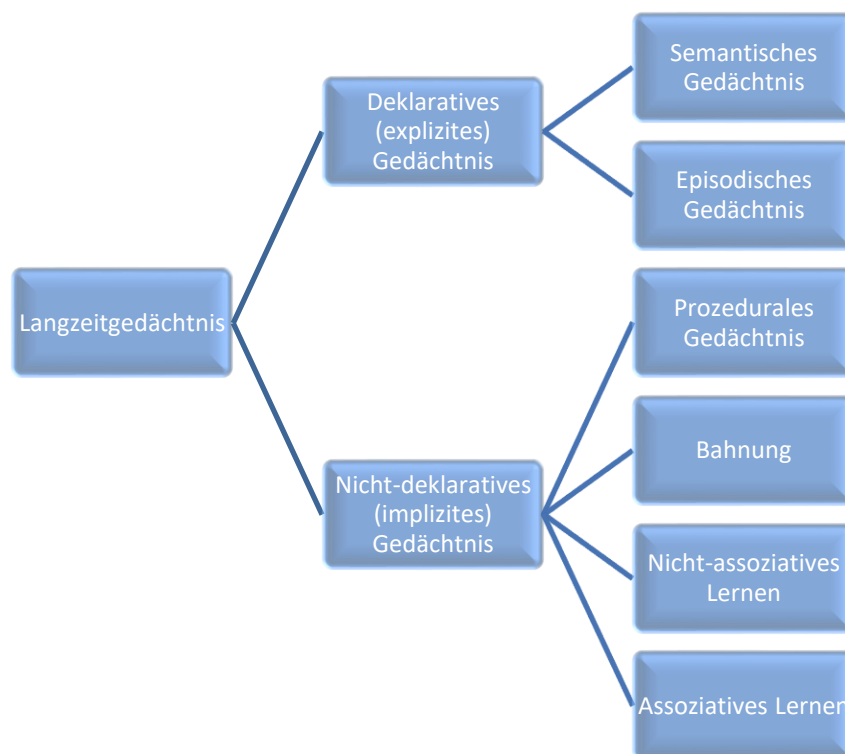


Abbildung 4: Übersicht der qualitativen Formen des Langzeitgedächtnisses.

Die Abspeicherung von Informationen vom Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis wird Gedächtniskonsolidierung genannt. Dabei wird eine Information durch Encodierung in eine dauerhafte Form übertragen. Durch Wiederholungen und Üben zirkuliert eine Information im Kurzzeitgedächtnis und kann leichter ins Langzeitgedächtnis übertragen werden. Die im Langzeitgedächtnis gebildete Gedächtnisspur wird Engramm genannt. Durch Wiedergabe einer Information wird im Langzeitgedächtnis das Engramm stets verändert, sodass das Gedächtnis ein dynamischer Prozess bleibt.

Das Gedächtnis kann auf verschiedene Arten getestet werden. Besonders in Bezug auf das deklarative Gedächtnis eignen sich Wortlistenlerntests sehr gut. Als Beispiel kann der „Verbale Lern- und Merkfähigkeitstest“ genannt werden [61].

### **Gedächtniskonsolidierung und Schlaf**

Schon seit vielen Jahren ist bekannt, dass Schlaf und Gedächtnis zusammenhängen. Schon 1914 fand Heine, dass Silben, die unmittelbar vor dem Schlafen gelernt werden, besser behalten werden als solche, die zu anderen Tageszeiten gelernt werden [59]. Später konnte festgestellt werden, dass Informationen, die vor dem Schlafen gelernt wurden, auch nach mehreren Tagen besser behalten wurden als Informationen, die nach dem Schlafen gelernt wurden [56, 103]. Eine Unterscheidung, ob die verbesserte Gedächtnisleistung auf einer Konsolidierung, einer nicht vorhandenen Interferenz oder einem verringerten Vergessen beruht, konnten diese Studien nicht liefern.

Nach der Entdeckung des REM- und NREM-Schlafes wurde in der Literatur vermehrt diskutiert, ob einzelne Schlafstadien förderlich für die Konsolidierung seien. Es gestaltete sich jedoch als schwierig, ein Versuchsmodell zu entwickeln, das eine Zuordnung der Gedächtnisleistung auf ein bestimmtes Schlafstadium erlaubte, ohne dass der Schlaf zu stark gestört wurde.

Erst in den 70er Jahren gestaltete Ekstrand einen Versuchsaufbau, der den Schlaf der ersten Nachthälfte mit dem Schlaf der zweiten Nachthälfte verglich. Da SWS vermehrt in der ersten und REM-Schlaf vor allem in der zweiten Nachthälfte vorkommen, konnte der Einfluss der verschiedenen Schlafstadien auf die Konsolidierung erfasst werden, ohne dass der zirkadiane Rhythmus zu stark gestört wurde. Die Versuche zeigten als erstes einen deutlichen Einfluss des SWS auf das deklarative Gedächtnis in Bezug auf einen Test mit Wortpaaren [12, 45, 50, 130].

Im weiteren Verlauf der Forschung wurde vermehrt der Einfluss von Schlaf auf das deklarative im Vergleich zum Einfluss auf das nicht-deklarative Gedächtnis untersucht. Plihal et Born fanden heraus, dass sich früher, durch SWS geprägter Schlaf, positiv auf



das Merken von Wortlisten und räumliches Denken auswirkt, während der spätere REM-Schlaf positive Effekte auf das prozedurale Gedächtnis (hier Spiegelzeichenaufgabe) und Priming-Prozesse aufweist [98].

Weiterführende Studien konnten keine homogenen Ergebnisse zeigen. Sie unterschieden sich in ihren Ergebnissen in Dauer des Lernerfolges und der Zuordnung zu genauen Schlafstadien. Hier ist jedoch zu bedenken, dass häufig unterschiedliche Aufgaben an Probanden getestet wurden, die verschiedene Teile des Gedächtnisses aktivieren. So ist es beispielsweise schwierig, visuelle mit motorischen Leistungen zu vergleichen, was zu einer schlechten Homogenität der Ergebnisse führt [114, 121].

Eine weitere Überlegung des Zusammenhanges zwischen Konsolidierung und Schlaf stellt die Sequenzhypothese dar. Diese sagt aus, dass nicht ein einzelnes Schlafstadium wichtig für die Konsolidierung ist, sondern vielmehr eine Abfolge von Schlafstadien eine größere Rolle spielt. In einem Rattenversuch konnte gezeigt werden, dass der Lerneffekt größer ist, wenn der nachfolgende Schlaf einen hohen Anteil von Übergängen von SWS in REM-Schlaf hat [80].

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass noch einige Fragen in der Forschung zu Schlaf und Gedächtnis offen sind. Trotzdem sind die Ergebnisse der Studien, die dem Schlaf eine positive Wirkung auf das Gedächtnis zuschreiben, sehr robust. Dem SWS wird vor allem in Bezug auf das deklarative Gedächtnis eine große Rolle zugeschrieben [83]. Schlafentzug stellt ein Hindernis für eine gute Gedächtnisleistung dar und zeigt ebenfalls die Bedeutung des Schlafes [123].

### **Gedächtniskonsolidierung und Hormone**

Melatonin scheint einen bedeutenden Einfluss auf die Gedächtniskonsolidierung zu haben. Es konnte gezeigt werden, dass Melatonin ein potentieller Regulator in der Gedächtnisbildung, der Langzeitpotenzierung und der synaptischen Plastizität im Hippokampus ist. Dies ist vor allem auf die Interaktion mit inhibitorischen sowie exzitatorischen Neurotransmittersystemen zurückzuführen [95, 111]. Als Beispiel ist die Modulation der Erregbarkeit hippocampaler Neurone zu nennen. Durch Hyperpolarisation soll Melatonin die NMDA-Rezeptor-Aktivität beeinflussen und somit einen Effekt auf Langzeitpotenzierung haben [122]. Gorfine et al. entwickelten einen Versuchsaufbau, bei dem eine Gruppe nach dem Lernen eine Kurzschlafphase von circa zwei Stunden absolvierte, während eine andere Gruppe nach dem Lernen wach blieb. Innerhalb dieser Gruppe wurde der einen Hälfte der Probanden Melatonin und der anderen Hälfte ein Placebo substituiert. Es zeigte sich, dass das substituierte Melatonin

vergleichbare Effekte auf verbale, hippocampale Gedächtnisprozesse hat wie richtiger Schlaf [55]. Neuronale Plastizitätsänderungen werden somit in ähnlicher Weise durch Melatonin und Schlaf induziert und die Gedächtniskonsolidierung gefördert.

Auch der Einfluss von Cortisol auf die Gedächtnisleistung wird diskutiert. Einige Studien konnten zeigen, dass mentaler Stress zu einer Beeinträchtigung der deklarativen Gedächtnisleistung führt [75, 128]. Gleichzeitig wurde jedoch eine unveränderte non-deklarative Gedächtnisleistung beobachtet [46]. Ein besonders großer Einfluss von Cortisol auf die Gedächtnisleistung konnte vor allem bei sogenannten „high responders“ gefunden werden (siehe Kapitel 1.5). Eine weitere Unterscheidung muss in Bezug auf den Zeitpunkt des Stressors und die Art des Lernmaterials gemacht werden. Elzinga et al. entdeckten, dass nur nach dem Stressor gelerntes Material beim verzögerten Abruf, nicht aber bei sofortigem Abruf schlechter erinnert wurde. Insgesamt ist also ein hemmender Einfluss von Cortisol auf die Konsolidierung und den Abruf neutralen Materials wahrscheinlich [46].

Dahingegen wird angenommen, dass die Gedächtniskonsolidierung emotionaler Inhalte durch Stress und endogene Cortisolanstiege verbessert werden kann. Dies ist wahrscheinlich vom Ausmaß des emotionalen Arousals abhängig [1]. Wird hingegen ein Stressor kurz vor dem Abruf, also nach der Enkodierungs- und Konsolidierungsphase, eingesetzt, verschlechtert sich der Abruf von emotionalen Wörtern und Bildern [41].

## 2. Fragestellung

Auswirkungen langer, gewaltreicher Videospiele auf den Schlaf und das deklarative Gedächtnis sollen in dieser Studie untersucht werden. Als ein zentraler Messwert der Schlafqualität wurde der Einfluss auf die Schlafeffizienz untersucht. Folgende zwei Hauptfragen sollen geklärt werden:

### *1. Einfluss exzessiven Videospielens auf die Schlafeffizienz*

Ziel ist es, den Effekt auf den Schlaf nach dem Stimulus Video- oder Brettspiel zu messen. Dafür wird besonderer Wert auf die Schlafeffizienz als Marker für einen qualitativ guten Schlaf gelegt.

### *2. Einfluss exzessiven Videospielens auf das deklarative Gedächtnis*

Es soll untersucht werden, ob sich die Gedächtnisleistung bei einem verzögerten Abruf des Gelernten verändert, wenn nach dem Lernen und vor der Konsolidierung ein Videospiele als Stressor eingesetzt wird.

Im Rahmen der Studie wurden noch weitere Parameter untersucht, die hier jedoch als Nebenfragen betrachtet werden:

- I. Einfluss exzessiven Videospielens vor dem Schlafengehen auf die Tagesmüdigkeit und Vigilanz am nächsten Morgen*
- II. Einfluss exzessiven Videospielens vor dem Schlafengehen auf den Melatoninspiegel*
- III. Einfluss exzessiven Videospielens vor dem Schlafengehen auf den Cortisolspiegel*

### **3. Probanden und Methoden**

#### **3.1 Probanden**

In die Studie wurden 20 männliche Jugendliche im Alter von 16-18 Jahren eingeschlossen.

Einschlusskriterien waren neben Alter und Geschlecht der Besuch der gymnasialen Oberstufe und ein moderater Videospielekonsum (1 - 4,5 Stunden pro Tag). Des Weiteren wurde darauf geachtet, dass alle Probanden zumindest gelegentlich Videospiele mit Gewaltdarstellungen spielten. Damit sollte eine größtmögliche Homogenität der Teilnehmer sichergestellt werden.

Ausgeschlossen wurden Schüler mit neurologischen oder kardialen Erkrankungen, mit bereits diagnostizierten Schlafstörungen oder regelmäßiger Medikamenteneinnahme.

Um eine höhere Homogenität des Studienkollektivs zu erreichen, wurden Frauen bewusst als Probandenkollektiv ausgeschlossen, da ihr Schlafrhythmus durch zyklische Hormonschwankungen und eventuelle orale Kontrazeption beeinflusst wird [89].

#### **3.2 Rekrutierung**

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte über einen Zeitungsartikel in der „Oberhessischen Presse“ sowie einen Kontakt über Schulen. Nach Kontaktaufnahme wurde durch ein telefonisches Interview anhand eines Screening-Fragebogens (siehe Anhang) geklärt, ob die Jugendlichen den Anforderungen entsprachen. War dies der Fall, wurden sie mit vier weiteren Probanden einer Gruppe zugeteilt, in der sie die Studie durchliefen. Um die Motivation während des Computerspielens so hoch wie möglich zu halten, wurde bei der Zuteilung zu einer Gruppe darauf geachtet, dass möglichst Jugendliche mit ähnlichem Spielverhalten einer Gruppe zugeordnet wurden.

Im Vorfeld des ersten Messtages wurden die Probanden über die Studie in einem persönlichen Gespräch aufgeklärt und ein Informationsblatt ausgehändigt. Lag noch keine Volljährigkeit vor, wurden die Erziehungsberechtigten der Probanden gebeten, ihr Einverständnis durch eine Unterschrift für die Studie zu geben (siehe Anhang).

Für die erfolgreiche Teilnahme an der gesamten Studie wurde den Probanden eine Vergütung von 100 € ausgehändigt.

### **3.3 Messmethoden**

#### **Polysomnographie**

Die Polysomnographie bietet dem Untersucher die Möglichkeit, einen Einblick in den Schlaf des Patienten zu bekommen. Dafür verbringt der Patient meist eine Nacht in einem Schlaflabor. Es werden nächtliche Daten erhoben, dazu zählen elektroenzephalographische, elektrookulographische und elektromyographische (submental und am Unterschenkel) Ableitungen. Mit Hilfe dieser Messungen kann die Schlafdauer, die Schlafqualität und die Aufteilung der einzelnen Schlafphasen beurteilt werden. Zusätzlich helfen sie, andere neurologische Erkrankungen, wie zum Beispiel das Restless-legs-Syndrom oder epileptische Störungen, abzugrenzen. Des Weiteren ist eine Messung der nächtlichen Herzfrequenz durch ein Elektrokardiogramm und eine Oxymetrie zur Feststellung nächtlicher Sauerstoffuntersättigungen obligat. Einen weiteren wichtigen Bestandteil stellt die Beurteilung der Atmung mithilfe eines thorakalen und abdominellen Atemgurts sowie der Messung des nasalen Luftstroms dar. Zusätzlich werden Bild- und Tonaufnahmen aufgezeichnet, die wichtig bei der Diagnostik von Parasomnien und der Abgrenzung zu epileptischen Anfällen sind [20]. Die polysomnographischen Daten in dieser Studie wurden mithilfe des Embla® N7000-Systems erfasst und mithilfe des Computerprogramms Somnologica durch erfahrene Medizin-technische Assistenten anhand der Standardkriterien der American Academy of Sleep Medicine (AASM) ausgewertet [6].

#### **Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest**

Der Verbale Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT) ist ein Wortlistenlerntest für das deklarative Gedächtnis. Er besteht aus zwei Wortlisten, die sich aus je 15 semantisch unabhängigen Wörtern zusammensetzen. Die erste Wortliste wird nach lautem Vorlesen durch den Versuchsleiter fünfmal vom Probanden repetiert. Anschließend wird die zweite Wortliste vorgelesen und vom Probanden einmalig wiedergegeben. Im Rahmen dieser Studie fand im Anschluss der Stimulus „Monopoly“ oder „Videospiele“ statt. Der Abruf der erinnerten Wörter erfolgte nach dem Spiel sowie am nächsten Morgen ohne ein erneutes Vorlesen der Wörter. Für wiederholte Testungen existieren Parallelförmungen des Tests. Des Weiteren kann mit dem VLMT eine Wiedererkennungslernleistung erfasst werden, indem eine Wiedererkennungslernliste aus 30 Wörtern der beiden Wortlisten sowie 20 weiteren semantisch ähnlichen Wörtern abgefragt wird. In dieser Studie wurde diese Leistung jedoch nicht weiter ausgewertet [61].

## Pupillographischer Schläfrigkeitstest

Mit dem Pupillographischen Schläfrigkeitstest (PST) soll die Müdigkeit eines Menschen objektiv beurteilt werden. Dabei wird der Proband gebeten, in einem abgedunkelten Raum 11 Minuten auf eine Lichtquelle zu schauen. Mithilfe einer Kamera kann die Pupille in ihrem Durchmesser ausgemessen werden. Aus den Spontanfluktuationen des Pupillendurchmessers wird dann ein Pupillen-Unruhe-Index (PUI) berechnet, der als Maß für die Müdigkeit gewertet werden kann [126].

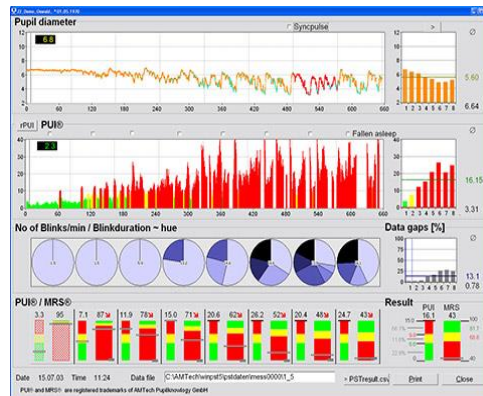


Abbildung 5: Versuchsaufbau des PST und Beispiel eines Messprotokolls [3].

### **Marburger Vigilanztest**

Der Marburger Vigilanztest (VigiMar) ist ein 90-minütiger Aufmerksamkeitstest, bei dem der Proband einer sehr monotonen Aufgabe ausgesetzt ist. Es ist ein Vierfach-Wahl-Test, der die Reaktionszeit in der reizarmen Situation misst. Dabei muss der Proband durch Drücken eines Knopfes reagieren, wenn auf einem Bildschirm eins von vier Kästchen verschwindet. Dies geschieht in einer Frequenz von circa 1-2 Minuten. Als Maß der objektiven Vigilanz wird die Mittlere-Reaktionszeit (MRZ) angegeben [30].



**Abbildung 6: Versuchsaufbau des VigiMar [66].**

### **Stanford-Schläfrigkeits-Skala**

Um die morgendliche Schläfrigkeit der Probanden nach der Nacht zu quantifizieren, wurde von jedem am Sonntagmorgen eine Stanford-Schläfrigkeits-Skala (SSS) ausgefüllt. Diese beinhaltet sieben quantitative Beschreibungen der momentanen Müdigkeit von hellwach bis fast schlafend, aus denen die Probanden eine Möglichkeit wählen sollen [65].

Probandencode: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Uhrzeit: \_\_\_\_\_

Kreuzen Sie bitte eine der untenstehenden sieben Aussagen an, die am besten den Grad Ihrer momentanen Schläfrigkeit bzw. Wachheit beschreibt.

- |   |   |
|---|---|
| 1 | Aktiv und munter; aufmerksam; hellwach.   |
| 2 | Leistungsfähig auf hohem, aber nicht höchstem Niveau; fähig, sich zu konzentrieren. |
| 3 | Entspannt; wach; nicht vollkommen aufmerksam; aufnahmefähig.                        |
| 4 | Ein wenig matt; nicht auf der Höhe; nachlassend.                                    |
| 5 | Mattigkeit; das Interesse wachzubleiben beginnt verlorenzugehen; verlangsamt.       |
| 6 | Schläfrigkeit; ziehe es vor, mich hinzulegen; gegen den Schlaf ankämpfend; dösig    |
| 7 | Fast schon träumend; kurz vor Schlafbeginn; Ringen ums Wachbleiben verloren.        |

**Abbildung 7: Stanford-Schläfrigkeits-Skala.**



## Epworth-Schläfrigkeits-Skala

Mithilfe der Epworth-Schläfrigkeits-Skala (ESS) wird die habituelle Tagesschläfrigkeit der Probanden objektiv gemessen. Diese ist ein standardisierter Fragebogen, bei dem die Testpersonen einschätzen sollen, mit welcher Wahrscheinlichkeit sie in acht verschiedenen Alltagssituationen einschlafen würden. In acht Kategorien soll der Proband Punkte von 0-3 vergeben. Die Summe der vergebenen Punkte gibt den ESS-Score an. Eine Punktzahl  $\geq 11$  ist ein Hinweis auf eine erhöhte Tagesschläfrigkeit, ein Score  $< 11$  spricht für eine normale Tagesschläfrigkeit [71, 105]. Die Skala wurde einmalig von jedem Probanden zu Beginn der drei Wochenenden ausgefüllt.



Standort Marburg  
Klinik für Innere Medizin mit  
Schwerpunkt Pneumologie  
Schlafmedizinisches Zentrum  
Leitung: Prof. Dr. U. Koehler

### Epworth Schläfrigkeitsskala

Name: \_\_\_\_\_

Alter (in Jahren): \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Geschlecht (männlich = m; weiblich = w): \_\_\_\_\_  
Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie in den folgenden Situationen einnicken oder einschlafen, sich also nicht nur müde fühlen? Dies bezieht sich auf Ihren Alltag in der letzten Zeit. Selbst wenn Sie einige der Situationen in letzter Zeit nicht erlebt haben, versuchen Sie sich vorzustellen, wie diese auf Sie gewirkt hätten.

Benutzen Sie die folgende Skala, um die *am besten passende Zahl* für jede Situation auszuwählen.

- 0 = würde **niemals** einnicken
- 1 = **geringe** Wahrscheinlichkeit einzunicken
- 2 = **mittlere** Wahrscheinlichkeit einzunicken
- 3 = **hohe** Wahrscheinlichkeit einzunicken

**Es ist wichtig, dass Sie jede Frage so gut Sie können beantworten.**

Situation	Wahrscheinlichkeit des Einnickens
im Sitzen lesend	
beim Fernsehen	
ruhiges Sitzen an einem öffentlichen Ort (z.B. Theater oder Versammlung)	
als Mitfahrer in einem Auto, während einer einstündigen Fahrt ohne Unterbrechung	
sich nachmittags zum Ausruhen hinlegen, wenn es die Umstände erlauben	
wenn Sie sitzen und sich mit jemandem unterhalten	
ruhiges Sitzen nach einem Mittagessen ohne Alkohol	
in einem Auto, während man für wenige Minuten im Verkehr anhält	

**Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!**

Version 5.8 /14.09.11

Abbildung 8: Epworth-Schläfrigkeits-Skala.

### **Cortisol und Melatonin**

Um den Cortisolspiegel quantitativ gut messen zu können, wird häufig der Speichel als Messmedium genutzt. Er gilt als ein guter Indikator für die freie Plasma-Cortisol-Konzentration [74]. Außerdem hat Speichel im Vergleich zu Blutproben den Vorteil, dass die Bestimmung kostengünstig ist und er einer leicht durchführbaren, noninvasiven Abnahme bedarf, die aus ethischer Sicht unbedenklich ist. Dieses Verfahren wurde auch in dieser Studie angewandt. Die Speichelproben wurden durch ein endokrinologisches Labor mit Hilfe des ELISA-Tests („Enzyme-linked Immunosorbent Assay“) ausgewertet. Für Cortisol wurde das Salivary Cortisol-Kit HS ELISA- SLV-4635 der Firma DRG Instruments GmbH verwendet.

Analog dazu dient eine Speichelprobe ebenfalls als ein guter qualitativer Nachweis für Melatonin. Dieses wurde ebenfalls durch einen ELISA-Test bestimmt. Dafür wurde das Melatonin-Kit direct (Salivary) ELISA-SLV-4779 DRG Instruments GmbH benutzt.

### 3.4 Studienablauf

Jeder Proband verbrachte drei Nächte im Schlafmedizinischen Zentrum des UKGM Marburg. Die erste Nacht war eine Eingewöhnungsnacht, damit sich die Jugendlichen an die ungewohnte Situation in einem Schlaflabor gewöhnen konnten. Die zwei anderen Nächte waren jeweils eine Brettspielnacht und eine Videospielnacht. Die Testbedingung, in der ein Computerspiel gespielt wurde, wird im Folgenden „Videospielnacht“ genannt, die, in der „Monopoly“ gespielt wurde, „Brettspielnacht“. Die Zuteilung, welche Gruppe mit welcher Nacht begann, erfolgte zwischen den Gruppen im counterbalance design, sodass zwei Gruppen mit der Brettspielnacht und zwei mit der Videospielnacht im Anschluss an die Eingewöhnungsnacht begannen. In der letzten Nacht folgte dann die jeweils noch fehlende Situation.

Im Verlauf der Studie kam es zu zwei Drop-outs. Daher gab es zwei Gruppen, die die Messungen teilweise zu viert durchliefen. Sonst betrug die Gruppengröße je fünf Jugendliche.

Anbei soll der zeitliche Ablauf noch einmal schematisch dargestellt werden:

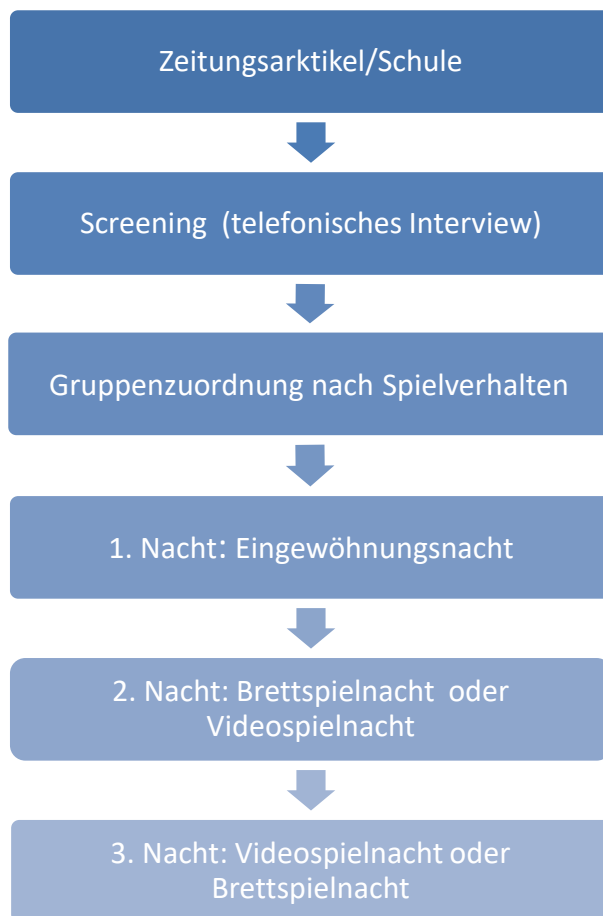


Abbildung 9: Schematische Darstellung des Studienablaufs.

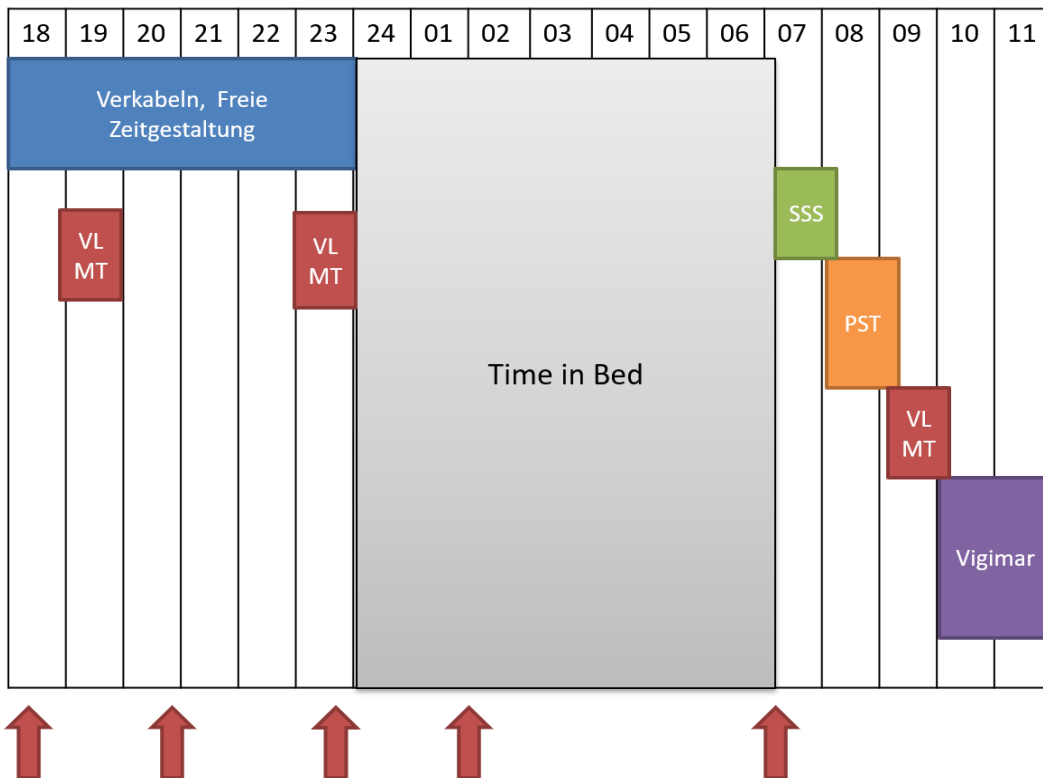
In der Brettspielnacht spielten die Probanden fünf Stunden gemeinsam in ihrer Gruppe das Brettspiel „Monopoly“ unter gedämpften Lichtverhältnissen, um einen Abend zu Hause nachzuempfinden.

„Monopoly“ ist ein klassisches Brettspiel mit dem Ziel, mehr Geld als die Mitspieler zu verdienen. Die Videospielnacht sah analog dazu fünfstündiges Spielen des Spiels „Counter Strike - Global Offensive“ ebenfalls in der Gruppe vor. Dieser Ego-Shooter ist ein beliebtes Computerspiel, bei dem die Spieler in eine Terroristen- und Anti-Terroreinheit unterteilt werden. Die Terroristen müssen eine Bombe platzieren oder Geiseln halten, während die Antiterrorereinheit die Bombe entschärfen oder Geiseln befreien muss. Dabei werden Spielorte und Kampfszenen detailgetreu nachempfunden. Laut der USK-Einstufung ist das Spiel ab 16 Jahren freigegeben und somit dem Alter der Probanden entsprechend.

Zeitlich hatten beide Abende den gleichen Ablaufplan, nur dass sich der Stimulus (Brettspiel beziehungsweise Videospiele) unterschied.

Die Messungen fanden im Zeitraum von September 2015 bis Februar 2016 im Schlafmedizinischen Zentrum in Marburg statt. Dabei wurde nur in den Nächten von Samstag auf Sonntag gemessen. Wochenenden, die terminlich in den Schulferien lagen, wurden ausgeschlossen, um einen möglichst vergleichbaren Wochenablauf der Schüler zu gewährleisten.

Die Eingewöhnungsnacht begann um 18.00 Uhr und die Probanden wurden von geschulten Angestellten des Schlaflabors an die Polysomnographie angeschlossen. Anschließend durften sie den Abend frei gestalten, zum Beispiel mit Lesen oder Fernsehschauen. Dadurch sollte ein normaler Abend zu Hause nachgestellt werden. Die oben beschriebenen Tests wurden auch in dieser Nacht durchgeführt, damit die Probanden die Tests kennenlernen konnten und in den beiden anderen Messnächten dieselben Bedingungen herrschten. An diesem Messtag wurde von allen Probanden einmalig die Epworth Sleepiness Scale als Maß für die allgemeine Tagesschläfrigkeit ausgefüllt. Abbildung 10 soll einen Überblick über den zeitlichen Ablauf der Einführungsnacht liefern.



**Abbildung 10:** Schematische Darstellung des zeitlichen Versuchsablaufs in der Eingewöhnungsnacht. Speichelprobenentnahmen sind mit roten Pfeilen gekennzeichnet. Die dargestellte Dauer der Tests entspricht nicht der Durchführung pro Proband (VLMT- Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest, SSS- Stanford-Schläfrigkeitsskala, PST- Pupillographischer Schläfrigkeitstest, VigiMar- Marburger Vigilanztest).

Die Brettspielnacht begann um 15.00 Uhr. Nach dem Anschließen an das Polysomnographiegerät durchliefen die Probanden den „Verbalen Lern- und Merkfähigkeitstest“. Von 18.00 bis 23.00 Uhr spielten die Jugendlichen gemeinsam das Brettspiel „Monopoly“ in einem Zimmer unter gedämpften Lichtverhältnissen. Nach dem Wechsel in das eigene Zimmer wurde einmalig der VLMT abgerufen und um etwa 00.00 Uhr das Licht gelöscht. Um circa 07.00 Uhr wurden die Probanden geweckt. Anschließend wurde die Stanford Schläfrigkeitsskala ausgefüllt und der Pupillographische-Schläfrigkeitstest sowie der Abruf des VLMT durchgeführt. Die Messung beendete der VigiMar.



**Abbildung 11: Eine Gruppe von fünf Probanden beim fünfstündigen Monopolspielen.**

Die Videospielnacht begann ebenfalls um 15.00 Uhr und hatte den gleichen organisatorischen Ablauf. Von 18.00 bis 23.00 Uhr spielten die Jugendlichen in einem Raum gegeneinander in Gruppen von zwei oder drei Spielern das PC-Spiel „Counter Strike - Global Offensive“.

Einen Überblick über den zeitlichen Ablauf der Brettspiel- sowie Videospielnacht zeigt Abbildung 12.

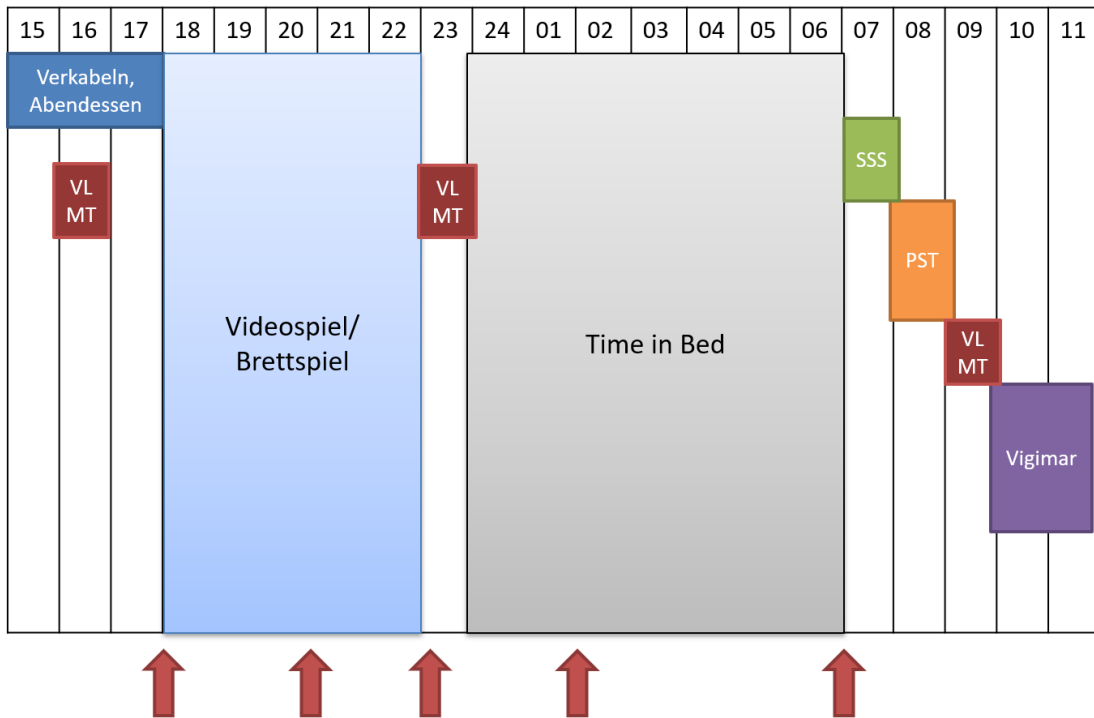


Abbildung 12: Schematische Darstellung des zeitlichen Versuchsablaufs in der Video- und Brettspielnacht. Speichelprobenentnahmen sind mit roten Pfeilen gekennzeichnet. Die dargestellte Dauer der Tests entspricht nicht der Durchführung pro Proband (VLMT- Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest, SSS- Stanford-Schläfrigkeitsskala, PST- Pupillographischer Schläfrigkeitstest, VigiMar- Marburger Vigilanztest).



Abbildung 13: Vier Probanden beim fünfständigen Computerspielen.

Während der gesamten Zeit der Studientage und den zugehörigen Aktivitäten wie Schlafen, Spielen und den Tests wurden polysomnographische Daten von den Probanden erhoben. Zu den erhobenen Daten gehören: EKG, EEG, EOG, EMG am M. mentalis und Mm. tibialis anterior, Pulsoxymetrie, Schnarchsensoren und Messgurte für Thorax- und Abdomenbewegungen.

An jeweils fünf Zeitpunkten wurden Speichelproben genommen, um die Cortisol- und Melatoninkonzentration zu bestimmen. Dadurch sollten Hormonprofile der Probanden für jeweils ein Schlaf- und Stresshormon bestimmt werden. Die erste Probenentnahme fand vor dem Spiel (Mittelwert (MW) = 17.45 Uhr), die zweite während des Spiels (MW = 21.07 Uhr), die dritte nach dem Spiel (MW = 23.37 Uhr), die vierte in der Nacht (MW=02.10 Uhr) und die fünfte am Morgen direkt nach dem Aufstehen (MW = 07.28 Uhr) statt. Bei der vierten Speichelprobe wurde darauf geachtet, dass die Probanden nicht während einer N3- oder REM-Schlafphase geweckt wurden, sondern sich in einem leichteren Schlafstadium befanden. Dies sollte die Störung des Schlafes verringern.

#### **3.5 Statistische Methoden**

Die statistische Berechnung wurde mit dem Programm IBM SPSS Statistik Version 22 (IBM GmbH) durchgeführt.

Zunächst wurden alle Variablen auf Normalverteilung geprüft. Zu diesem Zweck wurde der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest durchgeführt. Wegen der geringen Fallzahl von geplanten 20 Probanden wurde bereits dann von einer bedeutsamen Abweichung von der Normalverteilung ausgegangen, wenn  $p \leq 0,1$  betrug. Bei der Beurteilung der Verteilung wurden deren Schiefe und Kurtosis ebenfalls berücksichtigt. Die Prüfung auf Normalverteilung ergab für die überwältigende Mehrheit der Variablen eine Abweichung von der Normalverteilung. Daher wurden alle inferenzstatistischen Berechnungen mit nicht parametrischen Verfahren vorgenommen.

Zur Stichprobenbeschreibung wurden sowohl der Mittelwert mit Standardabweichung als auch der Median mit erstem und drittem Quartil berechnet. Median und Quartile sind angemessenere Kennwerte zur Beschreibung nicht normalverteilter Variablen, Mittelwerte und Standardabweichungen wurden trotzdem durchgehend berechnet, um eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Publikationen zu erreichen, in denen diese Kennwerte oft vorwiegend benutzt werden.



Vergleiche zwischen Videospiele- und Brettspielbedingung wurden mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test abgesichert.

In dieser Studie wurden zwei Hauptfragestellungen untersucht: Der Einfluss exzessiven Videospieles auf die Schlaffeffizienz sowie auf das deklarative Gedächtnis. Demgemäß erfolgte eine Bonferroni Adjustierung des  $\alpha$ -Risikos von 0,05 auf 0,025.

Für alle anderen explorativen Analysen wurden Irrtumswahrscheinlichkeiten lediglich als standardisiertes Maß der Effektstärke bestimmt. Sie dienen nicht zum Schluss auf die Grundgesamtheit. Daher besteht hier keine Notwendigkeit für eine Adjustierung des Alpha-Risikos.

#### **3.6 Ethikvotum und Finanzierung**

Die Studie „Exzessiver Videospielekonsum bei jungen Erwachsenen: Einfluss auf den Schlaf und das deklarative Gedächtnis sowie die Hormone Melatonin und Cortisol“ wurde von der Ethikkommission des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg genehmigt (Aktenzeichen 82/15).

Finanziert wurde die Studie durch die Löwenstein Stiftung.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Stichprobenbeschreibung, Schlaf- und Spielgewohnheiten sowie Tagesschläfrigkeit

In die Studie wurden 20 männliche Jugendliche im Alter von 16-18 Jahren eingeschlossen. Im Verlauf kam es zu zwei Drop-outs, sodass 18 Probanden die Studie vollständig abgeschlossen haben. Als Gründe für die Drop-outs wurden zeitliche und familiäre Schwierigkeiten angegeben.

Die durchschnittliche körperliche Konstitution der 20 in die Studie eingeschlossenen Probanden ist Tabelle 2 zu entnehmen. Angaben zu Körpergröße und –gewicht wurden von den Probanden erfragt.

**Tabelle 2: Alter und BMI der Probanden**  
(Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung; Median (Unteres Quartil; Oberes Quartil)).

	Alter	BMI (kg/cm <sup>2</sup> )
Probanden	16,90 $\pm$ 0,64	23,35 $\pm$ 2,57
	17,00 (16,25; 17,00)	22,98 (19,95; 31,02)

Um eine Einsicht in das Spielverhalten der Jugendlichen zu gewinnen, wurden noch während des Screenings der tägliche Videospieldkonsum sowie die individuellen Schlafenszeiten erfragt.

**Tabelle 3: Schlafens- und Videospieldzeiten unter der Woche und am Wochenende, Angaben aus dem Screeningfragebogen**  
(Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung; Median (Unteres Quartil; Oberes Quartil)).

	Unter der Woche	Am Wochenende
Dauer Videospielden (h)	2,15 $\pm$ 0,95	3,48 $\pm$ 1,74
	2,25 (2,00; 2,50)	3,50 (2,25; 4,50)
Time in Bed (h)	7,65 $\pm$ 0,59	9,02 $\pm$ 1,29
	8,00 (7,50; 8,00)	9,00 (8,00; 9,88)
Totale-Schlaf-Zeit, geschätzt (h)	7,19 $\pm$ 0,71	8,36 $\pm$ 1,56
	7,13 (6,63; 7,88)	8,25 (7,50; 9,38)

### **Tagesschläfrigkeit**

Die berichtete Tagesschläfrigkeit lag mit  $7,72 \pm 2,52$  Punkten bei der Epworth-Schläfrigkeits-Skala im Normalbereich. Der Minimalwert lag bei 4, Maximalwert bei 13 Punkten. Zwei Probanden zeigten Werte  $\geq 11$  Punkten und somit eine erhöhte Tagesschläfrigkeit.

### **4.2 Schlaf**

Von jedem Probanden wurden insgesamt drei Polysomnographien des Schlafes aufgezeichnet. Die Eingewöhnungsnacht wird in den folgenden Ergebnisdarstellungen nicht berücksichtigt, unter anderem weil sich darauf keine der Fragestellungen bezieht. Dagegen wurden die Aufzeichnungen der Videospielnacht und der Brettspielnacht miteinander verglichen. In Tabelle 4 und 5 ist eine Zusammenfassung der polysomnographischen Werte dargestellt.

Tabelle 4: Ergebnisse der polysomnographischen Auswertung Teil 1, Angaben in Minuten (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung; Median (Unteres Quartil; Oberes Quartil)).

	Videospielnacht	Brettspielnacht	p-Wert
Time in Bed	430,94 $\pm$ 23,01	431,53 $\pm$ 24,09	,913
	427,50 (421,25; 448,25)	429,50 (418,13; 448,00)	
Totale-Schlaf-Zeit	381,65 $\pm$ 37,06	397,51 $\pm$ 27,44	,102
	390,25 (361,25; 403,75)	401,75 (377,88; 420,36)	
Totale-Wach-Zeit	49,29 $\pm$ 31,57	33,68 $\pm$ 12,45	,017
	41,89 (25,25; 62,88)	30,50 (23,13; 42,5)	
Schlaflatenz	10,93 $\pm$ 10,42	7,43 $\pm$ 4,91	,193
	7,49 (2,88; 15,75)	5,75 (3,88; 11,88)	
N2-Latenz	16,18 $\pm$ 12,42	10,26 $\pm$ 5,29	,050
	12,50 (5,88; 24,32)	10,00 (6,43; 13,63)	
N3-Latenz	26,35 $\pm$ 13,3	20,73 $\pm$ 8,42	,044
	23,00 (14,87; 35,19)	21,00 (13,5; 26,75)	
REM-Latenz	119,87 $\pm$ 71,76	126,07 $\pm$ 56,18	,744
	107,25 (68,25; 178,95)	104,60 (78,38; 171,25)	
N1-Dauer	32,17 $\pm$ 19,83	28,69 $\pm$ 15,73	,050
	33,25 (13,88; 49,25)	28,50 (11,88; 40,25)	
N2-Dauer	171,33 $\pm$ 30,53	188,24 $\pm$ 25,10	,031
	171,25 (149,13; 199,13)	189,00 (174,00; 214,13)	
N3-Dauer	105,72 $\pm$ 35,94	101,72 $\pm$ 29,7	,570
	100,75 (79,25; 123,25)	94,00 (81,25; 118,75)	
REM-Dauer	72,43 $\pm$ 17,29	78,86 $\pm$ 16,35	,127
	72,87 (6,25; 84,00)	82,50 (64,63; 92,63)	
Wachzeit nach Schlafbeginn	38,36 $\pm$ 24,58	26,25 $\pm$ 10,52	,064
	31,68 (21,00; 53,25)	24,00 (19,88; 33,82)	

Tabelle 5: Ergebnisse der polysomnographischen Auswertung Teil 2  
(Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung; Median (Unteres Quartil; Oberes Quartil)).

	Videospielnacht	Brettspielnacht	p-Wert
<b>Schlafeffizienz (%)</b>	88,56 $\pm$ 7,14	92,08 $\pm$ 2,87	<b>,017</b>
	90,20 (85,05; 94,40)	93,30 (89,60; 94,13)	
<b>Aufwachvorgänge (n)</b>	13,33 $\pm$ 4,75	12,44 $\pm$ 3,93	,362
	13,50 (8,75; 18,0)	13,0 (10,25; 15,25)	
<b>N1-Prozentsatz (%)</b>	8,66 $\pm$ 5,57	7,24 $\pm$ 3,91	<b>,017</b>
	8,45 (3,6; 13,88)	7,85 (3,15; 9,68)	
<b>N2-Prozentsatz (%)</b>	44,82 $\pm$ 6,16	47,32 $\pm$ 5,09	,094
	43,60 (40,55; 50,85)	48,75 (45,20; 50,95)	
<b>N3-Prozentsatz (%)</b>	27,47 $\pm$ 8,45	25,61 $\pm$ 7,32	<b>,048</b>
	25,75 (21,05; 31,4)	24,75 (19,98; 28,60)	
<b>REM-Prozentsatz (%)</b>	19,06 $\pm$ 4,55	19,82 $\pm$ 3,89	,486
	19,00 (15,50; 20,63)	19,90 (16,73; 23,35)	
<b>Arousal (n)</b>	61,78 $\pm$ 26,70	52,17 $\pm$ 17,64	,078
	58,00 (37,00; 77,5)	54,00 (35,50; 67,25)	
<b>Arousal-Index</b>	8,60 $\pm$ 3,69	7,27 $\pm$ 2,46	,085
	8,26 (5,38; 10,79)	7,78 (4,7; 9,23)	

## Schlafeffizienz

Die Schlafeffizienz, die einen guten Hinweis auf die Schlafqualität gibt und der Parameter einer der beiden Hauptfragen dieser Studie ist, zeigte sich in der Videospielnacht um circa 3,5 % verringert.

Bei einem p-Wert von  $p = 0,017$  ist die Reduktion der Schlafeffizienz nach dem Videospiel als signifikant anzusehen.

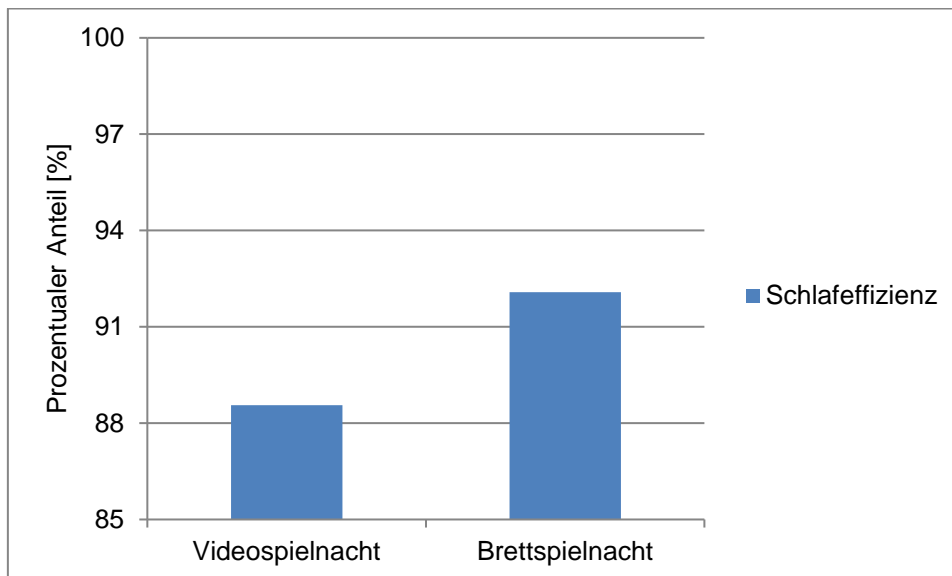
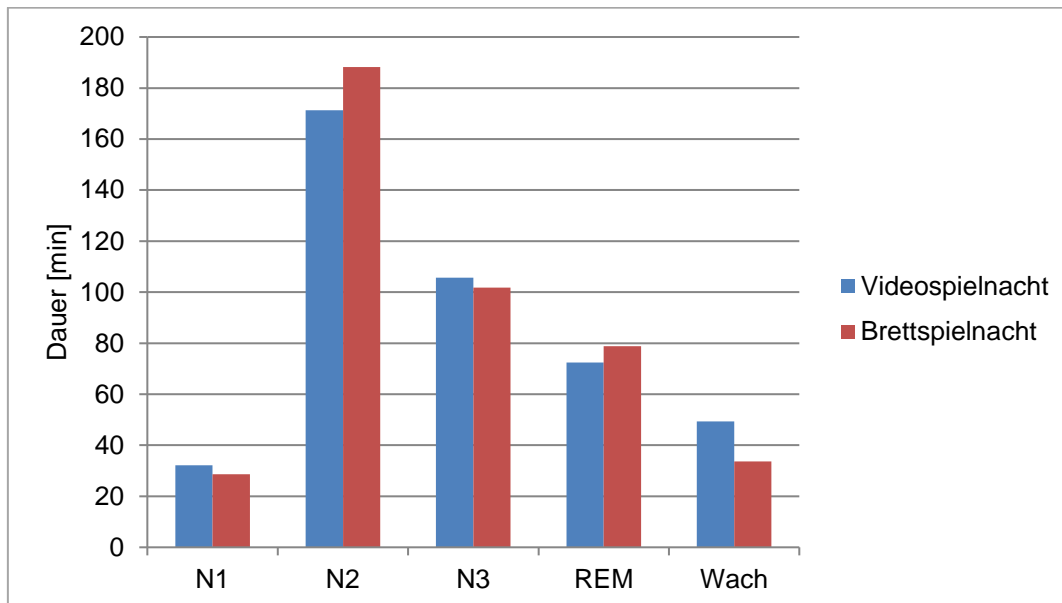


Abbildung 14: Schlafeffizienz in den beiden Versuchsnächten, Skalierung beginnt bei 85 % als Grenzwert für pathologische Schlafeffizienz.

## Schlafstadien

Die Verteilung der Dauer der einzelnen Schlafstadien in den beiden Versuchsnächten sah wie folgt aus:



**Abbildung 15: Verteilung der Dauer der einzelnen Schlafstadien. Angaben in Minuten.**

Die Probanden hatten in der Videospielnacht im Vergleich zu der Brettspielnacht insgesamt vermehrt Wachphasen. Während der Bettzeit war die Totale-Wach-Zeit in der Videospielnacht um etwa 15,6 Minuten erhöht ( $p = 0,017$ ).

Das Schlafstadium N2 wurde nach dem Videospiel knapp 6 Minuten später erreicht ( $p = 0,05$ ). Auch N3 verschob sich um etwa 6 Minuten ( $p = 0,044$ ).

Zusätzlich wurden längere Leichtschlafzeiten der Phase N1 in der Videospielnacht gemessen ( $p = 0,05$ ). Umgerechnet auf die prozentuale Verteilung des Schlafes konnte somit ein deutlich erhöhter N1-Prozentsatz gefunden werden ( $p = 0,017$ ).

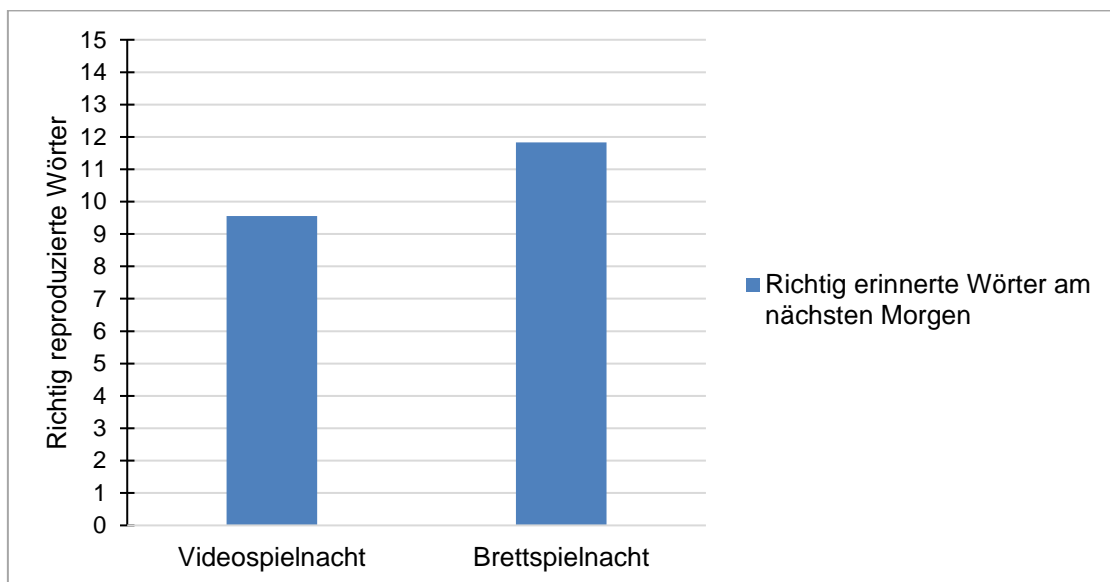
Die Gesamtdauer der N2 Schlafphasen war jedoch in der Brettspielnacht verlängert ( $p = 0,031$ ).

### 4.3 Deklaratives Gedächtnis

Zur Beurteilung der deklarativen Gedächtnisleistung wurde die Anzahl der richtig erinnerten Wörter am nächsten Morgen miteinander verglichen. Diese war am Morgen nach dem Videospiel signifikant verschlechtert ( $p = 0,005$ ). Nach dem Brettspiel wurden durchschnittlich 11,83 Wörter von den Probanden richtig reproduziert. Am Morgen nach dem Videospiel waren es im Durchschnitt 9,56 Wörter.

**Tabelle 6: Ergebnisse des VLMT am nächsten Morgen (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung; Median (Unteres Quartil; Oberes Quartil)).**

	Videospielnacht	Brettspielnacht	p-Wert
<b>Richtig erinnerte Wörter am nächsten Morgen</b>	9,56 $\pm$ 3,62	11,83 $\pm$ 2,36	<b>,005</b>
	10,50 (6,75; 12,00)	12,00 (10,00; 14,00)	



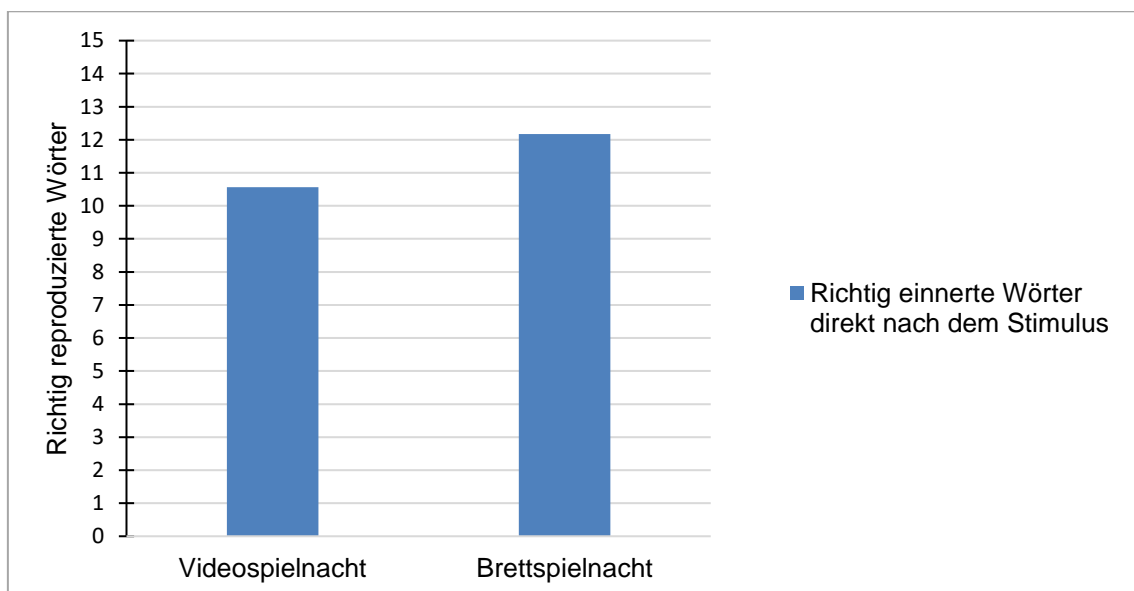
**Abbildung 16: Erinnerungsleistung VLMT am nächsten Morgen.**



Des Weiteren wurde ein Abruf der erinnerten Wörter direkt nach dem Stimulus durchgeführt. Auch hier konnte eine schlechtere Leistung der Probanden nach dem Videospiele beobachtet werden. Nach „Monopoly“ wurden durchschnittlich 12,07 Wörter und nach „Counter Strike - Global Offensive“ 10,56 Wörter behalten ( $p = 0,016$ ).

**Tabelle 7: Ergebnisse des VLMT direkt nach dem Stimulus (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung; Median (Unteres Quartil; Oberes Quartil)).**

	Videospielnacht	Brettspielnacht	p-Wert
<b>Richtig erinnerte Wörter direkt nach dem Stimulus</b>	10,56 $\pm$ 3,07	12,17 $\pm$ 2,01	<b>,016</b>
	11,50 (9,00; 12,25)	12,50 (10,00; 14,00)	



**Abbildung 17: Erinnerungsleistung VLMT direkt nach dem Stimulus.**

#### 4.4 Vigilanz

Obwohl die Schlafeffizienz in der Videospielnacht signifikant vermindert war, konnte kein bedeutender Unterschied in den Vigilanzmessungen am nächsten Morgen gefunden werden.

Die Stanford-Schläfrigkeits-Skala zeigte keinen Unterschied zwischen Videospiel- und Brettspielnacht.

**Tabelle 8: Ergebnisse der Stanford-Schläfrigkeits-Skala (SSS)**  
(Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung; Median (Unteres Quartil; Oberes Quartil)).

	Videospielnacht	Brettspielnacht	p-Wert
<b>SSS</b>	3,47 $\pm$ 1,00	3,33 $\pm$ 1,24	,816
	4,00 (3,00; 4,00)	3,00 (2,75; 4,00)	

Die Stanford-Schläfrigkeits-Skala diente als Überprüfung der subjektiven Müdigkeit am Morgen nach den Stimulationen. Um eine objektive Betrachtung auf die Vigilanz der Probanden zu ermöglichen, wurden der Pupillographische-Schläfrigkeits-Test sowie der Marburger Vigilanztest durchgeführt.

Der Pupillen-Unruhe-Index als Maß des PST ergab keinen signifikanten Unterschied am Sonntagmorgen.

**Tabelle 9: Ergebnisse des Pupillographischen-Schläfrigkeits-Test (PST)**  
(Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung; Median (Unteres Quartil; Oberes Quartil), PUI- Pupillen-Unruhe-Index).

	Videospielnacht	Brettspielnacht	p-Wert
<b>PUI</b>	5,85 $\pm$ 2,49	5,80 $\pm$ 2,10	,879
	5,59 (3,73; 8,15)	5,94 (4,07; 7,17)	

Auch der VigiMar konnte keine objektiv erhöhte Schläfrigkeit bei den Probanden feststellen. Als Maß wurde die Mittlere-Reaktionszeit benutzt.

**Tabelle 10: Mittlere-Reaktionszeit (MRZ) des VigiMar (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung; Median (Unteres Quartil; Oberes Quartil)).**

	Videospielnacht	Brettspielnacht	p-Wert
<b>VigiMar MRZ</b>	2,10 $\pm$ 1,89	1,94 $\pm$ 2,05	,453
	1,19 (0,80; 3,05)	1,27 (0,91; 1,72)	

#### 4.5 Melatonin

Eine Übersicht der Melatoninwerte ist Tabelle 11 zu entnehmen.

**Tabelle 11: Ergebnisse der Melatoninmessungen, Angaben in pg/ml (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung; Median (Unteres Quartil; oberes Quartil)).**

	Videospielnacht	Brettspielnacht	p-Wert
<b>17.45 Uhr</b>	1,6 $\pm$ 2,29	0,92 $\pm$ 1,01	,278
	0,95 (0,38; 1,89)	0,71 (0,00; 1,29)	
<b>21.07 Uhr</b>	2,60 $\pm$ 2,96	2,93 $\pm$ 3,84	,836
	2,17 (0,00; 4,09)	1,27 (0,62; 4,16)	
<b>23.37 Uhr</b>	5,74 $\pm$ 5,33	12,30 $\pm$ 9,80	<b>,005</b>
	4,75 (0,81; 10,49)	8,62 (4,12; 14,37)	
<b>02.10 Uhr</b>	11,50 $\pm$ 7,45	12,96 $\pm$ 7,47	,472
	10,80 (8,48; 13,85)	11,54 (8,98; 13,28)	
<b>07.28 Uhr</b>	13,31 $\pm$ 9,99	11,28 $\pm$ 10,43	,157
	11,66 (5,05; 15,74)	7,57 (4,24; 13,35)	

In der Videospieldnacht zeigte sich ein signifikant verringerter Melatoninwert um 23.37 Uhr und somit nach dem Videospield und vor dem Zubettgehen.

Die restlichen Messergebnisse zeigten keinen signifikanten Unterschied. Ein verzögerter Anstieg des Melatonins in der Nacht ist zu erahnen.

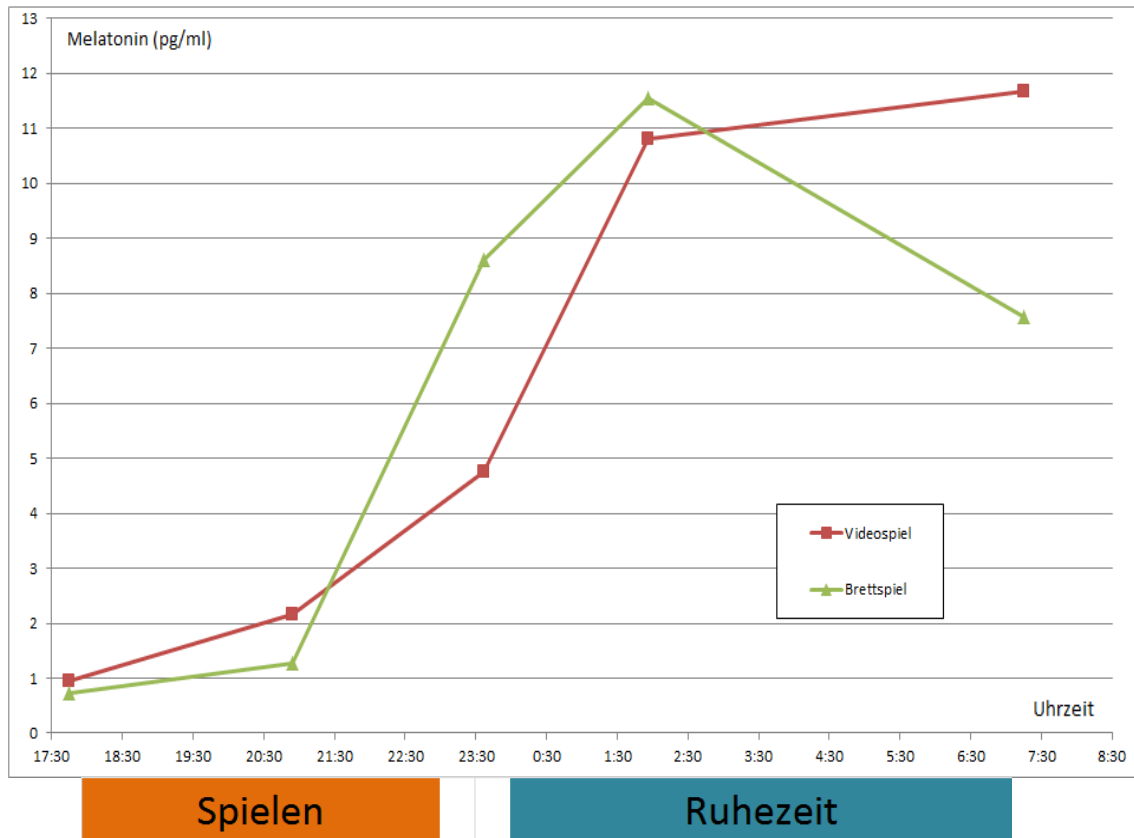


Abbildung 18: Verlauf des Melantoninspiegels.

#### 4.6 Cortisol

Tabelle 12 zeigt eine Übersicht der gewonnenen Cortisolwerte.

**Tabelle 12: Ergebnisse der Cortisolmessungen, Angaben in ng/ml (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung; Median (Unteres Quartil; oberes Quartil)).**

	Videospielnacht	Brettspielnacht	p-Wert
<b>17.45 Uhr</b>	1,33 $\pm$ 0,89	1,45 $\pm$ 0,69	,601
	1,15 (0,85; 1,35)	1,28 (0,87; 1,97)	
<b>21.07 Uhr</b>	0,72 $\pm$ 0,26	0,55 $\pm$ 0,21	<b>,031</b>
	0,67 (0,55; 0,83)	0,48 (0,44; 0,73)	
<b>23.37 Uhr</b>	0,65 $\pm$ 0,68	0,54 $\pm$ 0,29	,879
	0,50 (0,35; 0,60)	0,54 (0,34; 0,67)	
<b>02.10 Uhr</b>	0,83 $\pm$ 0,40	0,58 $\pm$ 0,27	,081
	0,74 (0,56; 0,90)	0,59 (0,41; 0,78)	
<b>07.28 Uhr</b>	4,49 $\pm$ 1,83	4,48 $\pm$ 1,98	,948
	3,92 (3,29; 5,62)	3,84 (3,17; 5,82)	

Während des Videospielens um 21.07 Uhr zeigte sich ein signifikant erhöhter Cortisolspiegel ( $p = 0,031$ ).

Nach dem Spiel um 23.37 Uhr passten sich die Cortisolwerte in den beiden Vergleichsnächten schnell wieder aneinander an. In der Nacht konnte ein tendenziell leichter Unterschied mit erhöhten Werten in der Videospielnacht gefunden werden und am nächsten Morgen zeigten sich die Cortisolspiegel in beiden Versuchsdurchgängen annähernd gleich.

Abbildung 19 zeigt den Verlauf des Cortisolspiegels über die ersten vier Messpunkte. Der fünfte Messwert am nächsten Morgen wurde hierbei bewusst vernachlässigt, da der deutliche physiologische Cortisolanstieg die Übersichtlichkeit negativ beeinflussen würde.

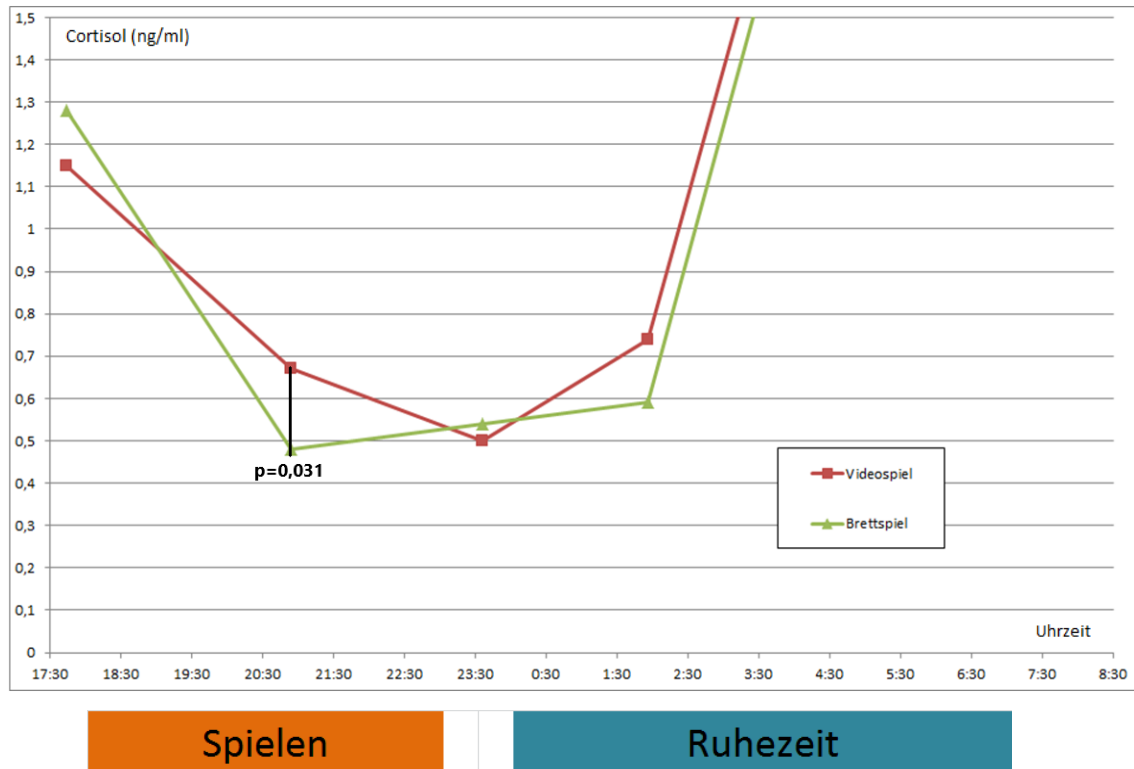


Abbildung 19: Verlauf des Cortisolspiegels unter Vernachlässigung des fünften Messwertes.

## 5. Diskussion

### 5.1 Methoden

Ziel dieser Studie war es, den Effekt von sehr langem Videospielen auf die Schlafeffizienz und das deklarative Gedächtnis zu untersuchen. Dafür wurden 20 Probanden rekrutiert und in die Studie eingeschlossen. Es erfolgte ein klinisch-experimenteller Versuchsaufbau über drei Nächte im Schlafmedizinischen Zentrum Marburg. Der Einfluss fünfstündigen Spielens des Computerspiels „Counter Strike - Global Offensive“ im Vergleich zu fünfstündigem Monopolspielen wurde mithilfe einer Polysomnographie, dem VLMT als ein Test für das deklarative Gedächtnis sowie Hormonmessungen in Speichelproben und weiterführenden Tests auf Schläfrigkeit und Vigilanz untersucht.

Die Probandenzahl von 20 erscheint zunächst als ein sehr kleines Kollektiv, ist allerdings in der Praxis von Schlafstudien nicht unüblich. Bei insgesamt vier Gruppen, die jeweils drei Nächte im Schlafmedizinischen Zentrum verbracht haben, errechnet sich insgesamt eine Stundenzahl von 228 Stunden, die die Jugendlichen betreut und getestet wurden (Eingewöhnungsnacht circa 17 Stunden, Video- und Brettspielnacht jeweils circa 20 Stunden). Zusätzlich musste für die Rekrutierung der Kontakt beispielsweise über Schulen hergestellt werden und es erfolgte ein circa 15-minütiges Telefonat, in dem der Screeningfragebogen ausgefüllt wurde. Weiterhin gab es ein Treffen im Vorfeld der Versuchsnächte, um die Aufklärung durchzuführen.

Teile dieser Aufgaben mussten von Angestellten des Schlafmedizinischen Zentrums Marburg neben dem laufenden Betrieb übernommen werden. Die Kapazitäten waren als Resultat begrenzt.

Des Weiteren wurde die Probandenzahl im Verhältnis zu vergleichbaren Studien angesetzt. Bis auf Ivarsson et al., die Fragebögen über den Schlaf von 30 Probanden auswerten konnten [69], lagen die Datensätze bei anderen Studien, die Polysomnographien durchgeführt haben, deutlich darunter (7 Datensätze, Higuchi et al. [63]; 9 Datensätze, Weaver et al. [43, 125]; 10 Datensätze, Dworak et al. [43]; 17 Datensätze, King et al. [73]). Die geplanten 20 Probandeneinschlüsse wären somit im Vergleich zu den anderen Studien ein passendes Probandenkollektiv gewesen.

Im Verlauf der Studie kam es zu zwei Drop-outs. Insgesamt konnten also 18 Datensätze ausgelesen und untersucht werden. Dies kann die Aussagekraft der Ergebnisse zwar negativ beeinflussen, allerdings besitzt die vorliegende Studie verglichen mit anderen Studien noch immer die größte Probandenzahl. Trotz allem ist vor allem aufgrund der

Nacht-zu-Nacht Variabilität des Schlafes ein weitaus größeres Probandenkollektiv wünschenswert.

Durch die Rekrutierungsmethode über Schulen und vor allem einen Zeitungsartikel sind vor allem Jugendliche auf die Studie aufmerksam geworden, die bereits eine Affinität zu Videospielen besitzen und in ihrer Freizeit vermehrt Videospiele konsumieren. Ein Einschlusskriterium der Studie war eine gewisse Erfahrung mit Videospielen. Dies sollte verhindern, dass die Probanden mit fünfstündigen Computerspielen überfordert sein könnten und die Konzentration nicht fünf Stunden lang aufrecht gehalten werden könnte. Eine gewisse Habituation an schnelles und gewaltreiches Spielen bei spielerfahrenen Jugendlichen ist vorstellbar. Möglicherweise wären die Effekte deutlicher ausgefallen, wenn ausschließlich Probanden, die sonst nie Videospiele konsumieren, in die Studie eingeschlossen worden wären (vgl. Weaver et al. [125]). Es stellt sich dann jedoch die Frage, inwieweit fünfstündiges Videospiele in ihrem Alltag realitätsnah wäre und nicht nur eine künstlich geschaffene Situation darstelle.

Durch die festgesetzten Einschlusskriterien wie Alter, Geschlecht, schulische Ausbildung und Videospieldkonsum konnte ein homogeneres Kollektiv erstellt werden, welches das Verhältnis der Fehler- und Effektvarianz verbessern sollte. Vor allem sind in diesem Zusammenhang die zwei Hauptthesen zu betrachten. Nur Aussagen der Studie zu der Schlafeffizienz und dem deklarativen Gedächtnis am nächsten Morgen sind als generalisierbar anzusehen. Alle anderen signifikanten Parameter sind nur auf das hier präsentierte Probandenkollektiv zu übertragen (vgl. 3.5 Statistische Auswertung).

Hervorzuheben ist in diesem Studiendesign, dass sich bewusst für eine Eingewöhnungsnacht entschieden wurde, um möglichen Schlafproblemen aufgrund der neuen und beschwerlichen Situation in einem Schlaflabor vorzubeugen. Das verkabelte Schlafen mit einem Polysomnographiegerät stellt im ersten Moment für fast jeden eine Herausforderung dar. Dieses Vorgehen ist in bisherigen vergleichbaren Studien nur von Ivarsson beschrieben [67].

Eine weitere wichtige Überlegung bei der Planung des Studiendesigns war die Frage, ob alle Probanden das Computerspiel in einem Zimmer oder getrennt spielen sollten. Ein Vorteil des Spielens im eigenen Zimmer ist die realitätsnahe nachgespielte Situation, wie sie meist auch zu Hause vorliegt. Die Spieler können zwar über Headsets und Chats kommunizieren, sind aber meist allein in den eigenen Räumlichkeiten. Der Vergleichsstimulus des Monopolspiels setzt aber voraus, dass alle beteiligten Probanden an einem Tisch im selben Raum sitzen. Da sich die Probanden untereinander meist nicht gekannt haben, ist der psychosoziale Faktor in solch einer Situation nicht zu



unterschätzen. Eine eventuell resultierende Unsicherheit aufgrund der unbekanntenen Personen kann eine provozierte Stressreaktion hervorrufen. Daher sollten der Vergleichbarkeit wegen beide Stimuli in einem Raum stattfinden.

Ein wichtiger Unterschied zu vergleichbaren Studien ist neben der Probandenzahl die Dauer des Spielstimulus. Diese variierte je nach Studie zwischen 50 bis 165 Minuten (60 min, Dworak et al. [43]; 50 min, Weaver et al. [125]; 50 beziehungsweise 150 min, King et al. [73]; 120 min, Ivarsson et al. [67, 69]; 165 min, Higuchi et al. [63]).

Umfragen zeigen jedoch, dass die Spielzeiten bei einigen Jugendlichen deutlich über der von anderen Studien verwendeten Spieldauer liegen [86]. Am Wochenende spielen 15,9 % der 12-19-jährigen Jungen 5 Stunden und mehr digitale Spiele, bei Mädchen sind es 4,6 %. Unter der Woche sinken die Werte auf 5,5 % beziehungsweise 1,6 % [87]. Zusätzlich spielen 23,3 % der Jungen am Wochenende zwischen 180 und 299 Minuten. Das bedeutet, dass knapp 40 % der Jungen mehr als drei Stunden digitale Spiele pro Tag am Wochenende spielen.

Angesichts dieser Spielzeiten wurde ein Spielstimulus von fünf Stunden festgesetzt, um eine Chance zu haben, Effekte in einem noch realistischen Rahmen sichtbar zu machen. Als Vergleich zu den Videospiele wurde bewusst eine bildschirmfreie Situation gewählt. 2013 forderte King et al. weitere Studien mit einer Kontrolle ohne Videospiele [73]. Ein Gesellschaftsspiel sollte dabei einen stressärmeren Stimulus darstellen. Gleichzeitig ist für den Vergleich eine trotzdem aktive Aufgabe der Probanden wichtig. Des Weiteren sollte die soziale Interaktion nicht vernachlässigt werden. Diese Interaktion ist wichtiger Bestandteil der modernen Computerspiele, die vermehrt online gegen andere reale Mitspieler gespielt werden. Das Spiel „Monopoly“ ist sicherlich nicht in allen Ebenen mit den Videospiele vergleichbar, noch wird es als Abendgestaltung regelmäßig im Alltag der Probanden zu finden sein, stellt aber in den oben genannten Aspekten durchaus eine sinnvolle Alternative zu den in anderen Studien verwendeten Filmen oder Denkaufgaben dar. Zudem macht dieser Stimulus eine gewisse Zeitreise der Abendgestaltung möglich. Früher war ein abendliches Brettspiel keine Besonderheit, während es heute sehr selten am Abend von Jugendlichen gespielt wird.

In Rücksprache mit den Probanden stellte sich heraus, dass sie es als sehr schwierig empfanden, fünf Stunden konzentriert „Monopoly“ zu spielen. Sie seien schneller abgelenkt gewesen und hätten sich vermehrt mit den Mitspielern beschäftigt. „Monopoly“ ist als ein eher ruhiges Brettspiel zu betrachten. Ein Studienaufbau mit einem schnelleren und spannenderen Brettspiel wäre durchaus denkbar gewesen.

Die Schlafenszeit wurde von 24.00 Uhr bis 07.00 Uhr festgesetzt. Somit lag die Bettzeit bei 7 Stunden. Viele Studien orientieren sich an der gewöhnlichen Zubettgehzeit der

Probanden [43]. Da die zeitliche Planung in einem Schlafmedizinischen Zentrum im Gegensatz zu Testungen zu Hause dies nicht zugelassen hätte, wurden die Schlafenszeiten festgesetzt. Hinzu kommt, dass Jugendliche im Schnitt unter der Woche 6,7 Stunden pro Tag schlafen [21]. Auch das Probandenkollektiv dieser Studie kommt durchschnittlich auf nur  $7,65 \pm 0,57$  Stunden pro Nacht unter der Woche. Eine Time in Bed von 7 Stunden ist somit nicht realitätsfern.

Die zeitliche Abendplanung führte jedoch dazu, dass die Probanden erst recht spät schlafen gegangen sind. In einem im Verlauf ausgewerteten Fragebogen stellte sich heraus, dass die gewöhnliche Zubettgehzeit der Probanden um circa 23 Uhr ist. Dies kann dazu beitragen, dass die Probanden trotz aufregendem Stimulus recht müde beim Löschen des Lichts waren, schnell einschliefen und die Schlaflatenz gering ausfiel.

An fünf verschiedenen Zeitpunkten wurden Speichelproben entnommen, um sie auf ihren Melatonin- und Cortisolgehalt zu prüfen. Um einen guten Verlauf der Konzentrationen darstellen zu können, wurde einmal in der Nacht (MW=02.10 Uhr) eine Probe genommen. Dafür mussten die Probanden geweckt werden. Es wurde darauf geachtet, dass sie sich beim Wecken nicht in einer N3- oder REM-Schlafphase befanden. Trotzdem ist das Aufwecken eine Unterbrechung des Schlafrhythmus.

Dieses Vorgehen fand jedoch sowohl in der Videospiegel- als auch in der Brettspielnacht statt, sodass dies zumindest für beide Bedingungen vergleichbar ist.

## 5.2 Ergebnisse

In dieser Studie konnte herausgefunden werden, dass sehr langes abendliches Videospiele die Schlafeffizienz im Vergleich Monopolyspielen um circa 3,5 % senkt. Die Probanden waren circa 15,5 Minuten länger während der Bettzeit wach. Die Latenzzeit des Tiefschlafstadiums N3 war um circa 6 Minuten verlängert. Auch Zeichen eines leichteren Schlafes waren zu finden. Das Leichtschlafstadium N1 war in der Videospielnacht leicht verlängert.

Die Behaltensleistung eines Wortlistentests über Nacht war nach exzessivem Videospiele signifikant schlechter. Nach fünfstündigem Videospiele konnten sich die Probanden am nächsten Morgen durchschnittlich an zwei Wörter weniger erinnern. Auch ein Abruf der gelernten Wörter direkt nach dem Spiel zeigte eine deutliche schlechtere Leistung.

Außerdem waren die Melatoninkonzentrationen des Speichels nach den Videospiele erniedrigt und die Cortisolkonzentrationen beim Spielen erhöht.

## **Schlaf und Vigilanz**

In der aktuellen Literatur unterscheiden sich Studien teilweise in ihren Beobachtungen bezüglich Videospiele und Schlaf. Fast allen gemein ist jedoch ein meist moderater Einfluss.

Der Einfluss exzessiven Videospielekonsums auf die Schlafeffizienz stellt eine der zwei Hauptfragestellungen in dieser Studie dar. Der hierbei festgestellte signifikante Unterschied in der Schlafeffizienz lässt eine negative Beeinflussung des Schlafs durch abendliches intensives Videospiele erwarten. Dieser Effekt ist zwar statistisch bedeutsam, insgesamt jedoch moderat.

Eine verringerte Schlafeffizienz wurde in einer anderen Studie ebenfalls beobachtet [73]. Andere, ähnlich aufgebaute Studien fanden dagegen keinen Unterschied [43, 63].

Eine signifikant erhöhte Wake after Sleep Onset konnte bei keiner bekannten Studie gefunden werden.

Mehrmals wurde jedoch eine erhöhte Schlaflatenz beschrieben, die bei den hier vorliegenden Ergebnissen nicht bestätigt werden konnte [43, 63, 125]. Wie bereits in Kapitel 5.1 erwähnt, wurde bei den Probanden um 24.00 Uhr das Licht gelöscht. Da in einem Fragebogen eine durchschnittliche Zubettgehzeit von circa 23.00 Uhr evaluiert wurde, ist es möglich, dass die Probanden zu dieser Zeit bereits sehr müde waren und deswegen unter beiden Bedingungen schneller einschliefen. Die N2-Latenz als Hinweis auf einen stabileren Schlaf zeigte sich in der Videospielnacht erhöht ( $p=0,05$ ).

Higuchi et al. beschrieben in ihrer Studie eine signifikante Verminderung des REM-Schlafes [63]. In der hier vorliegenden Studie konnte eine Verminderung in den Absolutwerten festgestellt werden. Knapp 7 Minuten war der REM-Schlaf bei den Probanden erniedrigt. Dies verfehlt zwar eine statistische Signifikanz, kann aber eventuell durch die geringe Time in Bed von 7 Stunden erklärt werden. Da der REM-Schlaf vor allem in der zweiten Nachthälfte zu finden ist, hätte er sich bei den Probanden eventuell bei längerem Schlafen in den frühen Morgenstunden manifestieren können. Die REM-Latenz, die meist zwischen 70-100 Minuten zu erwarten ist, zeigte sich in den Ergebnissen leicht verlängert.

Die Vigilanz und die Tagesmüdigkeit wurden mithilfe des pupillographischen Schläfrigkeitstest, dem VigiMar sowie der Stanford-Schläfrigkeits-Skala gemessen und bewertet. Es konnte trotz des teilweise verschlechterten Schlafs kein Unterschied in den Ergebnissen der Tests gefunden werden. Somit stellt sich die Frage, inwieweit der schlechtere Schlaf überhaupt eine Bedeutung für den Alltag der Jugendlichen hat. Es sollte kritisch hinterfragt werden, ob die Einflüsse des Videospieles in einem relevanten Bereich liegen.

Dafür sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass die Messungen am Wochenende durchgeführt wurden. Es ist möglich, dass die Aufrechterhaltung von langem abendlichem Videospielekonsum und die oft damit einhergehende spätere Zubettgehzeit über längere Zeit größere Einflüsse auf die Leistungsfähigkeit der Jugendlichen haben. Die Effekte kleiner Schlafarchitekturänderungen könnten sich kumulieren. Werden die Spielzeiten der heutigen 12-19 Jährigen betrachtet, ist ein solches Verhalten und ein daraus resultierender Effekt durchaus denkbar [87].

### **Gedächtniskonsolidierung**

Die zweite Hauptfragestellung dieser Studie stellt den Einfluss exzessiven Videospielens auf das deklarative Gedächtnis dar. Videospiele stehen mit einer Verschlechterung der deklarativen Gedächtnisleistung in Verbindung. Diese kann einerseits von schlechtem Schlaf, andererseits aber auch durch Interferenzen zwischen dem Lernen und dem Behalten negativ beeinflusst werden [38, 42, 83]. Das hier vorliegende Studiendesign kann die verschlechterte Gedächtnisleistung nicht auf eine der beiden Begründungen zurückführen. Videospiele wurden jedoch von den Probanden als sehr herausfordernd empfunden, vor allem im Vergleich zu dem „langweiligen“ Monopolyspiel. Eine Verschlechterung aufgrund von Interferenzen ist somit wahrscheinlich als höher einzustufen, zumal der Einfluss des Videospielens auf den Schlaf als moderat anzusehen ist.

Melatonin scheint einen positiven Effekt auf die Gedächtniskonsolidierung zu haben [55, 95]. Ein Zusammenhang zwischen einem verminderten Melatoninspiegel nach dem Videospiele und einer verschlechterten Gedächtnisleistung ist also denkbar.

Es konnte gezeigt werden, dass ein erhöhter Cortisolspiegel den Abruf gelernter Informationen beeinflussen kann. Dies trifft jedoch nur zu, wenn der Hormonspiegel vor dem Lernen hoch und während der Enkodierung und Konsolidierung niedrig ist [17, 54]. In dieser Studie wurden erhöhte Cortisolwerte nach dem Lernen, also während der Videospiele, und tendenziell im Schlaf beobachtet. Vermehrte Emotionen während des Spielens können zu mehr Interferenzen geführt haben, da das Spielen unter einem erhöhten Stresslevel als wichtiger eingestuft wurde [17]. Betrachtet man diesen Zusammenhang, wäre es interessant gewesen, zuerst das Videospiele mit einem erhöhten Stresslevel zu spielen, anschließend zu lernen und am nächsten Morgen das Gelernte wiederzugeben. Dieser Ansatz könnte in anderen Studien verfolgt werden. Hervorzuheben ist jedoch, dass Schüler tagsüber und bis zum frühen Abend hin viel lernen und mit Hausaufgaben beschäftigt sind. Erst danach können sie ihren Abend frei

gestalten und spielen häufig Videospiele. Somit ist der Versuchsaufbau, dass zuerst gelernt und dann gespielt wird, deutlich realitätsnäher.

### **Melatonin**

Die nach dem Videospiel verminderten Melatoninwerte lassen auf einen Einfluss des Computerspielens schließen. Eine naheliegende Erklärung ist die Position vor dem Computerbildschirm, der eine Quelle von Blaulicht ist. Viele Studien konnten bereits zeigen, dass Bildschirmlicht ausreicht, um die Melatoninproduktion zu vermindern [26, 115]. Messungen zeigten Lux-Werte von 45-55 lx in circa 30 cm Abstand von den Bildschirmen bei den hier vorliegenden Versuchsmessungen. Andere Studien gaben Werte zwischen 32 und 45 lx bei dem Spielen an [62, 125]. Um einen Spieleabend zu Hause nachzuempfinden, wurde Monopoly unter gedämpften Lichtverhältnissen gespielt. Messungen ergaben einen Lux-Wert von circa 10-20 lx.

Nach jetzigem Kenntnisstand hat bisher nur eine Studie den Einfluss von Videospiele auf die Melatoninproduktion untersucht. Dabei wurde vor allem der Zusammenhang von Videospiele mit hellem und dunklem Bildschirm auf die Melatoninproduktion untersucht. Es konnte eine signifikant geringere Melatoninausschüttung bei einem spannenden Videospiele mit hellem Bildschirm im Vergleich zu einem dunkleren Bildschirm gefunden werden. Dieser Zusammenhang bestand aber nicht bei einer einfachen Rechenaufgabe vor beiden Bildschirmen [62].

Ein weiterer Grund der erhöhten Melatoninkonzentration kann der physiologische Zusammenhang der durch Erregung bedingten Pupillengröße sein. Über das sympathische Nervensystem wird bei Anspannung eine Pupillendilatation bewirkt [131]. Es fällt somit mehr Licht durch die Linse ins Auge und die Melatoninexpression wird geringer. Eine verminderte Melatoninausschüttung bei vergrößerter Pupille wurde bereits 1993 beschrieben [51].

In Anlehnung an die Chronotypen („Morgen-“, „Neutral-“ und „Abendtyp“) zeigte sich in beiden Nächten ein Melatoninpeak nach 00.00 Uhr. Passend zu ihrem Alter lassen sich die Jugendlichen eher einem „Abendtypen“ zuordnen. Zwischen 15 und 20 Jahren verschiebt sich der Chronotyp eines Menschen stark nach hinten [49]. In der Brettspielnacht zeigte sich passend der höchste Melatoninwert um 02.10 Uhr und fiel bis zum Morgen leicht ab. Bereits hier zeichnet sich ein ausgeprägter „Abendtyp“ ab. In der Videospielnacht ergab sich der höchste Wert am nächsten Morgen. Hier zeigte sich somit ein weit nach hinten verlagerter Schlaftyp. Zu dieser Zeit sollten die Jugendlichen bereits aufstehen, obwohl ihre innere Uhr, ausgedrückt durch die Melatoninkonzentration, dem nicht entsprach. Durch den frühen Schulbeginn sind die

Jugendlichen äußeren Regelungen ausgesetzt, die nicht ihrem Chronotypen entsprechen. Sie sind anfällig für „zirkadiane Schlaf-Wach-Rhythmusstörung vom Typ nach hinten verlagertes Schlaftyp“. Videospiele und ein dadurch noch weiter nach hinten verlagertes Schlaftyp könnten dies verstärken.

### **Cortisol**

Dass gewaltreiches Computerspielen den Körper in einen physiologischen und psychischen Stresszustand versetzt, konnte durch verschiedene Messfaktoren bestätigt werden. Es erhöht aggressives Verhalten, egal ob bei weiblichen, männlichen, jungen oder älteren Personen. Es kann ebenfalls eine erhöhte körperliche Aktivität, gemessen durch systolischen, diastolischen Blutdruck und Herzfrequenz, gefunden werden [8].

Als ein weiteres Maß für eine Stressreaktion kann der Cortisolwert herangezogen werden. Dieser wurde in dieser Studie im Speichel der Probanden gemessen.

In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass es keinen signifikanten Unterschied der Cortisolkonzentration im Vergleich vor und nach dem Videospielen gibt [4, 67, 68]. Nur Sharma et al. fanden einen Abfall der Konzentration nach dem Spiel [109]. Auch in dieser Studie konnte im direkten Vorher-Nachher-Vergleich kein signifikanter Unterschied entdeckt werden. Bedenkt man die relativ kurze Halbwertszeit zirkulierenden Cortisols von circa 70-120 Minuten, ist dieses Ergebnis nicht verwunderlich [44]. Ein zentraler Punkt des Versuchsaufbaus dieser Studie war das Anliegen, Cortisol in seinem Verlauf zu beurteilen. Daher wurde auch eine Speichelprobe während des Spielens abgenommen. Im Einklang mit der natürlichen abendlichen Cortisolreduktion zeigten sich bei beiden Versuchsnächten während des Spielens niedrigere Werte als vor dem Spiel [116]. Doch im Vergleich zum Monopolspiel war das Cortisol während des Videospieles signifikant erhöht, was für eine merklich höhere Stressreaktion bei gewaltreichen Videospielen spricht. Tendenziell waren auch die Cortisolwerte während der Schlafphase nach den Videospielen erhöht. Am Morgen zeigt sich entsprechend der zirkadianen Rhythmik der höchste Cortisolwert in beiden Versuchsgruppen.

### **5.3 Schwächen der Studie**

Die Diskussion der Methodik und der Ergebnisse erfolgte bereits in den vorangegangenen Kapiteln. Trotzdem soll noch einmal betont werden, dass die Versuchsnächte möglichst realitätsnah gestaltet wurden, wie es auch im Alltag der Jugendlichen vorkommen kann. Die Probanden waren untereinander vernetzt, sie

benutzten Headsets und schnellarbeitende Computer. In der Brettspielnacht wurde unter gedämpften Lichtverhältnissen gespielt, damit ein Spieleabend zu Hause am ehesten nachempfunden werden konnte.

Von dieser Herangehensweise wurde sich erhofft, dass der Einfluss von langem Videospiele realitätsnah eingeschätzt werden konnte. Damit geht jedoch die Einschränkung einher, dass es in diesem multimodalen Setting schwieriger wird, die nachgewiesenen Effekte einzelnen Einflussfaktoren zuzuordnen. Es ist nicht klar zu unterscheiden, ob die verminderte Schlafeffizienz dem Videospiele an sich oder zum Beispiel dem Bildschirm und somit der verringerten Melatoninkonzentration zuzuordnen ist. In Gesamtbetrachtung aller Ergebnisse, zum Beispiel auch durch die erhöhte Cortisolkonzentration während des gewaltreichen Videospiele, lässt sich aber ein Einfluss von Videospiele auf den Schlaf, das deklarative Gedächtnis und die Hormone Melatonin und Cortisol logisch erklären.

Als zweiter Punkt soll noch einmal die siebenstündige Schlafenszeit genannt werden. Diese ist bei anderen schlafmedizinischen Studien mit acht Stunden oft deutlich länger gewählt. Durch die Gegebenheiten in einem Schlafmedizinischen Zentrum und der Orientierung an den Schlafenszeiten Jugendlicher unter der Woche wurden jedoch sieben Stunden festgesetzt. Besonders der Effekt auf den REM-Schlaf, der vor allem in den frühen Morgenstunden dominiert, kann durch diese Modalität als zu gering eingestuft worden sein. Möglicherweise hätte eine zusätzliche Stunde Schlaf den REM-Schlaf-Anteil positiv beeinflussen können.

#### **5.4 Stärken der Studie**

Als eine Stärke der Studie ist die recht hohe Probandenzahl im Vergleich zu Studien, die ebenfalls den Einfluss von Videospiele auf den Schlaf untersuchten, zu nennen. Ivansson et al. konnte zwar 30 Probandendaten auswerten, beurteilte die Schlafqualität jedoch nur anhand von Fragebögen [69].

King et al. konnten 17 Datensätze auswerten, andere Studien lagen bei sieben, neun und zehn Datensätzen [43, 63, 73, 125]

Ein weiterer Vorteil der Studie ist das Messen der Daten in einem schlafmedizinischen Zentrum unter kontrollierten Bedingungen. Viele Studiendesigns beinhalten das Spielen der Videospiele und die Messungen bei den Probanden zu Hause [43, 69]. Auf der einen Seite kann der Schlaf in einem gewohnten Umfeld als realitätsnäher beschrieben werden, auf der anderen Seite entziehen sich die Probanden jedoch jeglicher

Kontrollmöglichkeiten. Sie sind in ein soziales Umfeld zu Hause eingebunden und die Spiel- und Schlafbedingungen können sehr unter den Probanden variieren.

Um Störungen des Schlafes aufgrund einer ungewohnten Situation in einem Schlaflabor vorzubeugen, wurde in dieser Studie eine Eingewöhnungsnacht etabliert. Ein solches Vorgehen hat bisher nur Ivarsson et al. beschrieben [67].

Die Eingewöhnungsnacht diente allein dazu, dass die Probanden das Schlaflabor und die Abläufe der Tests kennen lernen. Sie schliefen bereits in dem Zimmer, in dem sie auch die anderen zwei Nächte verbrachten und konnten das Bett, die anderen Probanden und die Umgebung kennenlernen. Wichtig ist auch, dass alle Tests bereits an diesem Abend durchgeführt wurden. Somit wussten bereits alle Probanden an den Videospiele- und Brettspielmessnächten, wie die Tests ablaufen und es herrschten die gleichen Versuchsbedingungen.

### **5.5 Ausblick**

Wie in Kapitel 1.2 beschrieben, beginnt die Geschichte der Videospiele in den 50er Jahren. Sie wurden in den 70er Jahren zu gesellschaftsfähigen Spielen ausgebaut. In den 90er Jahren kamen dann „Ego-Shooter“ auf den Markt, die heute noch die Grundlage für neu entwickelte Spiele bieten.

Dies zeigt, dass die Entwicklung der Computerspiele in circa 20 Jahren den Sprung von kleinen Pixelbildern zu realitätsnahen, menschnachempfundenen Darstellungen geschafft hat. In kurzer Zeit wurden diese zu den heute bekannten 3D- Egoshootern weiterentwickelt und bis heute in immer neuen Varianten auf den Markt gebracht.

Und auch in den letzten Jahren zeigte sich eine neue Entwicklung, die das Erlebnis des Videospielens völlig neu erfindet und in neue Dimensionen bringt. Die Einführung der „virtuellen Realität“ hat bereits stattgefunden. Diese wird von Brockhaus wie folgt definiert: „... eine mittels Computer simulierte Wirklichkeit oder künstliche Welt, in die Personen mithilfe technischer Geräte sowie umfangreicher Software versetzt und interaktiv eingebunden werden.“ [24].

Mit der Einführung des Head-Mounted Display „Oculus Rift“ 2016, das vor allem für Videospiele zu Hause gedacht ist, ist dem Verbraucher der Zugang zu der virtuellen Realität offen.

Bereits in den 1990er Jahren wurde versucht, solche Virtual-Reality-Brillen einzuführen. Dies scheiterte daran, dass die Technologie noch nicht weit genug fortgeschritten war. Doch mittlerweile kann sie in jedem Wohnzimmer eingesetzt werden und wird in den kommenden Jahren weiter verbessert [92].



Dieses Eintauchen in eine virtuelle Realität ermöglicht eine ganz neue Art des Spielens. Der Spieler ist mitten im Geschehen und erlebt die Spielszenen mit, als würde er selber aktiv handeln. Durch optische Täuschung wird dem Körper eine ganz andere Situation vermittelt, in die er innerhalb weniger Sekunden hinein katapultiert wird.

Es ist vorstellbar, dass der Spieler das Spiel noch deutlicher nachempfindet und daraus eine erhöhte Stressreaktion resultiert. Wie sich dies genau auf den Körper in Bezug auf Stressmarker wie Herzfrequenz und Cortisolspiegel auswirkt und ob es Einflüsse auf den Schlaf und das Gedächtnis gibt, könnte Gegenstand zukünftiger Studien sein.

Weiterhin ist ein Aufbau, der ein Videospiel und ein spannenderes Brettspiel miteinander vergleicht, in weiterführenden Studien denkbar. „Monopoly“ ist als ein langsames und eher ruhiges Spiel einzustufen, was die Probanden bestätigten. Ein Spiel mit schnellem Tempo und spannenderem Inhalt könnte einen interessanten Vergleich zu dem ebenfalls schnellen Videospiel darstellen.

## **6. Zusammenfassung**

### **6.1 Zusammenfassung**

#### **Einleitung**

Medien und digitale Spiele spielen eine immer größer werdende Rolle in unserer Gesellschaft. Vor allem Jugendliche benutzen ihr Smartphone und ihren Computer täglich. Eine wichtige Beschäftigung sind Computer- und Konsolenspiele. Der Verkauf von Spielen, oft mit gewaltreichem Inhalt, boomt. Ein großer Teil des Tages wird vor dem Bildschirm verbracht und der Schlaf wird häufig vernachlässigt.

Es stellt sich die Frage, was exzessives Videospielen bei den Jugendlichen auslöst. In dieser Studie wurde untersucht, wie sich fünfstündiges Videospielen auf die Schlafeffizienz, das deklarative Gedächtnis, die Hormone Melatonin und Cortisol sowie die Vigilanz und Tagesmüdigkeit am nächsten Morgen auswirkt.

#### **Methoden**

Zwanzig 16-18-jährige, männliche Jugendliche wurden in die Studie eingeschlossen, davon durchliefen 18 die Studie bis zum Ende. Insgesamt verbrachten sie drei Nächte im Schlafmedizinischen Zentrum Marburg. Die erste Nacht war eine Eingewöhnungsnacht. An den zwei anderen Versuchsnächten wurde jeweils fünf Stunden das Computerspiel „Counter Strike - Global Offensive“ oder das Brettspiel „Monopoly“ gespielt. Während des Spielens und in der darauffolgenden Nacht wurde eine Polysomnographie bei jedem Probanden aufgenommen. Es wurde ein Wortlistenlernstest mit einem Abruf der erinnerten Wörter nach dem Stimulus sowie am nächsten Morgen durchgeführt. Außerdem wurden an fünf Zeiträumen (vor dem Spiel, während des Spiels, nach dem Spiel, in der Nacht und am nächsten Morgen) Speichelproben genommen, die auf ihren Melatonin- und Cortisolgehalt geprüft wurden. Am nächsten Morgen wurde für die Bestimmung der Tagesmüdigkeit die Stanford-Schläfrigkeitsskala ausgefüllt und ein Pupillographischer Schläfrigkeitstest durchgeführt. Zudem durchlief jeder Proband einen langandauernden und monotonen Vigilanztest.

#### **Ergebnisse**

Nach dem Videospielstimulus verringerte sich die Schlafeffizienz signifikant um 3,5 %. Des Weiteren waren die Probanden vermehrt wach im Bett (circa 15,5 Minuten).

Zusätzlich gab es längere Leichtschlafphasen des Stadiums N1 und die tieferen Schlafstadien wurden erst später erreicht.

Das Ergebnis des Wortlistenlerntests war nach dem Videospiel am nächsten Morgen signifikant schlechter. Durchschnittlich zwei Wörter weniger wurden erinnert. Auch direkt nach dem Videospiel ergab sich eine bedeutsam schlechtere Leistung.

Des Weiteren war die Konzentration des schlafunterstützenden Hormons Melatonin bei Beginn der Bettzeit nach dem Videospiel erniedrigt und die Konzentration des Stresshormons Cortisol während des abendlichen Spielens erhöht.

Im Bereich des Tagesmüdigkeit und Vigilanz konnte kein Unterschied zwischen der Videospiel- und Brettspielnacht festgestellt werden.

### **Diskussion**

Exzessives Videospiele hat bei Jugendlichen einen Effekt auf den Schlaf, hier gezeigt durch Veränderung der Schlafeffizienz und der Schlafphasen. Da die Probanden jedoch am nächsten Morgen weder subjektiv noch objektiv müder waren, ist es fraglich, inwieweit die hier gefundenen Ergebnisse für den Alltag der Jugendlichen relevant sind. Ein vorstellbares Szenario ist die Kumulation der genannten Effekte. Werden nicht nur an einem Abend der Woche, sondern an mehreren Tagen hintereinander so lang am Abend Videospiele konsumiert, kann schlechterer Schlaf zu weniger Aktivität und Leistungsfähigkeit führen.

Aufgrund der gezeigten verschlechterten deklarativen Gedächtnisleistung sollte die Abendgestaltung von Schülern, die tagsüber gelernt haben, kritisch hinterfragt werden. Melatonin zeigte sich nach dem Videospiel vor dem Zubettgehen erniedrigt und im Verlauf nach hinten verlagert. Einerseits kann dies am Blaulicht des Computerbildschirms liegen, andererseits ist ein Zusammenhang mit dem stressreichen Videospiele denkbar. Die höchste Melatoninkonzentration nach dem Videospiele zeigte sich am nächsten Morgen beim Aufstehen. Hier ergibt sich eine verstärkte Gefahr einer Schlafstörung bei Jugendlichen.

Laut unseres Kenntnisstands ist dies die erste Studie, die eine erhöhte Cortisolkonzentration während des Videospieles untersucht und nachgewiesen hat.

Weiterhin hat die virtuelle Realität Einzug in die alltägliche Nutzung erhalten. Diese neue Art des Spielerlebens kann den Körper auf neue Weise fordern und beeinflussen.

## 6.2 Summary

### Introduction

Media and digital games play an important part in today's society. Especially adolescents use their smartphone and computer every day. An important role in the usage can be assigned to videogames and in particularly violent videogames. As a result, a huge part of the day is spent in front of a screen and sleep is oftentimes neglected.

The question arises if excessive video gaming causes effects for adolescents. This study considers the effects of video gaming of five hours for sleep, the declarative memory, the hormones melatonin and cortisol and the sleepiness on the next day.

### Methods

Twenty 16-18 aged males were part of the study while eighteen boys completed the whole study. In sum they spent three nights in the Sleep Laboratory in Marburg. During the first night there was just a familiarization. While the other two nights the study participants were asked to play the computer game "Counter Strike - Global Offensive" or the board game "Monopoly". A polysomnography was measured over the whole time of playing and the following night. All subjects underwent a wordlist memory test with a recall directly after the stimulus and on the next morning. In addition to that saliva samples were taken for five times (before the game, during the game, after the game, during the night and on the following morning). The samples were analyzed for melatonin and cortisol.

The next morning the Stanford Sleepiness Scale was filled up and the pupillography sleepiness test was performed. Furthermore, each study participant passed a long-lasting and repetitive vigilance test.

### Results

After playing video games, the sleep efficiency was reduced significantly (3.5 %). The subjects were more awake in bed (15.5 minutes). Furthermore, the N1-sleep was prolonged and deeper sleep stages were reached later.

The results of the wordlist memory test were significantly reduced after the videogame on the next morning. The subjects reproduced two words less. A recall of the wordlist directly after the stimulus also showed a significantly reduced performance after the videogame.

In addition to that, the concentration of the soporific hormone melatonin was reduced after the computer game before bedtime and the concentration of cortisol was increased during the game.

There was no significant difference between the video game and monopoly game in the range of vigilance.

### **Discussion**

This study shows that excessive video gaming has got an effect on the sleep of adolescents. Nevertheless, the study participants were not more tired after the video game than after the board game on the next morning. That's why it is disputable if these results play a role in the daily life of adolescents.

An imaginable scenario is the accumulation of the mentioned effects. Adolescents often play video games for several hours for many times a week. It is possible that bad sleep can augment and the adolescents get more and more tired and less efficient.

The worse memory performing shows that pupils should reconsider their evening activities after a day of learning at school.

Melatonin was reduced after the videogame before bedtime and was postponed over the night. On the one hand this could be caused by the blue light of computer screens, on the other hand a correlation with a stressful computer game is possible. The highest post-videogaming melatonin concentration was measured at the next morning. This could cause a greater risk for sleep disorders in adolescents.

To our knowledge this is the first study that examined and proved an higher concentration of cortisol during videogames.

In addition to that, virtual reality can be used daily. This new way of being part of the game can demand and influence the body in a new manner.

## 7. Literaturverzeichnis

- [1] Abercrombie, H. C., Speck, N. S., and Monticelli, R. M. 2006. Endogenous cortisol elevations are related to memory facilitation only in individuals who are emotionally aroused. *Psychoneuroendocrinology* 31, 2, 187–196.
- [2] Al-Abri, M. A., Jaju, D., Al-Sinani, S., Al-Mamari, A., Albarwani, S., Al-Resadi, K., Bayoumi, R., Hassan, M., and Al-Hashmi, K. 2016. Habitual Sleep Deprivation is Associated with Type 2 Diabetes. A Case-Control Study. *Oman medical journal* 31, 6, 399–403.
- [3] Alertness Management Technologies. *Pupillographischer Schläfrigkeitstest. Die einfachste Art Schläfrigkeit zu messen*. <http://www.amtech.de/de/produkte/pstxs3>. Accessed 10 April 2017.
- [4] Aliyari, H., Kazemi, M., Tekieh, E., Salehi, M., Sahraei, H., Daliri, M. R., Agaei, H., Minaei-Bidgoli, B., Lashgari, R., Srahian, N., Hadipour, M. M., Salehi, M., and Ranjbar Aghdam, A. 2015. The Effects of Fifa 2015 Computer Games on Changes in Cognitive, Hormonal and Brain Waves Functions of Young Men Volunteers. *Basic and clinical neuroscience* 6, 3, 193–201.
- [5] American Academy of Sleep Medicine. 2014. *International Classification of Sleep Disorders – Third Edition (ICSD-3)*.
- [6] American Academy of Sleep Medicine, Ed. 2015. *The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associates Events*.
- [7] American Psychiatric Association. 2013. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders. DSM-5*. American Psychiatric Publ, Washington, DC.
- [8] Anderson, C. A. and Bushman, B. J. 2001. Effects of violent video games on aggressive behavior, aggressive cognition, aggressive affect, physiological arousal, and prosocial behavior: a meta-analytic review of the scientific literature. *Psychological science* 12, 5, 353–359.
- [9] ASCHOFF, J. 1965. Circadian Rhythms in man. *Science (New York, N.Y.)* 148, 3676, 1427–1432.
- [10] Aserinsky, E. and Kleitman, N. 1953. Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep. 1953. *Science*, 118, 273–274.
- [11] BaHammam, A., Bin Saeed, A., Al-Faris, E., and Shaikh, S. 2006. Sleep duration and its correlates in a sample of Saudi elementary school children. *Singapore medical journal* 47, 10, 875–881.

- [12] Barrett, T. R. and Ekstrand, B. R. 1972. Effect of sleep on memory: III. Controlling for time-of-day effects. *Journal of Experimental Psychology* 96, 2, 321–327.
- [13] Basini, G., Bussolati, S., Ciccimarra, R., and Grasselli, F. 2017. Melatonin potentially acts directly on swine ovary by modulating granulosa cell function and angiogenesis. *Reproduction, fertility, and development*.
- [14] Beebe, D. W., Field, J., Milller, M. M., Miller, L. E., and LeBlond, E. 2017. Impact of Multi-Night Experimentally Induced Short Sleep on Adolescent Performance in a Simulated Classroom. *Sleep* 40, 2.
- [15] Behram Kandemir, Y., Aydin, C., and Gorgisen, G. 2017. The effects of melatonin on oxidative stress and prevention of primordial follicle loss via activation of mTOR pathway in the rat ovary. *Cellular and molecular biology (Noisy-le-Grand, France)* 63, 2, 100–106.
- [16] Behrends, J. C. 2010. *Physiologie. 93 Tabellen*. Duale Reihe. Thieme, Stuttgart.
- [17] Bennion, K. A., Mickley Steinmetz, K. R., Kensinger, E. A., and Payne, J. D. 2015. Sleep and cortisol interact to support memory consolidation. *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)* 25, 3, 646–657.
- [18] Berger, H. 1929. Über das elektrenkephalogramm des menschen. *Arch. Psychiatr Nervenkr*, 87, 527–570.
- [19] Berger, M., Bossert, S., Krieg, J. C., Dirlich, G., Ettmeier, W., Schreiber, W., and Zerssen, D. von. 1987. Interindividual differences in the susceptibility of the cortisol system: an important factor for the degree of hypercortisolism in stress situations? *Biological psychiatry* 22, 11, 1327–1339.
- [20] Berlit, P. 2012. *Klinische Neurologie*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [21] Betz, M., Cassel, W., and Köhler, U. 2012. Schlafgewohnheiten und Gesundheit bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen – Auswirkungen von Schlafdefizit auf Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden. *Dtsch med Wochenschr* 137, S 03.
- [22] Blask, D. E., Sauer, L. A., Dauchy, R. T., Holowachuk, E. W., and Ruhoff, M. S. 1999. New insights into melatonin regulation of cancer growth. *Advances in experimental medicine and biology* 460, 337–343.
- [23] Breunig, C. and Engel, B. 2015. ARD/ZDF-Studie Massenkommunikation. *Media Perspektiven*.
- [24] Brockhaus, Ed. 1997. *Brockhaus - Die Enzyklopädie*. F.A. Brockhaus GmbH, Leipzig-Mannheim.

- [25] Bürgi, U. 1989. Normal and pathologic endocrinology of the adrenal glands. Die normale und pathologische Endokrinologie der Nebennieren. *Helvetica chirurgica acta* 56, 3, 307–314.
- [26] Cajochen, C., Frey, S., Anders, D., Spati, J., Bues, M., Pross, A., Mager, R., Wirz-Justice, A., and Stefani, O. 2011. Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)* 110, 5, 1432–1438.
- [27] Cajochen, C., Krauchi, K., and Wirz-Justice, A. 2003. Role of melatonin in the regulation of human circadian rhythms and sleep. *Journal of neuroendocrinology* 15, 4, 432–437.
- [28] Cannon, W. B. 1927. *Physiology of emotions. Bodily changes in pain, hunger, fear and rage*. Pribai, Lenigrad.
- [29] Cappuccio, F. P., Taggart, F. M., Kandala, N.-B., Currie, A., Peile, E., Stranges, S., and Miller, M. A. 2008. Meta-analysis of short sleep duration and obesity in children and adults. *Sleep* 31, 5, 619–626.
- [30] Cassel, W., Ploch, T., Kesper, K., Speicher, T., Conradt, R., Faust, M., Langanke, P., Penzel, T., Schwarzenberger-Kesper, F., and Canisius, S. 2011. Vigilance in patients with obstructive sleep apnea and surgical patients. *Somnologie* 15, 2, 97–104.
- [31] Chang, A.-M., Aeschbach, D., Duffy, J. F., and Czeisler, C. A. 2015. Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112, 4, 1232–1237.
- [32] Cho, Y., Ryu, S.-H., Lee, B. R., Kim, K. H., Lee, E., and Choi, J. 2015. Effects of artificial light at night on human health. A literature review of observational and experimental studies applied to exposure assessment. *Chronobiology international* 32, 9, 1294–1310.
- [33] Cohen, S., Doyle, W. J., Alper, C. M., Janicki-Deverts, D., and Turner, R. B. 2009. Sleep habits and susceptibility to the common cold. *Archives of internal medicine* 169, 1, 62–67.
- [34] Cooper, R. 1994. Normal Sleep. London: Chapman&Hall Medical. *Sleep*, 3–64.
- [35] Crowley, S. J., Cain, S. W., Burns, A. C., Acebo, C., and Carskadon, M. A. 2015. Increased Sensitivity of the Circadian System to Light in Early/Mid-Puberty. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism* 100, 11, 4067–4073.



- [36] Custers, K. and van den Bulck, J. 2012. Television viewing, internet use, and self-reported bedtime and rise time in adults: implications for sleep hygiene recommendations from an exploratory cross-sectional study. *Behavioral sleep medicine* 10, 2, 96–105.
- [37] D'Aurea, C., Poyares, D., Piovezan, R. D., Passos, G., Tufik, S., and Mello, M. T. d. 2015. Objective short sleep duration is associated with the activity of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in insomnia. *Arquivos de neuro-psiquiatria* 73, 6, 516–519.
- [38] Deliens, G., Schmitz, R., Caudron, I., Mary, A., Leproult, R., and Peigneux, P. 2013. Does recall after sleep-dependent memory consolidation reinstate sensitivity to retroactive interference? *PloS one* 8, 7, e68727.
- [39] DEMENT, W. and KLEITMAN, N. 1957. Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility, and dreaming. *Electroencephalography and clinical neurophysiology* 9, 4, 673–690.
- [40] Dibner, C., Schibler, U., and Albrecht, U. 2010. The mammalian circadian timing system. Organization and coordination of central and peripheral clocks. *Annual review of physiology* 72, 517–549.
- [41] Domes, G., Heinrichs, M., Rimmele, U., Reichwald, U., and Hautzinger, M. 2004. Acute stress impairs recognition for positive words--association with stress-induced cortisol secretion. *Stress (Amsterdam, Netherlands)* 7, 3, 173–181.
- [42] Dumay, N. 2016. Sleep not just protects memories against forgetting, it also makes them more accessible. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior* 74, 289–296.
- [43] Dworak, M., Schierl, T., Bruns, T., and 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, 5, 978–985.
- [44] Eigendorff, E. 2005. *In vivo und in vitro Studien zum Metabolismus synthetischer Steroide durch 11 $\beta$ -Hydroxysteroid-Dehydrogenasen*, Charité – Universitätsmedizin Berlin.
- [45] Ekstrand, B. R., Barrett, T. R., West, J. N., & Maier, W. G. 1977. The effect of sleep on human long-term memory. *Neurobiology of sleep and memory*, 419–438.
- [46] Elzinga, B. M., Bakker, A., and Bremner, J. D. 2005. Stress-induced cortisol elevations are associated with impaired delayed, but not immediate recall. *Psychiatry research* 134, 3, 211–223.

- [47] Eschenbeck, H., Kohlmann, C.-W., and Meier, S. 2010. Mediennutzung als Bewältigungsstrategie von Kindern und Jugendlichen. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie* 18, 4, 183–189.
- [48] Everson, C. A., Bergmann, B. M., and Rechtschaffen, A. 1989. Sleep deprivation in the rat. III. Total sleep deprivation. *Sleep* 12, 1, 13–21.
- [49] Fischer, D., Lombardi, D. A., Marucci-Wellman, H., and Roenneberg, T. 2017. Chronotypes in the US - Influence of age and sex. *PloS one* 12, 6, e0178782.
- [50] Fowler, M. J., Sullivan, M. J., and Ekstrand, B. R. 1973. Sleep and Memory. *Science* 179, 4070, 302–304.
- [51] Gaddy, J. R., Rollag, M. D., and Brainard, G. C. 1993. Pupil size regulation of threshold of light-induced melatonin suppression. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism* 77, 5, 1398–1401.
- [52] Garmy, P. and Ward, T. M. 2017. Sleep Habits and Nighttime Texting Among Adolescents. *The Journal of school nursing : the official publication of the National Association of School Nurses*, 1059840517704964.
- [53] Gerra, G., Zaimovic, A., Mascetti, G. G., Gardini, S., Zambelli, U., Timpano, M., Raggi, M. A., and Brambilla, F. 2001. Neuroendocrine responses to experimentally-induced psychological stress in healthy humans. *Psychoneuroendocrinology* 26, 1, 91–107.
- [54] Goerke, M., Cohrs, S., Rodenbeck, A., Grittner, U., Sommer, W., and Kunz, D. 2013. Declarative memory consolidation during the first night in a sleep lab: the role of REM sleep and cortisol. *Psychoneuroendocrinology* 38, 7, 1102–1111.
- [55] Gorfine, T., Yeshurun, Y., and Zisapel, N. 2007. Nap and melatonin-induced changes in hippocampal activation and their role in verbal memory consolidation. *Journal of pineal research* 43, 4, 336–342.
- [56] Graves, E. A. 1936. The effect of sleep upon retention. *Journal of Experimental Psychology* 19, 3, 316–322.
- [57] Griefahn, B., Blaszkewicz, M., Gerngroß, H., and Römer, H. C. 2002. Der Verlauf der Melatonsynthese als zuverlässiger Indikator der individuellen circadianen Phasenlage. *Zbl. Arbeitsmed.*, 52, 34–42.
- [58] Halbreich, U., Asnis, G. M., Zumoff, B., Nathan, R. S., and Shindledecker, R. 1984. Effect of age and sex on cortisol secretion in depressives and normals. *Psychiatry research* 13, 3, 221–229.
- [59] Heine, R. 1914. Über Wiedererkennen und rückwirkende Hemmung. *Z. Psychol.*, 68, 161–236.

- [60] Heins, E., Seitz, C., Schüz, J., Am Toschke, Harth, K., Letzel, S., and Böhler, E. 2006. Schlafenszeiten, Fernseh- und Computergewohnheiten von Grundschulkindern in Deutschland. *Gesundheitswesen* 68, 07.
- [61] Helmstaedter, C., Lendt, M., and Lux, S. 2001. *Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest*. Hogrefe, Göttingen.
- [62] Higuchi, S., Motohashi, Y., Liu, Y., Ahara, M., and Kaneko, Y. 2003. Effects of VDT tasks with a bright display at night on melatonin, core temperature, heart rate, and sleepiness. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)* 94, 5, 1773–1776.
- [63] Higuchi, S., Motohashi, Y., Liu, Y., and 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. *Journal of sleep research* 14, 3, 267–273.
- [64] Higuchi, S., Nagafuchi, Y., Lee, S.-i., and Harada, T. 2014. Influence of light at night on melatonin suppression in children. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism* 99, 9, 3298–3303.
- [65] Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H., Phillips, R., and Dement, W. C. 1973. Quantification of Sleepiness. A New Approach. *Psychophysiology* 10, 4, 431–436.
- [66] Interdisziplinäres Schlafmedizinisches Zentrum Marburg. *Vigilanztest*. [http://www.ukgm.de/ugm\\_2/deu/umr\\_pne/1594.html](http://www.ukgm.de/ugm_2/deu/umr_pne/1594.html). Accessed 10 April 2017.
- [67] Ivarsson, M., Anderson, M., Åkerstedt, T., and Lindblad, F. 2009. Playing a violent television game affects heart rate variability. *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)* 98, 1, 166–172.
- [68] Ivarsson, M., Anderson, M., Åkerstedt, T., and Lindblad, F. 2009. Playing a violent television game does not affect saliva cortisol. *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)* 98, 6, 1052–1053.
- [69] Ivarsson, M., Anderson, M., Åkerstedt, T., and Lindblad, F. 2013. The effect of violent and nonviolent video games on heart rate variability, sleep, and emotions in adolescents with different violent gaming habits. *Psychosomatic medicine* 75, 4, 390–396.
- [70] Jäger, S. 2013. *Erfolgreiches Charakterdesign für Computer- und Videospiele. Ein medienpsychologischer Ansatz*. Research. Springer VS, Wiesbaden.
- [71] Johns, M. W. 1991. A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep* 14, 6, 540–545.

- [72] Kaess, M., Parzer, P., Mehl, L., Weil, L., Strittmatter, E., Resch, F., and Koenig, J. 2017. Stress vulnerability in male youth with Internet Gaming Disorder. *Psychoneuroendocrinology* 77, 244–251.
- [73] King, D. L., Gradisar, M., Drummond, A., Lovato, N., Wessel, J., Micic, G., Douglas, P., and Delfabbro, P. 2013. The impact of prolonged violent video-gaming on adolescent sleep: an experimental study. *J Sleep Res* 22, 2, 137–143.
- [74] Kirschbaum, C. and Hellhammer, D. H. 1989. Salivary cortisol in psychobiological research: an overview. *Neuropsychobiology* 22, 3, 150–169.
- [75] Kirschbaum, C., Wolf, O. T., May, M., Wippich, W., and Hellhammer, D. H. 1996. Stress- and treatment-induced elevations of cortisol levels associated with impaired declarative memory in healthy adults. *Life sciences* 58, 17, 1475–1483.
- [76] Kirschbaum, C., Wust, S., and Hellhammer, D. 1992. Consistent sex differences in cortisol responses to psychological stress. *Psychosomatic medicine* 54, 6, 648–657.
- [77] Klein, D. C. and Weller, J. L. 1970. Indole metabolism in the pineal gland: a circadian rhythm in N-acetyltransferase. *Science (New York, N.Y.)* 169, 3950, 1093–1095.
- [78] Klier, I. 2000. Wirkung von Hypericum auf die Melatonin-Tagesperiodik des DsungarischenZwerghamsters (*Phodopus sungorus*).
- [79] Lampert, T., Sygusch, R., and Schlack, R. 2007. Nutzung elektronischer Medien im Jugendalter. *Bundesgesundheitsbl.* 50, 5-6, 643–652.
- [80] Langella, M., Colarieti, L., Ambrosini, M., and Giuditta, A. 1992. The sequential hypothesis of sleep function. IV. A correlative analysis of sleep variables in learning and nonlearning rats. *Physiology & Behavior* 51, 2, 227–238.
- [81] LeBourgeois, M. K., Hale, L., Chang, A.-M., Akacem, L. D., Montgomery-Downs, H. E., and Buxton, O. M. 2017. Digital Media and Sleep in Childhood and Adolescence. *Pediatrics* 140, Suppl 2, S92-S96.
- [82] Loomis, A. L., Harvey, E. N., and Hobart, G. 1936. Electrical potentials of the human brain. *Exp Psychol*, 19, 249–279.
- [83] Maski, K. P. 2015. Sleep-Dependent Memory Consolidation in Children. *Seminars in Pediatric Neurology* 22, 2, 130–134.
- [84] McEWEN, B. S. 2008. Central effects of stress hormones in health and disease. Understanding the protective and damaging effects of stress and stress mediators. *European journal of pharmacology* 583, 2-3, 174–185.

- [85] Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. 2015. JIM 2015 Jugend, Information, (Multi-) Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland.
- [86] Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. 2016. JIM 2016 Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland.
- [87] Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. 2017. JIM 2017 Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12-bis 19-Jähriger in Deutschland.
- [88] Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. 2018. JIM 2018 Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12-bis 19-Jähriger in Deutschland 2018.
- [89] Mehta, N., Shafi, F., and Bhat, A. 2015. Unique Aspects of Sleep in Women. *Missouri medicine* 112, 6, 430–434.
- [90] Melo, M. C. A., Garcia, R. F., Linhares Neto, V. B., Sa, M. B., de Mesquita, Licia Maranh Figueredo, de Araujo, Carolina Freitas Cardeal, and de Bruin, Veralice Meireles Sales. 2016. Sleep and circadian alterations in people at risk for bipolar disorder: A systematic review. *Journal of psychiatric research* 83, 211–219.
- [91] Meng, L., Zheng, Y., and Hui, R. 2013. The relationship of sleep duration and insomnia to risk of hypertension incidence. A meta-analysis of prospective cohort studies. *Hypertension research : official journal of the Japanese Society of Hypertension* 36, 11, 985–995.
- [92] Meyer, A. Virtuell wird real. Diese Reise verändert dich. *Deutschlandfunk* 2016.
- [93] Mizoguchi, K., Yuzurihara, M., Ishige, A., Sasaki, H., Chui, D. H., and Tabira, T. 2001. Chronic stress differentially regulates glucocorticoid negative feedback response in rats. *Psychoneuroendocrinology* 26, 5, 443–459.
- [94] Neitzel, B. 2000. *Gespielte Geschichten. Struktur- und prozessanalytische Untersuchungen der Narrativität von Videospiele*, Weimar.
- [95] Ozcan, M., Yilmaz, B., and Carpenter, D. O. 2006. Effects of melatonin on synaptic transmission and long-term potentiation in two areas of mouse hippocampus. *Brain research* 1111, 1, 90–94.
- [96] Pape, H.-C., Klinke, R., Brenner, B., and Silbernagl, S., Eds. 2014. *Physiologie*. Georg Thieme Verlag KG, s.l.
- [97] Petrowski, K., Schmalbach, B., and Stalder, T. 2020. Morning and evening type: The cortisol awakening response in a sleep laboratory. *Psychoneuroendocrinology* 112, 104519.

- [98] Plihal, W. and Born, J. 1997. Effects of Early and Late Nocturnal Sleep on Declarative and Procedural Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience* 9, 4, 534–547.
- [99] Preißler L, Betz M, Edenhofner J, Maurer H. 2017. Smartphone-Nutzung und Schlaf bei Auszubildenden und Studenten. *Somnologie* 21.
- [100] Provencio, I., Jiang, G., Grip, W. J. de, Hayes, W. P., and Rollag, M. D. 1998. Melanopsin. An opsin in melanophores, brain, and eye. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95, 1, 340–345.
- [101] Rechtschaffen, A. and Kales, A. 1968. A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. *Public Health Service, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.*
- [102] Reiter, R. J., Rosales-Corral, S., Coto-Montes, A., Boga, J. A., Tan, D.-X., Davis, J. M., Konturek, P. C., Konturek, S. J., and Brzozowski, T. 2011. The photoperiod, circadian regulation and chronodisruption: the requisite interplay between the suprachiasmatic nuclei and the pineal and gut melatonin. *Journal of physiology and pharmacology : an official journal of the Polish Physiological Society* 62, 3, 269–274.
- [103] Richardson, A. and Gough, J. E. 1963. The long range effect of sleep on retention. *Australian Journal of Psychology* 15, 1, 37–41.
- [104] Roy, M. P., Kirschbaum, C., and Steptoe, A. 2001. Psychological, cardiovascular, and metabolic correlates of individual differences in cortisol stress recovery in young men. *Psychoneuroendocrinology* 26, 4, 375–391.
- [105] Sander, C., Hegerl, U., Wirkner, K., Walter, N., Kocalevent, R.-D., Petrowski, K., Glaesmer, H., and Hinz, A. 2016. Normative values of the Epworth Sleepiness Scale (ESS), derived from a large German sample. *Sleep & breathing = Schlaf & Atmung* 20, 4, 1337–1345.
- [106] Schmidt, R. F., Lang, F., and Heckmann, M. 2011. *Physiologie des Menschen. Mit Pathophysiologie*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin/Heidelberg.
- [107] Selye, H. 1956. *The stress of life*. McGraw-Hill, New York.
- [108] Selye, H. 1998. A syndrome produced by diverse nocuous agents. 1936. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences* 10, 2, 230–231.
- [109] Sharma, R., Khera, S., Mohan, A., Gupta, N., and Ray, R. B. 2006. Assessment of computer game as a psychological stressor. *Indian journal of physiology and pharmacology* 50, 4, 367–374.
- [110] Singh, A., Petrides, J. S., Gold, P. W., Chrousos, G. P., and Deuster, P. A. 1999. Differential hypothalamic-pituitary-adrenal axis reactivity to psychological and

- physical stress. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism* 84, 6, 1944–1948.
- [111] Skaper, S. D., Ancona, B., Facci, L., Franceschini, D., and Giusti, P. 1998. Melatonin prevents the delayed death of hippocampal neurons induced by enhanced excitatory neurotransmission and the nitridergic pathway. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology* 12, 9, 725–731.
- [112] Squire, L. R. 1987. *Memory and brain*. Oxford University Press, New York, NY.
- [113] Stächele, T. and Volz, H.-P. 2013. *Taschenatlas Stress*. Aesopus, Linkenheim-Hochstetten.
- [114] Stickgold, R. 2001. Sleep, Learning, and Dreams: Off-line Memory Reprocessing. *Science* 294, 5544, 1052–1057.
- [115] Tosini, G., Ferguson, I., and Tsubota, K. 2016. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. *Molecular vision* 22, 61–72.
- [116] Tsigos, C. and Chrousos, G. P. 2002. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of psychosomatic research* 53, 4, 865–871.
- [117] Turner, P. L. and Mainster, M. A. 2008. Circadian photoreception. Ageing and the eye's important role in systemic health. *The British journal of ophthalmology* 92, 11, 1439–1444.
- [118] van Eck, M. M., Nicolson, N. A., Berkhof, H., and Sulon, J. 1996. Individual differences in cortisol responses to a laboratory speech task and their relationship to responses to stressful daily events. *Biological psychology* 43, 1, 69–84.
- [119] Volk, C. and Huber, R. 2015. Sleep to grow smart? *Archives italiennes de biologie* 153, 2-3, 99–119.
- [120] Walker, M. P. 2009. The role of sleep in cognition and emotion. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1156, 168–197.
- [121] Walker, M. P., Brakefield, T., Morgan, A., Hobson, J. A., and Stickgold, R. 2002. Practice with sleep makes perfect: sleep-dependent motor skill learning. *Neuron* 35, 1, 205–211.
- [122] Wang, L. M., Suthana, N. A., Chaudhury, D., Weaver, D. R., and Colwell, C. S. 2005. Melatonin inhibits hippocampal long-term potentiation. *The European journal of neuroscience* 22, 9, 2231–2237.
- [123] Ward, C. P., Wooden, J. I., and Kieltyka, R. 2017. Effects of sleep deprivation on spatial learning and memory in juvenile and young adult rats. *Psychology & Neuroscience* 10, 1, 109–116.

- [124] Wartberg, L., Kriston, L., and Thomasius, R. 2017. The Prevalence and Psychosocial Correlates of Internet Gaming Disorder. *Deutsches Arzteblatt international* 114, 25, 419–424.
- [125] Weaver, E., Gradisar, M., Dohnt, H., Lovato, N., and Douglas, P. 2010. The effect of presleep video-game playing on adolescent sleep. *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine* 6, 2, 184–189.
- [126] Wilhelm, B., Wilhelm, H., Lüdtkke, H., Adler, M., and Streicher, P. 1996. Pupillographie zur objektiven Vigilanzprüfung. Methodische Probleme und Lösungsansätze. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft* 93, 4, 446–450.
- [127] Wittmann, M., Dinich, J., Merrow, M., and Roenneberg, T. 2006. Social jetlag. Misalignment of biological and social time. *Chronobiology international* 23, 1-2, 497–509.
- [128] Wolf, O. T., Schommer, N. C., Hellhammer, D. H., McEwen, B. S., and Kirschbaum, C. 2001. The relationship between stress induced cortisol levels and memory differs between men and women. *Psychoneuroendocrinology* 26, 7, 711–720.
- [129] Wood, B., Rea, M. S., Plitnick, B., and Figueiro, M. G. 2013. Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. *Applied ergonomics* 44, 2, 237–240.
- [130] Yaroush, R., Sullivan, M. J., and Ekstrand, B. R. 1971. Effect of sleep on memory: II. Differential effect of the first and second half of the night. *Journal of Experimental Psychology* 88, 3, 361–366.
- [131] Zenon, A., Sidibe, M., and Olivier, E. 2014. Pupil size variations correlate with physical effort perception. *Frontiers in behavioral neuroscience* 8, 286.



## 8.Anhang

### 8.1 Screeningfragebogen

#### **Fragebogen: Abendgestaltung und Schlafgewohnheiten von Abiturienten**

Bitte die folgenden Fragen ehrlich und genau nach Vorgabe beantworten. Dieser Fragebogen dient zur Identifizierung von geeigneten Probanden für eine Studie im Schlaflabor des Uniklinikums Marburg. Die Teilnehmer an der Studie werden für ihren Aufwand finanziell entschädigt. Das Ausfüllen des Fragebogens verpflichtet noch nicht zur Teilnahme an der Studie.

#### **Angaben zur Person:**

**Alter:** \_\_\_\_\_ Jahre

**Geschlecht:** Weiblich  Männlich

#### **Frage 1:**

**Wann gehen Sie für gewöhnlich unter der Woche/ am Wochenende ins Bett und wann stehen Sie auf?**

Bettzeit unter der Woche: \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_

Am Wochenende: \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_

Davon tatsächliche nächtliche Schlafdauer  
unter der Woche: \_\_\_\_\_ Stunden

Am Wochenende: \_\_\_\_\_ Stunden

#### **Frage 2:**

**Sind bei Ihnen Schlafstörungen (z.B. Schlaflosigkeit, Ein- oder Durchschlafstörungen, Schlafwandeln), Herz-Kreislaufkrankungen oder Epilepsien bekannt? Sind Sie Raucher?**

#### **Schlafstörungen**

Nein  Ja, nämlich \_\_\_\_\_

#### **Herz-Kreislauf**

Nein  Ja, nämlich \_\_\_\_\_

#### **Epilepsie**

Nein  Ja

#### **Rauchen**

Nein  Ja, \_\_\_\_\_ Zigaretten pro Tag

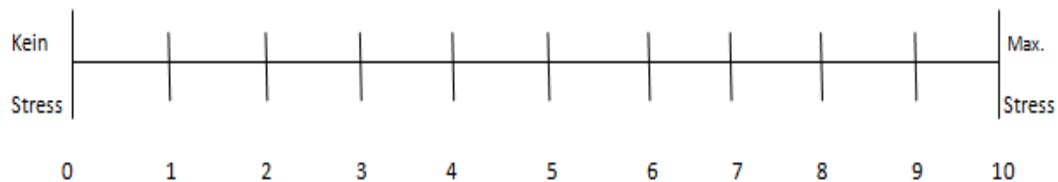
**Frage3:**

**Nehmen Sie täglich oder bei Bedarf Medikamente ein? Wenn ja, welche?**

---

**Frage 4:**

**Wie würden Sie ihren Stress in den letzten Monaten einschätzen?**

**Frage 5:**

**Wie viele Stunden verbringen Sie im Durchschnitt unter der Woche pro Tag mit Videospiele? Wie viele am Wochenende?**

Unter der Woche: \_\_\_\_\_ Am Wochenende: \_\_\_\_\_

**Frage 6:**

**Wie häufig spielen Sie Videospiele mit Gewaltdarstellungen pro Woche?**

- über 7 mal       4-6 mal       2-3 mal       1-2 mal       nie

**Frage 7:**

**Bis wie viel Uhr spielen Sie abends für gewöhnlich Videospiele?**

Bis \_\_\_\_\_ Uhr

**Frage 8:**

**Wie viele Stunden am Tag verbringen Sie im Freien?**

\_\_\_\_\_ Stunden

**Frage 9:**

**Wie viele Tassen Kaffee trinken Sie durchschnittlich am Tag?**

\_\_\_\_\_ Tassen/Tag

**Frage 10:**

**Hätten Sie Interesse an einer Studie am Uniklinikum teilzunehmen, die den Einfluss von Videospiele auf Schlaf, Tagesmüdigkeit, Stressreaktion und Gedächtnis untersucht?**

- Nein
- Ja, kontaktieren per Mail unter \_\_\_\_\_  
oder Handynummer \_\_\_\_\_

**Nehmen Sie bereits an einer anderen Studie teil?**

- Nein
- Ja

Wenn Ihre Angaben zu unserem Probandenprofil passen, werden wir Sie kontaktieren und Ihnen weitere Details zur Studie mitteilen. Sie können dann frei entscheiden, ob Sie teilnehmen möchten. Bei ordnungsgemäßer Teilnahme wird an Sie eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 100 Euro bezahlt.

Wir danken Ihnen für Ihre Angaben.

## 8.2 Probandeninformation

### Sehr geehrte Probandin, sehr geehrter Proband,

mit diesem Schreiben möchten wir Sie bitten, an der oben genannten Studie, die derzeit im Schlafmedizinischen Zentrum am Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Marburg, durchgeführt wird, teilzunehmen und wollen Ihnen im Folgenden Informationen dazu geben. Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Eine Nichtteilnahme oder ein Abbruch der Studie führt zu keinerlei Nachteilen.

Wir werden Sie zusätzlich in einem Aufklärungsgespräch über diese Studie informieren. Ziel dieser Studie ist es, zu untersuchen, wie sich das mehrere Stunden andauernde Spielen von Videospiele vor dem Zubettgehen auf den Schlaf und das Befinden bzw. die Leistungsfähigkeit am nächsten Tag auswirkt.

#### Was wird mit Ihnen gemacht?

Sie werden insgesamt drei Nächte im Schlaflabor verbringen. Zu Beginn ist eine Nacht im Schlaflabor angesetzt, damit Sie sich an die ungewohnte Umgebung gewöhnen können. In einer der folgenden Nächte werden Sie vor dem Schlafen 5 Stunden lang Computerspiele spielen, die ein hohes Maß an Aufmerksamkeit erfordern und eine Stressreaktion auslösen können. In der anderen Nacht hingegen verbringen Sie die Stunden vor dem Schlafengehen mit ruhigen Aktivitäten, wie dem Spielen von Gesellschaftsspielen bei gedämpftem Licht. Während des Experiments werden einige Elektroden und Messgeräte an Ihnen befestigt, die Ihre körperlichen Reaktionen (wie z.B. Herzschlag, Hirnströme und Atmung) erfassen sollen. Diese werden nur aufgeklebt und verbleiben auch während des Schlafes und am nächsten Morgen an Ihnen, um weitere Daten zu sammeln. Zusätzlich wird Ihnen Speichel zur Bestimmung von Stresshormonen abgenommen.

Am Vormittag nach den Versuchsnächten absolvieren Sie jeweils noch einen Reaktionstest am PC und füllen Fragebögen aus, die Werte wie Müdigkeit, Aufmerksamkeit und Motivation erfassen sollen. Zudem wird im Rahmen der Studie ihre Merkfähigkeit durch psychologische Tests ermittelt und mit einem Pupillentest die Aufmerksamkeit eingestuft.

#### Nebenwirkungen

Alle verwendeten Sensoren und Elektroden werden nicht-invasiv verwendet, also nur mit einem Kontaktgel auf die Haut geklebt. Sie verfügen über eine Zertifizierung als

Medizinprodukte und befinden sich seit längerem im Markt. Das Kontaktgel kann leicht abgewaschen werden. Zusätzlich werden Pflaster verwendet, bei denen es in seltenen Fällen zu einer lokalen Hautreizung kommen kann

#### Speicherung der Daten

Im Rahmen der Studie ist vorgesehen, Ihre für die Studie bedeutsamen Untersuchungsergebnisse sowie Alter und Geschlecht und eine Studiennummer (sog. Pseudonymisierung) zu speichern. Die Liste, die diese verschlüsselten Daten Ihren persönlichen Daten wieder zuordnen lässt, verbleibt beim Studienleiter. Ihre persönlichen Daten und die verschlüsselten Daten werden an keine weiteren Personen weitergegeben. Auch innerhalb der Abteilungen erhalten nur Personen Einblick in diese Unterlagen, die an dem Forschungsbereich beteiligt sind. Ihr Name sowie sonstige personenbezogenen Daten werden vom Prüfarzt nicht veröffentlicht.

#### Abbruch

Sie haben jederzeit das Recht aus dieser Studie auszusteigen (die Studie zu beenden). Dies können Sie selbstverständlich ohne Angabe von Gründen tun. Ein Aussteigen aus der Studie bzw. eine Beendigung der Studie führt zu keinerlei Nachteilen.

#### Fragen

Sollten Sie weitere Fragen haben, so sollten Sie diese auf diesem Blatt vermerken. Wir werden, wie bereits oben gesagt, in einem ausführlichen Aufklärungsgespräch mit Ihnen alle Sie interessierenden Fragen besprechen und stehen selbstverständlich für im Laufe der Studie auftretende Fragen zu Ihrer Verfügung.

### 8.3 Probandeneinverständniserklärung

#### „Einfluss eines exzessiven Videospiele-Konsums auf die Stressachse, das Schlafverhalten und die Tagesschläfrigkeit von jungen Erwachsenen“

Probandencode
---------------

Ich, ..... (Name des Probanden), wurde von meinem Arzt vollständig über Wesen, Bedeutung und Tragweite der Studie mit dem o.g. Titel aufgeklärt. Ich habe den Aufklärungstext gelesen und verstanden. Ich hatte die Möglichkeit, Fragen zu stellen, habe die Antworten verstanden und akzeptiere sie. Mein Arzt hat mich über die mit der Teilnahme an der Studie verbundenen Risiken und den möglichen Nutzen informiert.

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zur Teilnahme an dieser Studie zu entscheiden und weiß, dass die Teilnahme an dieser Studie freiwillig ist. Ich weiß, dass ich jederzeit und ohne Angaben von Gründen diese Zustimmung widerrufen kann, ohne dass sich dieser Entschluss einen Nachteil für mich ergibt.

Mir ist bekannt, dass meine persönlichen Daten in verschlüsselter Form gespeichert werden.

Ich habe eine Kopie der Probandeninformation und dieser Einwilligungserklärung erhalten. Ich erkläre hiermit meine freiwillige Teilnahme an dieser klinischen Studie.

..... Ort und Datum	..... Unterschrift des Probanden
..... Ort und Datum	..... Unterschrift des Erziehungsberechtigten
..... Ort und Datum	..... Unterschrift des Erziehungsberechtigten
..... Ort und Datum	..... Unterschrift des aufklärenden Arztes

## 8.4 Lebenslauf

### **8.5 Verzeichnis akademischer Lehrer**

Meine akademischen Lehrer waren in Marburg die Damen und Herren, Professoren und Privatdozenten:

Adamkiewicz, Arabin, Bartsch, Baum, Baumann, Becker, Best, Bette, Buchholz, Bücking, Cetin, Czubayko, Daut, Decher, Dettmeyer, Dodel, Donner-Banzhoff, Duda, Eggert, Eschbach, Fendrich, Feuser, Frink, Görg C., Geks, Gress, Grimm, Hertl, Heverhagen, Hoyer, Hofmann, Jacobsohn, Jansen, Jerrentrup, Josephs, Kalder, Kann, Kill, Kircher, Kirschbaum, Knake, Koczulla, Kortus-Götze, Koehler, Köhler, König, Kühnert, Lill, Lohoff, Luster, Lüsebrink, Mahnken, Maier, Maisch, Metzelder, Moll, Mueller, Müller, Mutters, Neubauer, Neumüller, Nimphius, Nimsky, Oertel, Oliver, Pagenstecher, Pape-Meyer, Peterlein, Pfestroff, Plant, Renz, Rey del, Richter, Rosenow, Rothmund, Ruchholtz, Sahmland, Schäfer, Schieffer, Schu, Seitz, Sekundo, Sevinc, Steiniger, Strick, Stiewe, Suske, Tackenberg, Teymoortash, Vogelmeier, Vogt, Wagner, Weihe, Westermann, Wiesmann, Wilhelm, Wrocklage, Wulf.



## 8.6 Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Koehler für die Überlassung des Themas und die durchgängige Unterstützung und Beratung.

Ich danke Herrn Dipl. Psych. Werner Cassel für die statistische Auswertung der Arbeit, das Verfassen des statistischen Methodenteils, den vielen guten Ideen und der Betreuung über die gesamte Zeit.

Des Weiteren danke ich Herrn Dr. Olaf Hildebrandt für die lange Unterstützung, die Hilfe bei der Planung und die Umsetzung der Ideen.

Dr. Karl Kesper danke ich für die gute Hilfe bei jeglichen Arten von technischen Problemen.

Astrid Schäfer und Nicole Stawenow sowie allen anderen Mitarbeitern des Schlafmedizinischen Zentrums danke ich für die Hilfe bei Planung und Umsetzung der Messungen sowie für die Auswertung der Polysomnographien.

Ein ganz großer Dank geht an Michael Alexander Pelzl, ohne den die gesamte Arbeit gar nicht erst entstanden wäre. Er hat viel Zeit und Arbeit in diese Studie gesteckt und mit ihm waren die Nächte, die wir uns um die Ohren geschlagen haben, immer lustig-  
Vielen Dank Micha!

Vielen Dank Daniel, dass du immer an meiner Seite bist, mich unterstützt und ich stets auf dich zählen kann. Du bist einer der wichtigsten Menschen, jetzt und für immer.

Und natürlich danke ich meiner Schwester Luisa für das Korrekturlesen und die immerwährende Unterstützung - mein ganzes Leben lang.

Der größte Dank geht an meine Eltern, ohne die das gesamte Studium nicht möglich gewesen wäre und die einfach die Besten sind, die man sich vorstellen kann.

## 8.7 Ehrenwörtliche Erklärung

### **8.8 Veröffentlichung der Arbeit**

Abstracts der 25. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin e. V.. Somnologie 21, S 91, 45–138 (2017).  
<https://doi.org/10.1007/s11818-017-0140-6>

Hartmann M, Pelzl MA, Kann PH, Koehler U, Betz M, Hildebrandt O, et al. (2019) The effects of prolonged single night session of videogaming on sleep and declarative memory. PLoS ONE 14(11): e0224893. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224893>