

# DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

## Auswirkungen des Blaulichts auf den Schlaf des Menschen - eine systematische Literaturübersicht

verfasst von / submitted by  
Erdi Kazic

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat)

Sankt Pölten, 2018 / Sankt Pölten, 2018

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it appears on  
the student record sheet:

A 190 482 313

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Lehramt

UF Bewegung und Sport  
UF Geschichte, Sozialkunde, Polit. Bild.

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

## Danksagung:

Zuerst möchte ich mich bei Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan für seine Betreuung bedanken. Er ermöglichte es mir mich auf einem Interessensgebiet weiter zu entwickeln. Ohne seine Expertise, Geduld und Anleitung wäre diese Arbeit nie zustande gekommen.

Die nächsten Zeilen widme ich wichtigen Personen in meinem Leben.

Für Papa,  
der mit beigebracht hat sich dafür zu interessieren  
*Wer* jemand ist  
und nicht  
*was* jemand ist.

Für Erna,  
du bist die Sonne an meinem Horizont.  
Dein Lachen ist mein Reichtum.

Für Marlene,  
du hast mir gezeigt wer ich sein kann und sein will.  
Du bist meine Motivation, jeden Tag  
besser werden zu wollen.

Für meine engsten Freunde,  
ihr wisst warum.

Für Mama.

*Because mothers are our first coaches.*



Kurzzusammenfassung:

Hintergrund: Die Wichtigkeit des Schlafs ist allgemein bekannt. Genügend Schlaf wird mit einer Verbesserung der physischen und psychischen Fähigkeiten assoziiert. Wieviel Schlaf genügt ist von Person und Lebensweise abhängig. Sportlerinnen profitieren von acht bis zehn Stunden Schlaf, für einen nicht sportlichen Alltag können hingegen sieben Stunden ausreichend sein. Neben der Länge des Nachtschlafs ist auch die Architektur von Bedeutung. Genügend Anteile von REM und NREM sind ebenso unerlässlich wie die Dauer des Schlafs. Die verschiedenen Schlafstadien sind für verschiedene Funktionen wichtig, so ist beispielsweise die Tiefschlafphase für die Produktion von Wachstumshormonen und Testosteron essentiell. Der NREM Schlaf hingegen ist für die Verarbeitung von Informationen und die Erholung des Gehirnes verantwortlich. Das Verwenden von elektronischen Geräten vor dem Schlafen geht mit schlechtem Schlaf assoziiert. Blaulichtfilterbrillen und Nahrungsergänzungsmittel sollen Abhilfe verschaffen und erfreuen sich einer wachsenden Beliebtheit.

Ziel: Die Intention dieser Diplomarbeit war es herauszufinden, ob und wie stark das sogenannte blaue Licht den Schlaf negativ beeinflusst. Weitere Ziele waren die Vorteile von Blaulichtfilterbrillen und dem Verwenden von Hardcover Büchern gegenüber Tablets herauszufinden.

Methode: Eine wissenschaftliche Beantwortung der Forschungsfrage wurde mittels einer systematischen Literaturrecherche angestrebt. Für die Recherche wurden die Onlinedatenbanken „PubMed“, „Science Direct“ und „Web of Science“ verwendet. Nach dem systematischen Ausschlussverfahren wurden 13 Studien in dieser Diplomarbeit verwendet, beschrieben und anschließend diskutiert.

Ergebnisse: Elektronische Geräte, beziehungsweise blaues Licht, stört den Nachtschlaf signifikant. Die Studienlage zeigt eindeutig, dass das Verwenden von Tablets oder Smartphones ohne Blaulichtfilter(brillen) zu einer Schlafrestriktion oder Veränderung der Architektur führen kann.

Schlüsselwörter: Melatonin, electronic device, blue blocking lenses, sleep architecture,

## Abstract

**Background:** The importance of a good night sleep is well known. Enough sleep is associated with good mood and a better physical performance. The amount of sleep depends on individual needs and lifestyle. Athletes need at least eight to ten hours of night sleep to recover well from training and competition. Non – athletes can perform well on daily tasks with seven hours of sleep. Beside the hours of sleep the architecture is important as well. A good amount of REM and NREM sleep is crucial. NREM or deep sleep is associated with human growth hormone and testosterone secretion for example. NREM sleep is associated with learning and memorizing new skills. Electronic devices can disturb night sleep. Blue blocking lenses and supplements are gaining popularity nowadays.

**Aim:** The aim of this Diploma Thesis was to investigate the influences of blue light on human night sleep. Another aim was to determine the positive effects of blue blocking lenses and reading from a hardcover book vs tablet computer.

**Methods:** A scientifically answer to the question was approached through a systematic literature research. For this purpose, the online databases “PubMed”, “Science Direct” and “Web of Science” were consulted. After a systematic exclusion procedure thirteen studies were elected, described and discussed.

**Results:** Blue light significantly disturb night sleep. Data shows that the usage of electronic devices without blue blocking filters or lenses can influence the sleep architecture in a negative way.

**Keywords:** Melatonin, electronic devices, blue blocking lenses, sleep architecture

1.	Einleitung:.....	1
	1.1 Forschungsfragen .....	5
	1.2 Aktueller Forschungsstand.....	5
	1.3 Gliederung der Arbeit.....	5
	1.4 Theoretische Grundlagen .....	6
	1.4.1 Definition des Schlafes:.....	6
	1.4.2 Die Architektur des Schlafes:.....	9
	1.4.3 Die Gehirnstrukturen:.....	13
	1.4.4 Objektive Schlafmessung: .....	13
	1.4.5 Subjektive Schlafmessung:.....	14
	1.4.6 Zusammenhänge zwischen subjektiver und objektiver Schlafqualität: .....	15
	1.4.7 Schlaf und Hormone: .....	15
2.	Methodik.....	16
	2.1 Ein- Ausschlusskriterien .....	16
3.	Studien Blaues Licht und Schlaf.....	18
	3.1 Flowchart .....	18
	3.2 PEDro Skala.....	19
	3.2.1 Die PEDro Skala Kriterien.....	20
	3.2.2 Übersichtstabelle der PEDro Skala .....	21
	3.3 Studienübersicht.....	23
	3.4 Analyse der ausgewählten Studien.....	26
	<b>3.4.1 Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness .....</b>	<b>26</b>
	<b>3.4.2 Unrestricted evening use of light-emitting tablet computers delays self-selected bedtime and disrupts circadian timing and alertness .....</b>	<b>28</b>
	<b>3.4.3 The effects of chronotypes, sleep schedule and light/dark pattern exposures on circadian phase.....</b>	<b>31</b>
	<b>3.4.4 Evening light exposure to computer screens disrupts human sleep, biological rhythms and attention abilities.....</b>	<b>32</b>
	<b>3.4.5 Reading from an iPad or from a book in bed: the impact on human sleep. A randomized controlled crossover trial.....</b>	<b>35</b>
	<b>3.4.6 Effects of smartphone use with and without blue light at night in healthy adults: A randomized, double-blind, cross-over, placebo- controlled comparison .....</b>	<b>36</b>
	<b>3.4.7 The effects of spectral tuning of evening ambient light on melatonin suppression, alertness and sleep.....</b>	<b>38</b>

<b>3.4.8 Blocking nocturnal blue light for insomnia: A randomized controlled trial</b> .....	40
<b>3.4.9 Blue Blocker Glasses as a Countermeasure for Alerting Effects of Evening Light - Emitting Diode Screen Exposure in Male Teenagers</b> .....	42
<b>3.4.10 The Acute Effects of Intermittent Light Exposure in the Evening on Alertness and Subsequent Sleep Architecture</b> .....	44
<b>3.4.11 Two hours of evening reading from a seat - luminous tablet vs. reading a physical book does not alter sleep after daytime bright light exposure</b> .....	46
<b>3.4.12 Light exposure via a head - mounted device suppresses melatonin and improves vigilant attention without affecting cortisol and comfort</b> .....	48
<b>3.4.13 Effects of blue- and red- enriched light on attention and sleep in typically developing adolescents.</b> .....	49
4. Diskussion.....	52
5. Zusammenfassung.....	67
<b>Literaturverzeichnis:</b> .....	69
<b>Abbildungsverzeichnis:</b> .....	74
<b>Tabellenverzeichnis:</b> .....	75
<b>Eidesstaatliche Erklärung</b> .....	76

## 1. Einleitung:

Bei etwaigen Beschwerden hilft viel Schlaf, denn der ist laut Volksweisheit bekanntlich die beste Medizin. Dieses populärwissenschaftliche Wissen findet sich auch in zahlreichen anderen Ausdrücken: Etwas so lange üben, bis jeder Handgriff wie im Schlaf sitzt. Fällt uns eine Entscheidung nicht leicht, so ist es ratsam eine Nacht darüber zu schlafen. War die Nacht erholsam, so haben wir wie ein Baby, oder noch besser, wie ein Murmeltier geschlafen. Müssen wir am nächsten Tag früh raus, kann es hilfreich sein mit den Hühnern schlafen zu gehen. Und selbst die Kleinsten wissen, dass das Schulheft unter dem Kopfpolster hilft, denn im Schlaf lernt es sich am besten. Dennoch schlagen wir uns gerne die eine oder andere Nacht um die Ohren. Weisheiten hin oder her.

Wie wichtig Schlaf für den Menschen ist zeigt sich allerdings nicht nur in unserer Alltagssprache. Zahlreiche wissenschaftliche Publikationen der letzten Jahre bestätigen diese allgemein bekannten Redewendungen. Neuste epidemiologische Studien zeigen, dass eine Korrelation zwischen Schlaf und Körperfett besteht. Es zeigt sich, dass weniger Schlaf mit mehr Körperfett assoziiert werden kann (Yi et al., 2013). Selbst wenn weitere Einflussfaktoren, die zu einer Fettzunahme führen können, berücksichtigt und ausgeschlossen werden, zeigt sich, dass die Zunahme von Fettmasse aufgrund von Schlafmangel über einen Zeitraum von fünf Jahren stetig zunehmen kann (Di Milia, Vandelanotte, & Duncan, 2013). Sogar bei einer Diät kann ein Schlafmangel von drei Stunden dazu führen, dass die fettfreie Körpermasse anstelle von Fettmasse verloren wird (Nedeltcheva, Kilkus, Imperial, Schoeller, & Penev, 2010). Eine Review aus dem Jahr 2018 bestätigt diese Daten. Chronischer Schlafmangel ist oft die Ursache für Krankheiten wie Übergewicht, Typ 2 Diabetes, Kardiovaskuläre Erkrankungen und Hypertonie (Chaput, Dutil, & Sampasa-Kanyinga, 2018). Neben den physischen Erkrankungen können des Weiteren psychische Erkrankungen auftreten wie etwa Depressionen. Folgeerscheinungen von geringeren Ausmaßen wie Stimmungsschwankungen, Tagesmüdigkeit und Einbußen der kognitiven Leistungsfähigkeit können ebenfalls auftreten (Chaput, Dutil, & Sampasa-Kanyinga, 2018).

Ein weiterer Bereich der direkt vom Schlaf beeinflusst wird sind Hormone. Insbesondere Androgene, Testosteron und das Wachstumshormon (HGH) scheinen in Korrelation mit Schlafqualität zu stehen. Dies ist insbesondere für Sportler und Sportlerinnen von Interesse.

Fünf aufeinander folgende Nächte mit einer Schlafdauer von fünf Stunden (zuvor acht) führten zu einer Reduktion des Testosteronspiegels von 10,4% (Leproult, 2011). Eine aktuelle Review hält fest, dass die Hormonproduktion sehr stark an den Schlaf-Wach Zyklus gebunden ist. Zwei Hormone die besondere davon betroffen sind, sind Testosteron und Cortisol (O'Donnell, Beaven, & Driller, 2018). Testosteron wird zu Beginn des Schlafs und während des Non-REM Schlafs am meisten produziert (O'Donnell, Beaven, & Driller, 2018). Während Testosteron eine anabole Wirkung hat, wirkt sich Cortisol stark katabol auf den Körper aus. Schlafrestriktion kann zu einem Ungleichgewicht führen und die Produktion des Testosterons schmälern (O'Donnell, Beaven, & Driller, 2018).

Eine optimale Dauer des Nachtschlafs für Erwachsene sollte zwischen sieben und neun Stunden betragen (Chaput, Dutil, & Sampasa-Kanyinga, 2018). Jedoch halten die Autoren dieser Review fest, dass das Optimum stets an das Ziel angepasst werden sollte, so brauchen Athleten und Athletinnen bis zu neun Stunden aufwärts an Schlaf, sieben Stunden hingegen können ausreichen um schulische und akademische Leistungen zu erbringen (Chaput, Dutil, & Sampasa-Kanyinga, 2018). Unzureichender Schlaf kann neben der Regeneration auch die Verletzungsgefahr bei Athleten und Athletinnen erheblich erhöhen. Bei einer Schlafdauer von unter acht Stunden steigt das Risiko der Verletzung um das 1.7-fache an im Gegensatz zu einem Nachtschlaf von über acht Stunden (O'Donnell, Beaven, & Driller, 2018). Mehr als die Hälfte der beobachteten Sportler und Sportlerinnen, der Zeitraum betrug 21 Monate, die weniger als acht Stunden schliefen, erlitten mindestens eine Verletzung (O'Donnell, Beaven, & Driller, 2018). Ähnliche Resultate zeigt eine aktuelle Studie. Athleten und Athletinnen mit geringerem Schlaf aber intensiver und hoher Trainingsbelastung haben ein erhöhtes Verletzungsrisiko (von Rosen, Frohm, Kottorp, Fridén, & Heijne, 2017). (Chaput, Dutil, & Sampasa-Kanyinga, 2018; O'Donnell, Beaven, & Driller, 2018) halten fest, dass eine Schlafextension die physische und psychische Leistung erhöhen kann. Jedoch hat ein zu langer Schlaf ebenso negative Folgen, diese sind jedoch im Vergleich zum zu kurzen Schlaf noch etwas unklar. Zu langes Schlafen wird mit einem schwächeren sozioökonomischen Status, Depressionen und chronischen Schmerzen assoziiert (Chaput, Dutil, & Sampasa-Kanyinga, 2018). Des Weiteren kann ein Schlaf von über 12 Stunden auf eine schlechte Schlafqualität, Architektur und Schlafeffizienz hindeuten (Chaput, Dutil, & Sampasa-Kanyinga, 2018).

Beide Reviews (Chaput, Dutil, & Sampasa-Kanyinga, 2018; O'Donnell, Beaven, & Driller, 2018) halten fest, dass der ideale Nachtschlaf stark von den individuellen Bedürfnissen abhängt und von verschiedenen Situationen abhängen kann. Der Nachtschlaf nach sportlichen Wettkämpfen fällt aufgrund des erhöhten Cortisolspiegels schlechter aus, als in Nächten davor oder nach Trainingstagen (Chaput, Dutil, & Sampasa-Kanyinga, 2018; O'Donnell, Beaven, & Driller, 2018).

Insbesondere abends ausgetragene Spiele und Wettkämpfe beeinflussen den Schlaf stärker negativ als am Nachmittag ausgetragene Bewerbe (Chaput, Dutil, & Sampasa-Kanyinga, 2018; O'Donnell, Beaven, & Driller, 2018). Halson 2014 hält ebenfalls fest, dass abendlich ausgetragene Bewerbe den Nachtschlaf negativ beeinflussen können. Ähnliche Daten hält auch eine Review aus dem Jahr 2017 fest. Der Nachtschlaf nach einem Wettkampf fällt in der Gesamtschlafzeit und Schlafqualität schlechter aus als an anderen Nächten (Gupta, Morgan, & Gilchrist, 2017). Neben dem Wettkampfstress, kann eine durch intensives Training, etwa eine Vorbereitung, hervorgerufene Akkumulation der Ermüdung ebenfalls zu einer Verschlechterung des Schlafes führen (Gupta, Morgan, & Gilchrist, 2017). Am häufigsten können Schlafprobleme vor und nach einem sportlichen Wettkampf und während intensiver Trainingsbelastung auftreten. Nach einer exzessiven Belastung kann es in der ersten Nacht nach dem Wettkampf häufig zu Schlafstörungen kommen, dies kann auf etwaige Schmerzen wie Muskelschmerz zurückzuführen sein (Halson, 2014). In den darauffolgenden Nächten erhöht sich der Anteil des Tiefschlafs und der Anteil der Wachheit nimmt ab. Es kann somit vermutet werden, dass eine verbesserte Regeneration im Schlaf erst ab der zweiten Nacht stattfindet (Halson, 2014). Abendliches Fernsehen, das Verwenden von Smartphones und anderen Medien können ebenso zu einer Verschlechterung beitragen (Halson, 2014). Neben abendlichen Wettkämpfen und hartem Training sind Reisen, veränderte äußere Umstände wie ein Trainingslager weitere Gründe für Schlafprobleme bei Athleten und Athletinnen (Fullagar et al., 2015).

Aber nicht nur der abendliche Wettkampf auch die äußeren Umstände des Austragungsortes können zu einem schlechten Nachtschlaf führen. Profifußballer leiden oft an Schlafstörungen aufgrund der späten Austragungen und des Flutlichts (Nédélec, Halson, Abaidia, Ahmaidi, & Dupont, 2015). Da die Spieler oft zu einer späten Zeit Leistung abrufen müssen, kommt es zu einem erhöhten abendlichen Koffeinkonsum, doch hier ist die Datenlage nicht eindeutig ob und wie stark dieser den Schlaf beeinflusst (Nédélec, Halson, Abaidia, Ahmaidi, & Dupont, 2015). Wie schon van Rosen et al., 21017 festhielten führt eine über einen längeren Zeitraum

anhaltende Schlafrestriktion zu einer erhöhten Verletzungsgefahr (Nédélec, Halson, Abaidia, Ahmaidi, & Dupont, 2015).

Zwei Reviews heben ebenfalls hervor (Bonnar, Bartel, Kakoschke, & Lang, 2018; Gupta, Morgan, & Gilchrist, 2017) dass der Nachtschlaf stark vom Individuum abhängt. Zwei Faktoren sind entscheidend, zum einen das „unkontrollierte Nachdenken vor dem Einschlafen“ und die Tendenz sich auf „akutes Nicht-Einschlafen“ zu fokussieren. Das Auftreten der jeweiligen Faktoren sind stark von den Individuen abhängig (Gupta, Morgan, & Gilchrist, 2017).

Es zeigen sich nicht nur individuelle Unterschiede, sondern auch Sportarten bezogen. Individualsportler, Frauen tendenziell stärker als Männer, scheinen öfters an Schlafproblemen zu leiden als Team Sportler und Team Sportlerinnen (Gupta, Morgan, & Gilchrist, 2017). Insbesondere Sportlerinnen sogenannter ästhetischer Sportarten, wie etwa Synchronschwimmen oder Geräteturnen, gaben vermehrt Schlafprobleme an (Gupta, Morgan, & Gilchrist, 2017). Die Review Bonnar, Bartel, Kakoschke, & Lang, 2018 sammelte ähnliche Daten. Es zeigt sich, dass sportartspezifische Technik von partiell schlechtem Nachtschlaf stärker negativ beeinflusst wird als Maximalkraft und moderate aerobe Leistung.

Schlafextension als Maßnahme zur Verbesserung zeigt bei der Technik ebenfalls eine größere Wirkung. Maximalkraft und aerobe Leistung werden erst durch lange Perioden der Schlafrestriktion negativ beeinflusst (Bonnar, Bartel, Kakoschke, & Lang, 2018). Ähnliches lässt sich auch in den beiden Reviews (Halson, 2014; Fullagar et al., 2015) finden. Fullagar et al., 2015 fassen in deren Review zusammen, dass Schlafrestriktion von einigen Stunden Technik, submaximale und anaerobe Leistung negativ beeinflussen, Schlafentzug hingegen die Maximalkraft und aerobe Leistung negativ beeinflussen. Bei Soldaten wurden schlechtere 15 Meter Sprintzeiten notiert, nachdem diese für 36 Stunden wachgehalten wurden (Grandou, Wallace, Fullagar, Duffield, & Burley, 2019). Für den Kraftverlust lassen sich zwei Vermutungen aufstellen. Entweder nimmt die Frequenz der Rekrutierung der einzelnen Fasern ab, oder die Gesamtanzahl der rekrutierten Muskelfasern nimmt ab (Grandou, Wallace, Fullagar, Duffield, & Burley, 2019). Aus derselben Review geht hervor, dass submaximale aerobe Leistungen stärker negativ beeinflusst werden als maximale Leistungen. Bei 85% des sogenannten Peak Power Outputs (PPO) wurde eine 29% Reduktion bis zum Erschöpfungszeitpunkt beobachtet, bei 65% nicht (Grandou, Wallace, Fullagar, Duffield, & Burley, 2019).

Ziel dieser Arbeit besteht darin, herauszufinden, wie sich das blaue Licht auf den Schlaf des Menschen auswirkt. Im weiteren Verlauf wird der Schlaf behandelt und es soll erörtert werden welche Vorteile eine Schlafextension und welche Nachteile eine Schlafrestriktion für Sportler und Sportlerinnen hat.

### 1.1 Forschungsfragen

- 2 Wie wirkt sich das blaue Licht auf den Schlaf des Menschen aus und ab welcher Dauer kann mit einer signifikanten Verschlechterung des Schlafes gerechnet werden?
- 2 Welche Nachteile und Vorteile ergeben sich bei Sportlern und Sportlerinnen bei einer Verbesserung, beziehungsweise Verschlechterung des Nachtschlafes.

### 1.2 Aktueller Forschungsstand

Aus der aktuellen Forschung geht hervor, dass das blaue Licht den Schlaf des Menschen negativ beeinflusst. Das immer häufigere Verwenden von elektronischen Geräten vor dem Schlafen gehen stellt ein eindeutiges Problem dar. Blaulichtfilterbrillen und reduzierte Lichtquellen (gedimmt, rotes Licht) sind zwei effektive Maßnahmen um den Schlaf verbessern zu können. Das Einnehmen von exogenem Melatonin, Vitamin D und Omega 3 Fettsäuren bietet eine weitere gute Maßnahme zur Schlafoptimierung.

### 1.3 Gliederung der Arbeit

Die hier vorliegende Diplomarbeit gliedert sich in vier Kapitel. Das erste Kapitel beinhaltet die Einführung, dazu gehören neben der allgemeinen Einleitung ein Überblick über den aktuellen Forschungsstand, die wissenschaftlichen Fragestellungen und die theoretischen Grundlagen. Im allgemeinen einleitenden Teil werden anhand aktueller Reviews Nachteile einer Schlafrestriktion erläutert. Die theoretischen Grundlagen behandeln den Schlaf im Allgemeinen sowie die Methoden und Mittel der Schlafforschung.

Das zweite Kapitel beinhaltet die Methodik. Dieses Kapitel zeigt den Aufbau dieser Arbeit. Es werden die Einschluss- und Ausschlusskriterien dargelegt, welche die Datenbankrecherche eingrenzen. Der methodische Überblick zeigt welche Datenbanken verwendet wurden. In diesem Kapitel findet sich auch die Qualitätsbewertung der ausgewählten Studien.

Im nächsten Kapitel werden die Ergebnisse präsentiert. Eine tabellarische Darstellung der Studien soll einen Überblick geben. Diese werden anschließend genauer analysiert. Ein PRISMA Chart soll bildlich darstellen, wie es zur Auswahl der analysierten Studien kam.

In der Diskussion wird die Evidenz zusammengefasst und deren Bedeutung für die Praxis diskutiert. Mängel in der vorliegenden Arbeit werden aufgezeigt und ein Ausblick auf weitere Forschungen wird in diesem Bereich gegeben. Das Beantworten der Forschungsfragen und ein Resümee der Arbeit runden diese inhaltlich ab.

## 1.4 Theoretische Grundlagen

### 1.4.1 Definition des Schlafes:

Schlaf wird als aktiver, rhythmischer sich wiederholender Erholungsvorgang für den Organismus bezeichnet. Gekennzeichnet wird der Schlaf durch die Veränderungen im Hormonsystem und im zentralen und autonomen Nervensystem (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Da der Schlaf ein aktiver Erholungsvorgang ist, ist der Körper währenddessen höchst aktiv, genauer gesagt das Gehirn. In den einzelnen Schlafphasen werden in verschiedenen Gehirnregionen verschiedene Botenstoffe ausgeschüttet. Das Hormonsystem ist ebenfalls sehr aktiv. Im ersten Drittel, beziehungsweise zu Schlafbeginn, wird das Wachstumshormon in großen Mengen produziert. Dies dient zur Zellregeneration, Muskelwachstum und Knochenaufbau, das Immunsystem und auch die Wundheilung wird angeregt (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Der sogenannte Tiefschlaf wird mit einer erhöhten Regeneration assoziiert und ist daher besonders für Sportler und Sportlerinnen von Relevanz (Halson, 2014). Da im Tiefschlaf eine erhöhte Produktion der Wachstumshormone stattfindet ist der Tiefschlaf eine optimale Kondition für den Aufbaustoffwechsel (Halson, 2014).

Das Gehirn ist in den verschiedenen Schlafphasen, die im weiteren Kapitel genauer erläutert werden, unterschiedlich aufnahmefähig, was zu einem Aufwachen zu jedem Zeitpunkt ermöglicht (Saletu & Saletu-Zyklarz, 2001). In den unterschiedlichen Lebensphasen verschieben sich die Schlaf-Wach-Zyklen des Menschen. So verbringen Neugeborene 16 Stunden mit Schlaf und acht Stunden mit Wachheit (Kryger, Roth, & Dement, 2011). Ältere Menschen schlafen sechs Stunden und sind 18 Stunden wach. Mit fortschreitendem Alter nimmt die Schlafdauer beim Menschen ab. Erwachsene Menschen schlafen im Schnitt acht Stunden und verbringen 16 Stunden in der Wachzeit (Saletu & Saletu-Zyklarz, 2001). Der sogenannte zirkadiane Rhythmus bestimmt viele Lebensvorgänge im menschlichen Organismus, beispielsweise die Hormonproduktion. Das Schlafhormon Melatonin, erreicht zwischen zwei und drei Uhr früh seine Spitze, zu Mittag seinen niedrigsten Spiegel. Das Stresshormon erreicht morgens um sieben Uhr seinen höchsten Spiegel und ist gegen Mitternacht am niedrigsten. Auch die kognitiven Fähigkeiten sind davon abhängig, so ist die Reaktionszeit am Morgen länger, als jene im weiteren Tagesverlauf (Saletu & Saletu-Zyklarz, 2001). Die Melatoninproduktion kann beispielsweise durch die Ernährung manipuliert werden. Für die Melatoninproduktion ist Tryptophan wichtig. Eine Proteinreiche Mahlzeit kann den Anteil des Tryptophans erhöhen und somit die Melatoninproduktion ankurbeln. Eine Kohlenhydratreiche Mahlzeit kann den Anteil großer freier Aminosäuren, kurz LNAA, im Blut senken. Dies geschieht dadurch, dass die Aminosäuren mittels Insulin in die Muskulatur transportiert werden. Das Verhältnis zwischen Trp/LNAA ist wichtig, um genügend Tryptophan in das Gehirn zu transportieren (Halson, 2014). Mahlzeiten mit einem hohen glykämischen Index sollten 3 bis 4 Stunden vor dem Schlafen gehen eingenommen werden und können die Schlaflatenz verbessern. Proteinreiche können die Schlafqualität verbessern (Halson, 2014).

Neben dem zirkadianen Rhythmus, welcher einen Tag lang andauert, gibt es weitere Rhythmen im menschlichen Organismus. Den Ultradianen, dieser ist kürzer als der zirkadiane, als Beispiel kann hier der REM Schlaf angeführt werden. Der längere Rhythmus jener der Infradiane, erstreckt sich über mehrere Tage hinweg, wie beispielsweise der Menstruationszyklus (Saletu & Saletu-Zyklarz, 2001).

Aus der Forschung ist mittlerweile bekannt, dass viele verschiedene Faktoren den zirkadianen Rhythmus des Menschen beeinflussen können und somit auch die Schlafqualität und Schlafdauer. Der wohl größte Faktor dabei ist Licht. Licht hält uns tagsüber wach, mit Einbruch der Dunkelheit produziert der Körper das Schlafhormon Melatonin (Spriggs, 2015).

Auswirkungen auf die Schlafparameter der neuen digitalen Medien werden im Lauf dieser Arbeit behandelt. Ein weiterer großer Faktor ist die Temperatur. Eine zu niedrige Temperatur kann zu kürzeren Schlafperioden führen, da sich die Wachsamkeit der Personen erhöht. Eine zu hohe Temperatur kann ebenso den Schlaf negativ beeinflussen. In Zusammenhang steht auch hier die Thermoregulation, diese nimmt während des REM-Schlafes ab (Spriggs, 2015). Neben Licht und Temperatur können chronische Schmerzen den Schlaf negativ beeinflussen (Halson, 2014).

Der Schlaf ist Teil des sogenannten zirkadianen Rhythmus. Damit ist der Schlaf-Wach-Zyklus eines Organismus gemeint, welcher etwa 24 Stunden lang dauert. Die zeitliche Dauer eines sogenannten Zirkadianen Rhythmus beträgt in etwa 90 bis 120 Minuten (Spriggs, 2015). Der erste NREM- REM Zyklus kann sich in der Länge unterscheiden. Dieser kann zwischen 70 und 100 Minuten betragen, die späteren Zyklen betragen in etwa 90 und 120 Minuten (Kryger, Roth, & Dement, 2011). Diesen durchlaufen wir in der Phase der Wachheit und auch in der Phase des Schlafes. Der zirkadiane Zyklus reguliert neben dem Schlaf-Wach Zyklus auch die Körperfunktionen, Stimmung und auch die Nahrungsaufnahme (Kryger, Roth, & Dement, 2011). Tagsüber macht sich der Zyklus durch etwaige Leistungseinbußen bemerkbar, beispielsweise zur Mittagszeit, oder am frühen Nachmittag. Ein hohes Niveau an Energie wird meistens am Morgen vermerkt, sofern der nächtliche Schlaf erholsam war (Spriggs, 2015). Neben dem Licht, das maßgeblich den Zyklus beeinflusst und als Zeitgeber dient, gibt es noch andere Faktoren die den Schlaf des Menschen beeinflussen können. Zwei wesentliche Faktoren sind hier die Ernährung, dies wird in der Diskussion ausführlicher behandelt, und körperliche Aktivität. Es gilt festzuhalten, dass hoch intensives Training den Schlaf negativ beeinflussen kann. Athleten und Athletinnen können durch erhöhte Schmerzen, akkumuliert durch intensive Trainingsbelastung oder einer Vorbereitung, unter schlechter Schlafqualität und Einschlafproblemen leiden (Halson, 2014). Je näher sich der Stressreiz (in diesen Fall der Trainingsreiz) dem Zeitpunkt des zu Bettgehens annähert, desto größer ist der zu erwartende negative Einfluss. Dies bedeutet, dass das Einschlafen verzögert und erschwert wird (Spriggs, 2015).

#### 1.4.2 Die Architektur des Schlafes:

Wie im vorangegangenen Kapitel erläutert ist der Schlaf Teil des zirkadianen Rhythmus. Dieser ist ein wiederkehrender Prozess, welcher sich in unserer Wachzeit und in unserer Schlafzeit wiederholt. Im Durchschnitt etwa dauert ein solcher Zyklus zwischen 90 und 120 Minuten. In diesem Zeitfenster durchläuft der Mensch verschiedene Schlafstadien, in einem sich ständig wiederkehrenden Kreislauf (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Jedes Stadium hat seine Berechtigung und ist für einen gesunden Schlaf unerlässlich. Daher ist nicht die primär die Dauer des Schlafes für einen guten Schlaf ausschlaggebend, sondern die Architektur des Schlafes. Je besser die verschiedenen Stadien prozentuell aufgeteilt sind, desto besser und gesünder der Schlaf (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Somit ist die Aussage, der Schlaf vor Mitternacht sei der gesündeste längst überholt. Grundsätzlich wird der Schlaf in den REM-Schlaf und den NREM Schlaf unterteilt. Der NREM Schlaf wird in der Literatur in 3 oder 4 verschiedene Phasen aufgeteilt (Halson, 2014; Kryger, Roth, & Dement, 2011). Mit jeder weiteren Schlafphase nimmt die Tiefe des Schlafs zu, im REM Schlaf erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, aufgrund der höheren Gehirnaktivität, des Aufwachens (Kryger, Roth, & Dement, 2011). In den verschiedenen Stadien ist das Gehirn unterschiedlich aktiv, sprich es sind verschiedene Gehirnwellen aktiv, diese werden im nächsten Kapitel genauer beschrieben. Durch die verschiedene Gehirnaktivität lässt sich auch zwischen dem sogenannten REM- Schlaf, Rapid Eye Movement, und dem Non-REM-Schlaf unterscheiden. Im Non-REM-Schlaf ist das Gehirn weniger aktiv, dafür der Körper umso aktiver (Halson, 2014). Doch mit fortlaufender Schlaftiefe nimmt auch im Non-REM-Schlaf die Körperaktivität ab (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Im REM-Schlaf verhält es sich genau gegengleich, geistige Prozesse sind hier häufig in Form von Träumen niedergeschlagen, Aktivitäten des Körpers können ebenso auftreten, dennoch ist er inaktiver (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001; Kryger, Roth, & Dement, 2011). Wie vorhin erwähnt ist die Architektur über guten Schlaf entscheidend, somit ist ein zu hoher Anteil an Tiefschlaf nicht entscheidend.

Die zweite Schlafphase S2 ist von hoher Bedeutung, das Gehirn beginnt in dieser Phase äußere Reize zu filtern, ein hoher Anteil dieses Stadiums korreliert mit gutem Schlaf. Dies ergeben sowohl objektive als auch subjektive Messmethoden (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001).

Die Schlafstadien im Überblick nach (Saletu & Saletu-Zyklarz, 2001; Kryger, Roth, & Dement, 2011):

1. W (=Wachstadium): Hohe Muskelspannung und Bewegungsrate. Die Augen bewegen sich rasch und es gibt viele Lidschläge.
2. S1 (= Dämmer Schlaf): Muskelspannung beginnt abzunehmen, langsame rollende Augenbewegungen. Es werden noch Reize der Umwelt wahrgenommen und das Wecken geschieht sehr leicht, Kurzschlaf beträgt oft nur 1 bis 7 Minuten, das Schlafen wird oft gar nicht wahrgenommen;
3. S2 (= leichter bis mitteltiefer Schlaf): Der Muskeltonus sinkt weiter ab und die Augen sind nun völlig ruhig; sogenannte „Schlafspindeln“ filtern die Reize, äußere Reize werden reduziert. Diese Schlafphase kann von 10 bis zu einer halben Stunde andauern; die Schlafspindeln werden mit dem Lernen assoziiert, Menschen die neues Erlernen weisen oft mehr Schlafspindeln auf; größter Anteil aller Stadien.
4. S3 (= Tiefschlaf): Die Muskelspannung sinkt weiterhin, die Augenbewegungen setzen nun völlig aus; die Gehirnwellen werden niedriger in ihrer Frequenz; das Aufwachen ist im S3 sehr schwierig. Tritt im ersten Drittel der Nacht auf und dauert nur sehr kurz, höchstens 10 Minuten; der prozentuelle Anteil dieser Phase ist sehr gering.
5. S4 (= tiefster Schlaf): Merkmale aus dem S3 treten verstärkt auf, die Muskelaktivität ist hier mittels EMG kaum fassbar; die Dauer reicht von in etwa einer halben Stunde zu 45 Minuten; der prozentuelle Anteil ist auch gering, aber etwas höher als S3
6. REM (=Traumschlaf): rasche Augenbewegungen; Muskelspannung tritt wieder ein allerdings nur sehr kurz; die Aktivität des Gehirns steigt wieder an. Anfänglich nur wenige Minuten lang und gewinnt mit Fortdauer der Nacht an Länge.

Tabelle 1: Die physiologischen Prozesse und Veränderungen während des REM und NREM Schlafes

Physiologischen Prozesse	REM	NREM
<b>Gehirnaktivität</b>	Nimmt in der Sensorik zu; ansonsten ähnlich zu NREM	Nimmt im Verhältnis zum Wachzustand ab
<b>Herzfrequenz</b>	Erhöhter im Vergleich zum NREM Schlaf	Nimmt im Verhältnis zum Wachzustand ab
<b>Sympathisches ZNS</b>	Steigt im Verhältnis zum Wachzustand; Höher als bei NREM	Nimmt im Verhältnis zum Wachzustand ab
<b>Muskeltonus</b>	Nicht messbar bzw kaum vorhanden	Ähnlich zum Wachzustand
<b>Blutversorgung des Gehirnes</b>	Steigt nach dem NREM an	Nimmt im Verhältnis zum Wachzustand ab
<b>Atmung</b>	Steigt im Vergleich zum NREM; es könnten kurze Atempausen auftreten	Nimmt im Verhältnis zum Wachzustand ab
<b>Widerstand d. Luftröhre</b>	Steigt im Verhältnis zum Wachzustand; kann variieren	Steigt im Verhältnis zum Wachzustand
<b>Sexuelle Erregung</b>	Höher als im NREM	Kann gelegentlich auftreten
<b>Körpertemperatur</b>	Kann sich zur Außentemperatur hin verschieben und ist nicht reguliert	Niedriger als im Wachzustand
<b>Blutdruck</b>	Steigt nach dem NREM an; kann im REM variieren	Niedriger als im Wachzustand

Quelle: mod. n. Kryger, Roth, & Dement (2011)

In der neueren Schlafforschung wird mittlerweile nur noch von drei Schlafstadien gesprochen, die Wachphase wird als WASO (=Wake after Sleep Onset) bezeichnet (Spriggs, 2015). Als WASO wird die Anzahl der Minuten der Wachheit nach einer abgeschlossenen Schlafphase bezeichnet. Die Wahrnehmung und Aufnahmefähigkeit ist deutlich geringer als während der Wachheit am Tag. Für eine gute Architektur sollte die WASO nicht mehr als zehn Prozent des Nachtschlafs betragen (Spriggs, 2015). Der Anteil der ersten Schlafphase N1 sollte fünf bis zehn Prozent betragen. Die Charakteristika sind mit der obigen ident beschrieben. Die zweite Schlafphase N2, im deutschen auch Spindelschlaf (sleep spindles) genannt, sollte beinahe die Hälfte des gesamten Nachtschlafs ausmachen (Spriggs, 2015). Das dritte und letzte Stadium N3, die Tiefschlafphase sollte im Idealfall 20 bis 25 Prozent ausmachen.

Mit Fortdauer des Schlafes kann es jedoch auch sein, dass die Tiefschlafphasen N3 und N4 gänzlich verschwinden und der Großteil des NREM Schlafes in der zweiten Phase verbracht wird (Kryger, Roth, & Dement, 2011). Die Tiefschlafphase tritt vermehrt im ersten Drittel des Schlafes auf und nimmt mit Fortdauer des Schlafes ab. Das menschliche Wachstumshormon HGH wird in dieser Phase vermehrt produziert und ist für die Regeneration des Körpers verantwortlich (Spriggs, 2015; Halson, 2014; Fullagar et al., 2015). Der prozentuelle Anteil des

REM- oder R-Schlafes ist mit dem der N3 Phase ident. Grob addiert sollte der Anteil des NREM Schlafes bei 75 bis 80 Prozent liegen und der des REM Schlafes die restlichen 20 bis 25 Prozent (Kryger, Roth, & Dement, 2011).

Mittlerweile ist bekannt, dass der REM-Schlaf, so wie die N3 Phase für die Regeneration des Körpers verantwortlich ist, für die Erholung des Gehirns verantwortlich ist. Der REM-Schlaf tritt zwischen 90 und 120 Minuten ein, am Ende eines gesamten Schlafzyklus, ein (Spriggs, 2015). Durch die Abnahme des Tiefschlafs im letzten Drittel der Nacht nimmt der Anteil des REM-Schlafs in diesem Teil der Nacht zu. Der Anteil der zweiten Phase ist durch den gesamten Schlaf hinweg konstant (Spriggs, 2015). Der NREM Schlaf ist für die Regeneration des zentralen Nervensystems und die Wiederherstellung der Energiereserven verantwortlich (Fullagar et al., 2015). Neben dem Wachstumshormon steigt während des NREM Schlafes die Sekretion weiterer anabol wirkender Hormone. Die Muskelbioproteinsynthese wird verbessert und katabole Prozesse werden gehemmt (Fullagar et al., 2015)

Zweite weitere wichtige Eckdaten in der Schlafforschung sind die sogenannte Schlaflatenz und die Schlafeffizienz (Spriggs, 2015). Die Schlaflatenz ist weniger eine Phase des Schlafs, sondern vielmehr ein Zeitpunkt. Dieser ist für die Schlafforschung essentiell. Die Latenz gibt Auskunft darüber ob die Person unter Einschlafschwierigkeiten, oder ob die Person unter Tagesmüdigkeit leidet. Eine Schlaflatenz von Zehn bis zu 20 Minuten wird als klinisch nicht signifikant angesehen (Spriggs, 2015). Sportler und Sportlerinnen berichten oft über Einschlafschwierigkeiten. Dies kann mit erhöhtem Schmerz, durch hohe Trainingsbelastungen hervorgerufen, Reisen oder Wettkämpfen zusammenhängen (Gupta, Morgan, & Gilchrist, 2017; Halson, 2014). Liegt die Dauer über den 20 Minuten, wird von Einschlafschwierigkeiten gesprochen. Liegt die Dauer erheblich unter den zehn Minuten, wird eine exzessive Tagesmüdigkeit vermutet (Spriggs, 2015). Der Zeitpunkt des Einschlafens wird als „sleep onset“ bezeichnet. Die Schlaflatenz wird im Allgemeinen vom Abdrehen des Lichts bis zum sleep onset gemessen (Spriggs, 2015). Unter Schlafeffizienz wird das Verhältnis der verbrachten Zeit im Bett zur tatsächlichen Schlafdauer verstanden (Spriggs, 2015). Bei jungen gesunden Erwachsenen gilt eine Schlafeffizienz von 90% und höher als Norm (Spriggs, 2015). Eine reduzierte Effizienz korreliert mit einer erhöhten Wachzeit. Eine Erhöhung dieses Parameters kann verschiedene Ursachen haben, beispielsweise Schlafstörungen, Gliederschmerzen, psychische Erkrankungen oder Atemwegsstörungen. Eine plötzliche Erhöhung, beziehungsweise Verbesserung der Schlafeffizienz, wird in der Schlafforschung als

sogenannter „rebound sleep“ bezeichnet (Spriggs, 2015). Der rebound sleep führt meistens zu einer Zunahme der Stadien N3, sprich dem Tiefschlaf, und dem REM Schlaf (Spriggs, 2015).

#### 1.4.3 Die Gehirnstrukturen:

Das Gehirn des Menschen besteht aus dem Großhirn, Kleinhirn, Zwischenhirn und Hirnstamm (Spriggs, 2015). Für den Schlaf-Wach Zyklus sind der Thalamus, der Hypothalamus, die Zirkeleendrüse, der Suprachiasmatische Kern, die Raphe Nuklei und der Hirnstamm von Bedeutung (Spriggs, 2015; Kryger, Roth, & Dement, 2011).

Besonders wichtige Aufgaben erledigen der Thalamus, der Suprachiasmatische Kern und die Zirkeleendrüse (Spriggs, 2015). Der Thalamus stellt die Verbindung zwischen Körper und der Hirnrinde dar, dieser leitet Informationen aus dem Körper an die Großhirnrinde, den cerebralen Cortex, weiter. In der zweiten Schlafphase, dem Spindelschlaf, wird diese Verbindung blockiert was zu einer verminderten Wahrnehmung und Aufnahmefähigkeit führt (Spriggs, 2015). Die herbeigeführte Blockade entsteht durch eine Deaktivierung des sogenannten retikulären Aktivierungssystems (RAS) (Spriggs, 2015). Der Suprachiasmatische Kern, kurz SCN, befindet sich im Hypothalamus. Der SCN wird als eigentlicher Pacemaker des zirkadianen Rhythmus angesehen (Spriggs, 2015). Die Aufgabe des Suprachiasmatischen Kerns besteht darin die Informationen an das Gehirn und den Körper weiterzuleiten, sodass die physische Aktivität mit dem Tagesverlauf übereinstimmt. Darunter fallen beispielsweise die Hormonproduktion oder die Lokomotorik (Kryger, Roth, & Dement, 2011) Der SCN wird stark vom Licht beeinflusst und regelt die „innere Uhr“ des Menschen und anderer Säugetiere (Spriggs, 2015; Kryger, Roth, & Dement, 2011). Der SCN ist mit der Zirkeleendrüse direkt verbunden, diese produziert das Schlafhormon Melatonin, die Produktion beginnt bei Einbruch der Dunkelheit und stellt sich mit Sonnenaufgang wieder ein. Weitere Hormone und Botenstoffe welche den Schlaf-Wach-Zyklus beeinflussen sind Glutamin, Histamin, Dopamin und Acetylcholin (Spriggs, 2015; Kryger, Roth, & Dement, 2011).

#### 1.4.4 Objektive Schlafmessung:

Objektive Schlafmessungen werden meistens in einem Schlaflabor durchgeführt. Mittels verschiedener Messverfahren werden verschiedene Werte der Probanden aufgezeichnet. Das Elektroenzephalogramm (EEG) misst die Hirnstromwellen mittels Elektroden. Dadurch ist mittlerweile bekannt, dass im Wachzustand bei geschlossenen die Alpha-Wellen dominieren, mit geöffneten Augen die Beta - Wellen. In den ersten Schlafstadien beginnen die langsameren

Theta - Wellen zu dominieren, im Tiefschlaf finden sich dann die noch langsameren Delta - Wellen (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Andere Gerätschaften die in einem Schlaflabor verwendet werden sind beispielsweise ein EKG, ein Thermistor, welcher zur Abklärung von Schlafbezogenen Atmungsstörungen dient, oder ein Positionsmesser der Körperlage (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Als der goldene Standard wird die Polysomnographie angesehen. Mit diesem Messverfahren werden kardinale Aktivitäten, Augenbewegungen und auch Gehirnaktivitäten aufgezeichnet (Halson, 2014; Nédélec, Halson, Abaidia, Ahmaidi, & Dupont, 2015).

Um die Ausdruckstärke der Daten zu erhöhen sind meistens zwei aufeinander folgende sogenannte Polysomnographie - Nächte notwendig (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Eine Polysomnographie ist teuer und sehr intensiv, da diese meistens nur in einem Schlaflabor durchgeführt werden kann. Sie wird hauptsächlich für klinische Studien verwendet und auch um chronische Schlafprobleme zu evaluieren (Halson, 2014). Informationen die gefiltert werden können sind zum Beispiel die Schlaflatenz, Schlafqualität, Bewegungen und die verbrachte Zeit in den verschiedenen Schlafphasen (Halson, 2014). Ein weiteres objektives Messverfahren kann mittels Aktigraphen durchgeführt werden. Diese messen die Herzfrequenz und die Bewegung der Probanden. Getragen werden diese an der Nicht- dominanten Hand am Handgelenk (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Diese Variante eignet sich für Sportler und Sportlerinnen, da diese „Fitness und Schlaftracker“ leichter zu erhalten sind. Gepaart mit einem Schlaftagebuch können aussagekräftige Daten gesammelt werden. Mit den Trackern kann die Schlafqualität, die Latenz und sich die Schlafdauer gemessen werden (Halson, 2014).

#### 1.4.5 Subjektive Schlafmessung:

Neben der objektiven Messung werden zusätzlich oft subjektive Messmethoden angewandt. Dazu werden genormte, standardisierte Fragebögen verwendet. Das subjektive Empfinden der Schlafqualität und Schlafdauer wird mit den objektiv erfassten Daten abgeglichen (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Die Fragebögen enthalten meistens Fragen über die Aufwachqualität, die Schlafqualität, Schlafgewohnheiten, Zeitpunkt des zu Bett Gehens und Zeitpunkt des Einschlafens (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Standardisierte und seit Jahrzehnten angewandte Fragebögen sind beispielsweise die Epworth Sleepiness Skala (ESS), der Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) oder der Sleep Disorder Questionnaire (SDQ) (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Neben diesen Fragebögen dienen auch Schlaftagebücher der subjektiven Messverfahren (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001).

#### 1.4.6 Zusammenhänge zwischen subjektiver und objektiver Schlafqualität:

Mittlerweile ist bekannt, dass Personen denen der sogenannte REM-Schlaf entzogen wird eine verstärkte emotionelle Labilität und Irritabilität aufweisen (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Zudem bewirkt ein REM-Schlaf Entzug eine erhöhte Latenz in den darauffolgenden Nächten und auch eine höhere Tätigkeit dieses Schlafstadiums ist messbar (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Personen denen hingegen der Tiefschlaf, sprich das Stadium N3 entzogen wird, weisen keine emotionellen und psychischen negativen Veränderungen auf (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Dies ging aus objektiver und subjektiver Messung hervor. Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit scheint der Entzug der Quantität gegenüber der Qualität mehr Gewichtung zu haben (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Der diesbezügliche Zusammenhang wird im folgenden Kapitel genauer behandelt.

#### 1.4.7 Schlaf und Hormone:

Während des Schlafes ändert sich die Ausschüttung verschiedener Hormone im menschlichen Körper. Von sportlicher Bedeutung sind das menschliche Wachstumshormon HGH und die luteinisierenden Hormone, kurz LH genannt (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Das Wachstumshormon erreicht im ersten Drittel der Nacht seinen Höhepunkt, während des Tiefschlafes, und nimmt mit Fortdauer der Nacht ab. Da in den Tiefschlafphasen anabol wirkende Hormone verstärkt ausgeschüttet werden, ist es für Sportler und Sportlerinnen wichtig einen guten Anteil an Tiefschlaf zu haben (Halson, 2014; Nédélec, Halson, Abaidia, Ahmaidi, & Dupont, 2015).

HGH ist für die Regeneration der Zellen verantwortlich und auch für das semantische Gedächtnis verantwortlich (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001; Halson, 2014). Mit Fortdauer der Nacht nimmt der Spiegel ab und der REM-Schlaf nimmt zu, hier tritt vermehrt das prozedurale Gedächtnis auf (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Das Wachstumshormon kann auch das Geheimnis der „Power Naps“ sein, da zu Beginn des Einschlafens die Ausschüttung des Wachstumshormons angeregt wird, beim Aufwachen wird vermehrt Kortisol ausgeschüttet. Dies bewirkt eine verstärkte Wirkung des „Power Naps“ (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Das Luteinisierende Hormon fördert den Fettabbau und ist beim Mann für die Testosteronausschüttung zuständig. Das LH steigt im letzten Drittel der Nacht wieder an (Saletu & Saletu-Zyhlarz, 2001). Testosteron spielt ebenfalls in der Regeneration und Leistung eine wichtige Rolle.

## 2. Methodik

### 2.1 Ein- Ausschlusskriterien

In der Recherche wurden folgende Operatoren und Suchbegriffe ausgewählt, die anschließend in den Datenbanken eingegeben wurden:

2 Sleep

2 Blue Light

2 Sleep Deprivation

2 Blue Blocking Lenses

2 Electronic Devices

2 Melatonin Suppression

Die Operatoren wurden wie folgt in die jeweiligen Suchmaschinen eingegeben:

(„Sleep“) AND („Blue Light“ OR „Blue Blocking Lenses“ OR „Electronic Devices“ OR „Melatonin Suppression“) <sup>[1]</sup> („Blue Light“) AND („Blue Blocking Lenses OR „Electronic Devices“)

Bei bestehender Möglichkeit, wurden bei der Suchanfrage weitere Filterkriterien eingesetzt. Die Erscheinungsjahre der Publikationen wurden auf fünf Jahre begrenzt (2014-2019). Die Suche bei „Web of Science“ gestaltete sich schwieriger als bei „PubMed“, da hier neben den gesuchten Studien auch weitere Artikel und Reviews aufgelistet wurden. Bei PubMed hingegen konnten die Filterkriterien gleich eingesetzt werden. Bei „Science Direct“ konnte auch weniger gezielt gefiltert werden, die Erscheinungsjahre konnten angekreuzt werden. Bei dieser Suchmaschine stand aber die Möglichkeit weitere Keywords einzugeben zur Verfügung. So konnte mit „Electronic Devices“ oder „Melatonin Suppression“ die Suche eingegrenzt werden.

Folgende Filterkriterien wurden eingesetzt:

- „Clinical Trials“
- „5 Years“
- „Humans“

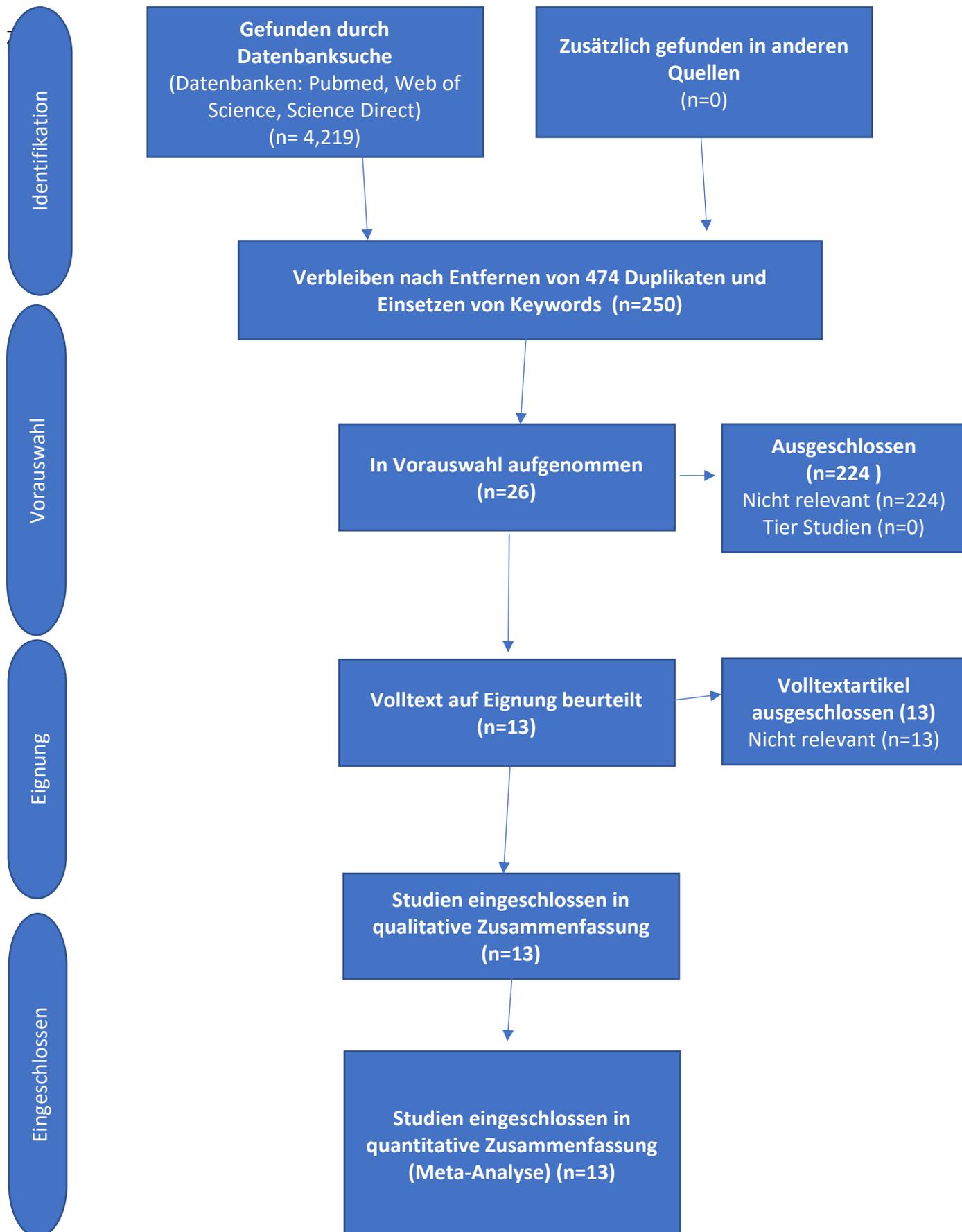
Folgende Keywords wurden eingesetzt:

- „Electronic Devices“
- „Melatonin Suppression“

Der nächste Schritt war das Aussortieren der Duplikate. Die übrig gebliebenen Studien wurden den Kriterien entsprechend weiter durchleuchtet. Studien mit passendem Titel wurden in diesem Schritt in die engere Auswahl aufgenommen. Im Abstrakt der Studien wurde anschließend beurteilt ob die Studie für diese systematische Literaturrecherche in Frage kamen. Gesucht wurden gesunde Probanden und Probandinnen die an keiner klinisch diagnostizierten Schlafstörung oder anderen Krankheiten litten. Das Alter der Teilnehmer und Teilnehmerinnen rangierte vom jungen Erwachsenenalter bis hin zu älteren Personen.

### 3. Studien Blaues Licht und Schlaf

#### 3.1 Flowchart



Die Datenbanksuche ergab zu Beginn eine Anzahl von 4,219 Studien. Die angewandten Filterkriterien wurden bereits in Kapitel 2.1 beschrieben. Durch das Einsetzen der Keywords konnte die Anzahl der Studien bei „Science Direct“ reduziert werden. Die Suche konnte somit erleichtert werden. Die in die Vorauswahl aufgenommenen Studien wurden gründlich durchgelesen und anhand der Ein- und Ausschlusskriterien selektiert. Zwölf Studien konnten nicht verwendet werden da die Probanden an klinisch diagnostizierte Krankheiten litten, oder kein Crossover Design angewandt wurde. Die verbliebenen 13 Studien wurden als geeignet eingestuft und für diese Arbeit herangezogen.

### 3.2 PEDro Skala

PEDro, die Physiotherapie Evidenzdatenbank, ist eine frei zugängliche Datenbank, welche über 44.000 randomisierte, klinische Studien und Reviews bereithält. Die zur Verfügung gestellten Daten sollen dem Nutzer helfen rasch statistisch und inhaltlich aussagekräftige Studien zu finden. Die Qualität der Studien wird anhand der PEDro Skala bewertet, hier werden Punkte im Bereich von 1 - 11 vergeben. Neben der Qualitätsbewertung werden auch Zusammenfassungen und Links zum Volltext zur Verfügung gestellt (<https://www.pedro.org.au/german/>).

Die 13 in dieser Arbeit verwendeten Studien wurden vom Autor dieser Abhandlung anhand der PEDro Skala persönlich bewertet, da diese nicht im Vorhinein in der Datenbank bewertet wurden. Neben den 13 Studien im Hauptteil wurden auch die verwendeten Studien aus der Diskussion der Qualitätsbewertung unterzogen. In der folgenden Tabelle wird Aufschluss über die Qualität der Studien gegeben. Zuvor werden die Kriterien genannt, welche 2008 von Erwin Scherfer, Stefan Hegenscheidt und Angela Harth ins Deutsche übersetzt wurden und 2010 nochmals geändert wurden (CEBP, 2019).

### 3.2.1 Die PEDro Skala Kriterien

Die aufgelisteten Kriterien wurden der Webseite der Physiotherapie Evidenzdatenbank entnommen. Punkt 1 beeinflusst den Punktestand nicht (CEBP, 2019).

1. *„Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert“*
2. *„Die Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Fall von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Probanden randomisiert zugeordnet)“*
3. *„Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen“*
4. *„Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren ähnlich“*
5. *„Alle Probanden waren geblindet“*
6. *„Alle TherapeutInnen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet“*
7. *„Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet“*
8. *„Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen“*
9. *„Alle Probanden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales Outcome durch eine „intention to treat“ Methode analysiert“*
10. *„Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet“*
11. *„Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome“*

### 3.2.2 Übersichtstabelle der PEDro Skala

<b>Titel</b>	<b>Vergebene Punktezahl nach PEDro Skala</b>
<b>Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness</b>	6/10
<b>Unrestricted evening use of light-emitting tablet computers delays self-selected bedtime and disrupts circadian timing and alertness</b>	5/10
<b>The effects of chronotype, sleep schedule and light/dark pattern exposures on circadian phase</b>	3/10
<b>Evening light exposure to computer screens disrupts human sleep, biological rhythms, and attention abilities</b>	8/10
<b>Reading from an iPad or from a book in bed: the impact on human sleep. A randomized controlled crossover trial</b>	5/10
<b>Effects of smartphone use with and without blue light at night in healthy adults: A randomized, double-blind, cross-over, placebo-controlled comparison</b>	6/10
<b>The effects of spectral tuning of evening ambient light on melatonin suppression, alertness and sleep</b>	5/10
<b>Blocking nocturnal blue light for insomnia: A randomized controlled trial</b>	6/10
<b>Blue Blocker Glasses as a Countermeasure for Alerting Effects of Evening Light - Emitting Diode Screen Exposure in Male Teenagers</b>	4/10
<b>The Acute Effects of Intermittent Light Exposure in the Evening on Alertness and Subsequent Sleep Architecture</b>	4/10
<b>Two hours of evening reading on a self-luminous tablet vs. reading a physical book does not alter sleep after daytime bright light exposure</b>	5/10
<b>Effects of blue- and red-enriched light on attention and sleep in typically developing adolescents</b>	4/10
<b>Light exposure via a head-mounted device suppresses melatonin and improves vigilant attention without affecting cortisol and comfort: Head-mounted light, melatonin, vigilance, &amp; comfort</b>	4/10
<b>Efficacy of melatonin with behavioural sleep-wake scheduling for delayed sleep-wake phase disorder: A double-blind, randomised clinical trial</b>	7/10

<b>Dose finding of melatonin for chronic idiopathic childhood sleep onset insomnia: an RCT</b>	N/A
<b>The effects of melatonin administration on disease severity and sleep quality in children with atopic dermatitis: A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial</b>	8/10
<b>Comparison of exogenous melatonin versus placebo on sleep efficiency in emergency medicine residents working night shifts</b>	4/10
<b>The link between vitamin D metabolism and sleep medicine</b>	N/A
<b>The world epidemic of sleep disorders is linked to vitamin D deficiency</b>	N/A
<b>The relationship between serum vitamin D levels and sleep quality in fixed day indoor field workers in the electronics manufacturing industry in Korea</b>	3/10
<b>Improvement of Pain, Sleep, and Quality of Life in Chronic Pain Patients With Vitamin D Supplementation:</b>	5/10
<b>Vitamin D Improves Selected Metabolic Parameters but Not Neuropsychological or Quality of Life Indices in OSA: A Pilot Study</b>	6/10
<b>Vitamin D supplementation and depression in the women's health initiative calcium and vitamin D trial</b>	4/10
<b>Higher Serum 25-Hydroxyvitamin D Concentrations Associate with a Faster Recovery of Skeletal Muscle Strength after Muscular Injury</b>	5/10
<b>Supplemental vitamin D enhances the recovery in peak isometric force shortly after intense exercise</b>	6/10
<b>Benefits of fish oil supplementation in hyperlipidemia: a systematic review and meta-analysis</b>	N/A
<b>Fatty Fish Intake and the Effect on Mental Health and Sleep in Preschool Children in FINS-KIDS, a Randomized Controlled Trial</b>	5/10
<b>Dietary fish intake and sleep quality: a population-based study</b>	3/10
<b>Influence of adjuvant omega-3-polyunsaturated fatty acids on depression, sleep, and emotion regulation among outpatients with major depressive disorders - Results from a double-blind, randomized and placebo-controlled clinical trial</b>	6/10
<b>The function of very long chain polyunsaturated fatty acids in the pineal gland</b>	N/A
☆	

### 3.3 Studienübersicht

Das Prisma Flow Chart zeigte die Filterung der Studien anhand der Ein- und Ausschlusskriterien. Um einen Überblick über die Studien zu gewinnen, werden diese zunächst in einer Tabelle zusammengefasst. Anschließend wird jede einzelne Studie im nächsten Kapitel genauer beschrieben. Insgesamt nahmen. Durch die Ein- und Ausschlusskriterien wurden insgesamt 218 Probanden und Probandinnen zu den Studien zugelassen. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen wurden nach dem Zufallsprinzip der Interventions- und Kontrollgruppe zugewiesen. Alle Studien wurden im Crossover Design abgehalten, somit durchliefen alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen alle möglichen Gruppen in der jeweiligen Studie. Eine Zusammenfassung und eine Diskussion folgen der Analyse der Studie um die Forschungsfrage dieser wissenschaftlichen Abhandlung bestmöglich beantworten zu können.

Tabellarische Darstellung der ausgewählten Studien:

Autoren	Titel	Design	TN	Alter	Versuchsgruppe	Kontrollgruppe	Messwert	Messmethode	Ergebnisse
Chang et al.	Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness	Randomized, Cross over	n=12; 6m 6f	24.92 ± 2.87	n=24 eReader	n=24 Print	Melatonin Suppression (MS) Schlaflatenz (SOL), REM Schlaf	PSG, KSS	MS: 55.12 ± 20.12% SOL: 25.65 ± 18.78 zu 15.79 ± 13.09min
Chinoy et al.	Unrestricted evening use of light-emitting tablet computers delays self-selected bedtime and disrupts circadian timing and alertness	Randomized, Cross over	n=9; 6m 3f	25.7 ± 3.0	n=18 tablet	n=18 Print	Melatonin Suppression, SOL, <u>Tiefschlafphase N3</u>	PSG, KSS	MS: Tablet +54.17±18.00% - Print +9.75±22.75% SOL: 22.03h zu 21.32h
Figueiro et al.	The effects of chronotype, sleep schedule and light/dark pattern exposures on circadian phase	Randomized, Cross over	n=23 6m 17f	31.11 ± 11.1	n=46 Tagesverlauf	n=46 Entgegen Tagesv.	DMLO, <u>Tagesmüdigkeit</u>	Actigraph, KSS, saliva <u>Proben</u>	DMLO: 122±34min / - 37±38min und 108±28min / - 59±28min
Green et al.	Evening light exposure to computer screens disrupts human sleep, biological rhythms and attention abilities	Randomized, Cross over	n=19 8m 11f	24.3 ± 2.8	n=38 HI/SWL	n=38 LI/LWL	Melatonin Suppression, <u>Müdigkeit, Körpertemperatur</u>	PSG, ESS, <u>Urinproben</u>	MS: SWL höher als bei LWL KP: LWL 35.90° zu 36.25°
Groenli et al.	Reading from an iPad or from a book in bed: the impact on human sleep. A randomized controlled crossover trial		n=16 4m 12f	25.1 ± 2.9	n=32 iPad	n=36 Buch	<u>Müdigkeit, Schlafarchitektur</u>	PSG, KSS	<u>Müdigkeit:</u> iPad 6.9±1.1 zu Buch 7.6±1.2
Heo et al.	Effects of smartphone use with and without blue light at night in healthy adults: A randomized, double-blind, crossover, placebo controlled comparison		n=22 m22 f0	30.95 ± 4.15	n=44 With Blue light	n=44 without blue light	Müdigkeit, Erschöpfung, Melatonin Suppression, DMLO	ESS, PSQI, KSS, saliva	DMLO: 50% länger des Erreichens bei Blaulicht (2.94 vs 2.70h) erhöhte MS
Rahman et al.	The effects of spectral tuning of evening ambient light on melatonin suppression, alertness and sleep	Randomized, Cross over	n=16 8m 8f	24.2 ± 3.0	n=32 FL light	n=32 Dim light, C-LED (no blue light)	Melatonin Suppression, <u>Kognitive Performance, Architektur</u>	PSG, KSS, saliva	MS: C-LED 24.6±10.3%; FL 56.5±4.9%

Schechter et al.	Blocking nocturnal blue light for insomnia: A randomized controlled trial		n=14 6m 8f	46.6± 11.5	n= 28 <u>Blaulichtfilter</u>	n=28 <u>Kein Filter</u>	<u>Müdigkeit, Architektur</u>	PIRS, <u>Actigraph</u>	TST: BBL 399.33±80. 31min zu kein Filter 347.11±70. 50min
Van der Lely et al.	Blue Blocker Glasses as a Countermeasure for Alerting Effects of Evening Light – Emitting Diode Screen Exposure in Male Teenagers	Randomized, Cross over	n=13 m13 f0	16.46± 0.66	n= 26 <u>Filter</u>	n=26 <u>Kein Filter</u>	Melatonin Suppression, <u>Müdigkeit, Architektur</u>	PSG, KSS, saliva	MS: Kein Filter 10± pg/mL – Filter 14± pg/mL Höher Müdigkeit und KSS
Yang et al.	The acute Effects of Intermittent Light Exposure in the Evening on Alertness and Subsequent Sleep Architecture	Randomized, Cross over	n=15 7m 8f	20±3.4	n=30 int bright light	n=30 dim light DL	<u>Müdigkeit, Schlafarchitektur,</u> <u>Kognitive Leistung</u>	KSS, PVT, PSG	KSS: DL Score 8± – BL 6± PSG: SOL DL 4.4±0.7 vs 13.1±3.7min IL
Rangteit et al.	Two hours of evening reading on a self-luminous tablet vs reading a physical book does not alter sleep after daytime bright light exposure	Randomized, Cross over	n=14 8m 6f		n=28 <u>Ebook</u> – LED Tablet	n=28 Buch	Melatonin Suppression, <u>Gehirnaktivität</u>	EEG, saliva	Keine stat. Aussagekraft
Schmidt et al.	Light exposure via a head-mounted device suppresses melatonin and improves vigilant attention without affecting cortisol and comfort	Randomized, Cross over	n=17 9m 8f	22.8± 1.8	n=34 Blue light	n=34 Red light	Melatonin Suppression, <u>Kognitive Leistung</u>	PVT, Saliva	MS: Blue Light AUC 15.4±16.12 pg/mL vs red Light AUC 25.35± 12.16 pg/mL
Studer et al.	Effects of blue and red enriched light on attention and sleep in typically developing adolescents	Randomized, Cross over	n=28 17m 11f	14.64± 1.89	n= 56 Blue Light	n=56 Red Light	<u>Architektur, Kognitive Leistung</u>	<u>Actigraph,</u> <u>Reaktionstest</u> und <u>Mathematik</u>	TST: BL 7.27±1.07 h vs RL 7.28±0.56 h SOL: BL 12.81±10.7 9min vs RL 8.78±10.90 min

PSG = Polysomnographie; KSS = Karolinska Sleepiness Scale; ESS = Epworth Sleepiness Scale; FSS = Fatigue Severity Scale; PIRS = Pittsburgh Insomnia Rating Scale; PSQI = Pittsburgh Sleep Questionnaire Index; saliva = Speichelproben; PVT = Psychomotor Vigilance Task; TST = Total Sleep Time; SOL = Sleep Onset Latency; DLMO = Dim Light Melatonin Onset

### 3.4 Analyse der ausgewählten Studien

#### **3.4.1 Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness**

Chang et al. (2015) untersuchten ob und wie stark das Verwenden von elektronischen Geräten vor dem Schlafen gegen den Schlaf, den zirkadianen Rhythmus und die Müdigkeit am darauffolgenden Tag beeinflusst. Die Melatonin-Suppression, die Architektur des Schlafes und die abendliche Wachsamkeit und morgendliche Müdigkeit wurden gemessen.

Den Wissenschaftlern standen insgesamt 12 Teilnehmer und Teilnehmerinnen zur Verfügung. Es nahmen sechs Männer und sechs Frauen teil, das durchschnittliche Alter betrug in etwa 25 Jahre. Die Einteilung in die Versuchs- beziehungsweise Kontrollgruppe folgte nach dem Zufallsprinzip. Beide Gruppen lasen für vier Stunden von einem eReader (Versuchsgruppe) oder von einem Hardcover-Buch (Kontrollgruppe). Das Licht in beiden Zimmern wurde sehr stark gedämpft. Alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen durchliefen sowohl die Intervention der Versuchsgruppe, als auch die der Kontrollgruppe. Die Studie fand im Einklang mit der neuesten Version der Deklaration von Helsinki statt.

#### Methode:

Die Probanden und Probandinnen wurden angehalten drei Wochen vor Studienbeginn einen regelmäßigen Nachtschlaf von 22.00h bis 06.00h abzuhalten. Zudem sollten keine Medikamente, Alkohol oder Koffein bis zum Studienbeginn, und auch währenddessen, konsumiert werden. Alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen waren gesunde Personen ohne klinisch diagnostizierte Krankheiten. Die Schlafenszeiten wurden mittels Actigraphen aufgezeichnet. Während der Studie bewohnten die Probanden und Probandinnen ein Krankenhaus im Einzelzimmer. Die Gesamtdauer belief sich auf 14 Tage, an 5 aufeinanderfolgenden Nächten wurde in den Gruppen gelesen. An den Nächten 1, 7 und 13 wurden 4h vor und 4h nach dem Schlaf eine konstante Körperposition eingenommen. Eine geringe körperliche Aktivität wurde hier eingefordert.

Lesematerial:

Die Probandinnen konnten den Lesestoff frei wählen. Gelesen wurde ab 18.00h Abends bis kurz vor dem Schlafen gehen. zwischen 20.45h und 21.00h wurde eine Pause eingelegt. Der Abstand betrug 30 bis 45cm zum Gesicht. Der eReader wurde mit voller Lichtstärke verwendet. Ein iPad wurde für diese Studie herangezogen.

Melatonin:

Die Melatoninsuppression wurde in der fünften Nacht jeder Gruppe gemessen. Mittel Katheter wurde Blut entnommen und eingefroren. Der AUC (Area Under Curve) der fünften Nacht und der darauffolgenden Nacht wurden herangezogen um die Suppression und die zirkadiane Verschiebung ermitteln zu können.

PSG:

Die Architektur wurde während der letzten zwei Episoden und vor- beziehungsweise nach dem Schlaf gemessen. Ergibt vier PSG Messungen pro Teilnehmerin pro Gruppe.

KSS:

Der Fragebogen wurde jeden Abend eine Stunde vor dem Schlafen gehen beantwortet und mehrere Male in der ersten Stunde nach dem Erwachen.

Resultate:

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Ergebnisse der Melatoninsuppression:

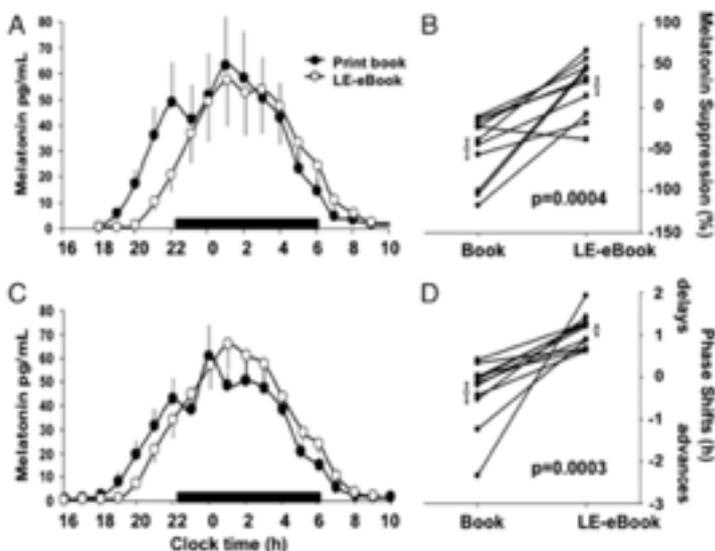


Abbildung 1: Messung der Melatoninsuppression und Phasenverschiebung (Chang et al., 2015, S1234)

In der fünften Nacht konnten statistisch signifikante Daten ermittelt werden. Bei der Versuchsgruppe war die Verschiebung und die Suppression deutlich erhöht  $55.12 \pm 20.12\%$  zu  $-18.77 \pm 39.57\%$  (1A und 1B). Auch der DLMO verschob sich bei der Versuchsgruppe nach hinten  $22:31 \pm 0:42$  zu  $21:01 \pm 0:49$ ;  $P < 0.001$  (1C und 1D).

In der Architektur lassen sich auch signifikante Unterschiede festhalten. In der Versuchsgruppe dauerte das Einschlafen um zehn Minuten länger  $25.65 \pm 18.78$  min vs.  $15.75 \pm 13.09$  min;  $P = 0.009$  (2A). Der Anteil des REM Schlafes verringerte sich ebenfalls in der Versuchsgruppe  $109.04 \pm 26.25$  min vs.  $120.86 \pm 25.32$  min in the print-book condition;  $P = 0.03$  (2B und 2C)

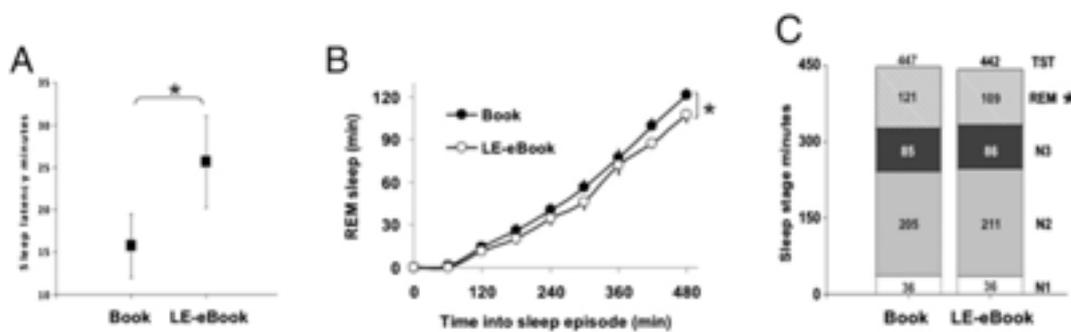


Abbildung 2: A zeigt die verlängerte SOL der Versuchsgruppe, B die Akkumulierte verbrachte Zeit im REM Schlaf, C zeigt die Gesamtzeit aller Schlafstadien (Chang et al., 2015, S1235)

### 3.4.2 Unrestricted evening use of light-emitting tablet computers delays self-selected bedtime and disrupts circadian timing and alertness

Chinoy et al. (2018) untersuchten die Auswirkungen von Tablets auf die Schlafenszeit, des zirkadianen Rhythmus und Wachsamkeit beziehungsweise Müdigkeit. Gemessen wurden die Melatonin Suppression, die Architektur und die Müdigkeit der Probandinnen.

Neun Probanden und Probandinnen, sechs Männer und drei Frauen, nahmen an dieser Studie teil. Das Alter aller Teilnehmerinnen betrug im Schnitt  $25.7 \pm 3.0$  Jahre. Die Versuchsgruppe las von einem Tablet, die Kontrollgruppe aus einem Hardcover Buch. Alle Probandinnen durchliefen beide Interventionen. Die Studie fand im Einklang mit der neuesten Version der Deklaration von Helsinki statt. Die Teilnehmerinnen wurden zuvor schriftlich über die Prozedur informiert und für ihre Teilnahme entschädigt.

#### Methode:

Die gesamte Prozedur belief sich auf 14 Tage. In diesen Tagen wurde in fünf aufeinanderfolgenden Abenden von 18.00h bis 21.45h gelesen. Eine Woche vor Studienbeginn wurden die Probanden und Probandinnen angehalten keinen Alkohol, Nikotin oder Koffein zu konsumieren. Urinproben wurden vor Beginn entnommen um etwaigen Konsum feststellen zu können. Die Schlafenszeit sollte zwischen 22.00Uhr und 06.00Uhr betragen, ein Actigraph wurde getragen und ein Schlaftagebuch geführt. Die Studie wurde im Krankenhaus abgehalten, die Teilnehmerinnen bewohnten ein Einzelzimmer. Gelesen wurde in den Nächten zwei bis sechs und 8 bis zwölf. An den Testtagen Eins, Zwei, Sieben, Acht, 13 und 14 wurden vor und nach der Schlafepisode wurden verringerte Aktivitäten verordnet (Constant Posture, CP). Die Zimmerbeleuchtung wurde ab 12.00Uhr gedämpft.

#### Lesematerial:

Die Probanden durften den Lesestoff frei auswählen. Auf dem Tablet konnte die Aktivität frei ausgewählt werden (Emails, Spiele, Nachrichten). Verwendet wurde ein iPad erster Generation.

#### Melatonin:

Blutproben wurden an den CPs und in der fünften Nacht entnommen. Der zirkadiane Rhythmus wurde am DLMO ermittelt, die Melatoninwerte aus den ersten beiden Nächten wurden als Ausgangswert genommen. Zirkadiane Verschiebungen wurden aus dem DLMO der ersten Nächte und dem der fünften Nächte ermittelt. Die Suppression wurde durch die Area Under Curve bestimmt.

#### PSG:

Die Messung der Architektur fand in den CP Nächten und in der fünften Nacht statt. Der PSG wurde in beiden Gruppen angewandt. <sup>[1]</sup><sub>SEP</sub>KSS:

Die Müdigkeit der Probandinnen wurde mittels Fragebogen ermittelt. Befragt wurde jeden Abend vor dem Schlafen gehen und fünf Mal morgens nach dem Erwachen, in 10 minütigen Intervallen.

## Resultate:

Sowohl in der selbst festgelegten Schlafenszeit, als auch in der tatsächlichen Einschlafzeit zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Die LE-Tablet Gruppe gab eine spätere Schlafenszeit an (Print:  $21:32 \pm 00:27\text{h}$ ; LE-tablet:  $22:03 \pm 00:48\text{h}$ ,  $t_8 = 2.63$ ;  $P = 0.030$ ;  $d = 0.88$ ). Die Buchgruppe schlief um circa 30 Minuten früher ein als die LE Tablet Gruppe  $21:54 \pm 00:25\text{h}$  vs  $22:25 \pm 00:54\text{h}$ .

Die Melatoninsuppression war in der fünften Nacht der Tabletgruppe höher als in der Buchgruppe  $+54.17 \pm 18.00\%$  vs  $+9.75 \pm 22.75\%$ . Der zirkadiane Rhythmus verschob sich in der Versuchsgruppe ebenso um eine Stunde  $20:23 \pm 01:06\text{h}$  vs  $19:35 \pm 00:59\text{h}$ .

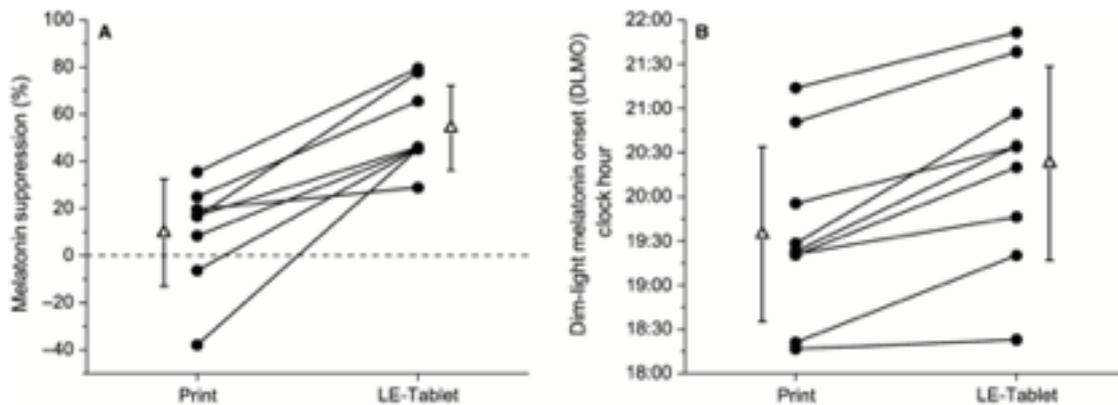


Abbildung 3: A zeigt die Melatoninsuppression in Prozent im Zeitraum 18.00h bis 21.45h der fünften Nacht dar.

Die Linie bei Null ist die CP am darauffolgenden Abend, dient als Korrespondenz. B zeigt die Verschiebung des DLMO zur jeweiligen Zeit. (Chinoy et al., 2018, S7).

Die Auswertung der Polysomnographie zeigte nur in der Tiefschlafphase, dem Anteil der Wachheit und der Latenz Unterschiede. Die Tabletgruppe verbrachte in der fünften Nacht eine längere Zeit in dieser Phase als die Buchgruppe  $1004 \pm 43.28\text{min}$  vs  $94.17 \pm 44.89\text{min}$ . Der Anteil der Wachheit war in der Versuchsgruppe reduziert  $20.61 \pm 18.80\text{min}$  vs  $49.83 \pm 33.58\text{min}$ . Die Versuchsgruppe war vor dem Schlafen weniger müde und am folgenden Morgen müder als die Kontrollgruppe  $4.76 \pm 1.88$  vs  $4.27 \pm 1.50$ .

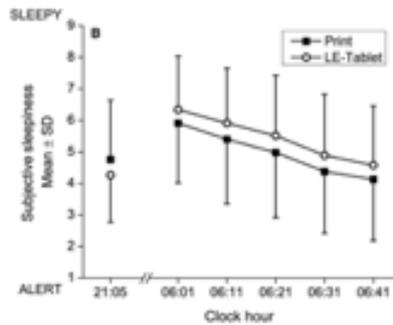


Abbildung 4: Der durchschnittliche Score der KSS.

Je höher die Punktzahl desto höher die Müdigkeit.

(Chinoy et al., 2018, S. 9).

### 3.4.3 The effects of chronotypes, sleep schedule and light/dark pattern exposures on circadian phase

Figueiro et al. (2014) untersuchten ob späte oder frühe Chronotypen unterschiedlich auf verschiedene Lichttherapien reagieren. Die Probanden und Probandinnen wurden morgens mit gewöhnlichen Brillen ausgestattet und abends mit Blaulichtfilterbrillen.

Insgesamt nahmen 23 Personen, davon 17 Frauen und sechs Männer, an dieser Studie teil. Von den Teilnehmerinnen waren elf späte Chronotypen und zwölf frühe Chronotypen. Per Fragebogen wurde der Chronotyp der Teilnehmerinnen ermittelt. Das durchschnittliche Alter betrug  $40 \pm 7.4$  Jahre. Die Probanden und Probandinnen wurden im Vorhinein schriftlich über den Inhalt der Studie informiert und für ihre Teilnahme entschädigt. Die Studie fand im Einklang der Kommission des Rensselaer Institute New York statt.

Methode:

Vor Interventionsbeginn wurden eine Woche lang Daten über den Schlaf gesammelt. Die Personen trugen sechs Tage lang einen Actigraphen und hielten ihre Schlafenszeiten fest. Am siebten Tag erreichten die Personen das Schlaflabor und wurden nach dem Zufallsprinzip in die zwei verschiedenen Gruppen eingeteilt. Die eine Gruppe erhielt für eine Woche Blaulichtfilterbrillen abends und gewöhnliche morgens, die andere anders herum. Nach einer dreiwöchigen Pause wurden die Interventionen getauscht. Während der Intervention gingen die Teilnehmerinnen 1.5h früher ins Bett, basierend auf deren Schlafenszeiten.

Melatonin:

Zur Messung wurden den Teilnehmern und Teilnehmerinnen Speichelproben entnommen. Die Proben wurden zwei Stunden (eine Probe) vor dem DLMO und bis zu zwei Stunden nach dem DLMO, hier in 20 Minuten Intervallen, entnommen.

KSS:

Während der 13 tätigen Intervention absolvierten die Probandinnen mehrmals täglich den Fragebogen. Direkt nach dem Aufstehen und vor dem Schlafen gehen, sowie über den Tag in vier Stunden Intervallen verteilt.

Licht:

Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen trugen die Blaulichtfilterbrille für drei Stunden vor dem Schlafen gehen und die gewöhnliche für zwei Stunden nach dem Aufstehen. Die gewöhnliche Brille wurde mit LED versehen, sodass das Blaulicht verstärkt wurde. Getragen wurden die Brillen für sieben aufeinanderfolgende Tage.

Resultate:

Der DLMO zeigt in beiden Gruppen eine Verschiebung, sowohl bei den späten, als auch bei den frühen Chronotypen. Die frühe Gruppe zeigte bei der Tageslicht angepassten Intervention eine Verschiebung von  $122 \pm 34$  min und bei der umgekehrten Intervention eine Verschiebung um  $-37 \pm 38$  min. Die späten Chronotypen reagierten ihrem Typ entsprechend, hier verschob sich der DLMO um  $108 \pm 28$  min durch die Blaulichtfilterbrille. Die Verzögerung nach hinten betrug  $-59 \pm 28$  min. Es zeigt sich, dass unabhängig vom Chronotyp, der DLMO durch entsprechende Lichtintervention beeinflusst werden kann. Der KSS ergab, dass beide Chronotypen durch die LED Brille abends zum Zeitpunkt des zu - Bett - Gehen weniger müde waren als in der Woche vor der Intervention.

#### **3.4.4 Evening light exposure to computer screens disrupts human sleep, biological rhythms and attention abilities**

Green et al. (2017) untersuchten die Auswirkungen von Lichtintensität und Wellenlänge auf den Schlaf, den zirkadianen Rhythmus und die kognitiven Fähigkeiten. Verschiedene Lichtintensitäten wurden mit kurzwelligem oder langwelligem Licht kombiniert.

An dieser Studie nahmen 19 Probandinnen teil, elf Frauen und acht Männer. Das durchschnittliche Alter betrug  $24.3 \pm 2.8$  Jahre. Im Vorhinein absolvierten die Personen den PSQI, ein Score von weniger als fünf war für die Partizipation Voraussetzung. Ein zu niedriger oder hoher BMI galt ebenfalls als Ausschlusskriterium. Alle Teilnehmer mussten Medikamentenfrei sein und keine Verletzungen oder Beeinträchtigungen an den Augen aufweisen. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen wurden im Vorhinein schriftlich über den Inhalt der Studie informiert. Die Studie fand im Einklang mit der neuesten Version der Deklaration von Helsinki statt.

#### Methode:

Vor Beginn der Intervention wurde eine Woche lang mittels Actigraph das Schlafverhalten der Probandinnen ermittelt. Die Intervention selbst dauerte zwei Wochen. In vier aufeinanderfolgenden Tagen wurden die Personen den verschiedenen Lichtinterventionen unterzogen. Nach jeder Periode erfolgten eine zwei bis drei tägige Pause, alle Probandinnen durchliefen alle möglichen Varianten: SWL/HI, SWL/LI, LWL/HI, LWL/LI. Die Wellenlänge und Intensität wurde am Computer eingestellt, für zwei Stunden absolvierten die Personen verschiedene kognitive Aufgaben am Computer.

#### Melatonin:

Urinproben dienten für das Messen des Melatoninspiegels. Die Proben wurden in jeder Interventionsnacht zu drei verschiedenen Zeitpunkten genommen.

#### Architektur:

Die Architektur wurde mittels PSG ermittelt.

#### Müdigkeit und Wachsamkeit:

Der ESS diente zur Erhebung der Tagesmüdigkeit. Die Skala reicht von 0 - 24. Je höher der Score desto höher ist die jeweilige Tagesmüdigkeit.

## Resultate:

### Melatonininsuppression:

Die Auswertung der Urinproben zeigte eine erhöhte Suppression bei kurzwelligem Licht. Die Suppression fand unabhängig von der Lichtintensität statt. Um 23.00 Uhr betrug der Spiegel bei den SWL Gruppen 67.9 pg/mL und 64.5 pg/mL vs 97.0 pg/mL und 110.6 pg/mL (Tabelle 2).

Tabelle 2: Melatoninspiegel in Pikogramm/mL und Prozentsatz

	Mean ( $\pm$ SD)	(23:00–21:00)	Mean ( $\pm$ SD)	Mean ( $\pm$ SD)			
SWL-high	58.4 (50.2)	25.0 (19.5)	67.9 (23.5)	29.1 (22.2)	4.1	273.3 (137.3)	100.0
SWL-low	35.8 (23.5)	12.7 (8.6)	64.5 (49.5)	24.8 (22.3)	12.1	283.2 (107.6)	100.0
LWL-high	47.8 (48.4)	21.6 (23.4)	97.0 (76.6)	40.8 (33.9)	19.2	262.2 (139.6)	100.0
LWL-low	62.0 (100.3)	20.3 (27.3)	110.6 (88.6)	44.8 (35.6)	24.5	260.5 (119.4)	100.0

Quelle: Green et al. (2017, S. 861)

### Architektur:

Die PSG ergab, dass kurzwelliges Licht den prozentuellen Anteil des Tiefschlafs, 21.0 vs. 29.7, und den der ersten und zweiten Schlafphase reduziert. Der Index der Veränderungen der Schlafarchitektur ist bei kurzwelligem Licht höher als bei langwelligem Licht, 10.1 (2.7) und 10.3 (3.2) vs. 9.2 (2.2) und 9.1 (2.7).

### Müdigkeit und Wachsamkeit:

Durch das kurzwellige Licht fühlten sich die Probandinnen müder als durch das langwellige Licht. Unabhängig von der Lichtintensität.

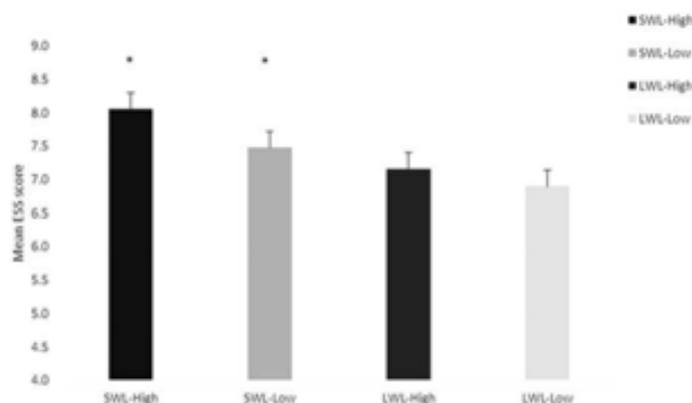


Abbildung 5: Der durchschnittliche ESS Score. Kurzwelliges Licht führt zu einer erhöhten Müdigkeit am folgenden Morgen. Der Score kann aus der Y-Achse entnommen werden. ( $F(1,18) = 4.80, p < .05$ ).

(Green et al., 2017, S. 862).

### **3.4.5 Reading from an iPad or from a book in bed: the impact on human sleep. A randomized controlled crossover trial.**

Grønli et al. (2016) untersuchten die Auswirkungen von blauem Licht auf den Schlaf des Menschen. Verwendet wurde ein iPad und ein Hardcover Buch. Für die Auswertung des Schlafes wurde eine Polysomnographie verwendet. Die Schlafarchitektur bildete den einzigen Messwert dieser Studie.

Insgesamt nahmen an dieser Studie 16 Probandinnen teil. Zwölf davon waren Frauen. Das durchschnittlich Alter der Gruppe betrug  $25.1 \pm 2.9$  Jahre. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen sollten eine Woche vor Studienbeginn einen geregelten Nachschlaf abhalten, dieser sollte maximal  $\pm 1h$  von der selbstgewählten Schlafenszeit abweichen. Alkoholkonsum wurde untersagt, Koffein sollte nach 18.00Uhr nicht mehr konsumiert werden. Personen mit Schlafproblemen, wie etwa Schnarchen, wurden ausgeschlossen. Alle Teilnehmerinnen wurden im Vorhinein schriftlich über den Verlauf der Studie informiert. Die Studie fand im Einklang mit der Deklaration von Helsinki statt.

Methode:

In drei aufeinanderfolgenden Nächten wurde der Schlaf gemessen. Die erste Nacht wurde nicht in die Auswertung genommen und sogenannten „First Night Effects“ zu vermeiden, somit wurden nur die zweite und dritte Nacht für die Auswertung herangezogen. Zwischen den Interventionen verging eine Woche. Gelesen wurde für 30 Minuten auf eine iPad oder aus einem Buch. Die Probandinnen wurden per Zufallsprinzip in die jeweiligen Gruppen eingeteilt. Die Personen wurden in vier Gruppen eingeteilt. Dadurch konnten Unterschiede zwischen den verwendeten Medien selbst und zwischen der Reihenfolge iPad - Buch vs. Buch - iPad untersucht werden.

PSG:

Die PSG wurde am eigenen Bett der Probanden und Probandinnen angebracht. Als Messinstrumente dienten das EEG, EMG und EOG.

KSS und Schlaftagebuch:

Die Müdigkeit der Teilnehmer und Teilnehmerinnen wurde per Fragebogen ermittelt. Diese wurde direkt vor dem Schlafen gehen ausgefüllt. Das Schlaftagebuch wurde in den Nächten zwei und drei geführt.

Resultate:

PSG:

In der gesamten Schlafarchitektur konnten keine Unterschiede festgehalten werden. Weder in der Länge des Schlafes, noch in den einzelnen Schlafstadien. Das EEG konnte in den Frequenzen der Theta und Delta Wellen Unterschiede festhalten. Das Lesen auf dem iPad führte zu einer Verzögerung von circa 30 Minuten der Delta Wellen. In den ersten 60 bis 105 Minuten des Schlafs war die Frequenz der Delta Wellen in der iPad Gruppe niedriger. Die Frequenz der Theta Wellen waren im Zeitraum von 45 bis 60 Minuten und auch 90 bis 105 Minuten niedriger.

KSS:

Das Lesen aus dem Buch führte zu einer erhöhten Müdigkeit vor dem Schlafen gehen  $7.6 \pm 0.3$  vs  $6.9 \pm 0.3$ ,  $p = 0.035$ .

#### **3.4.6 Effects of smartphone use with and without blue light at night in healthy adults: A randomized, double-blind, cross-over, placebo-controlled comparison**

Heo et al. (2017) untersuchten die Auswirkungen des blauen Lichts auf den Schlaf, die Veränderung der Melatoninausschüttung, der Körpertemperatur und die kognitiven Fähigkeiten. Verwendet wurden Smartphones mit und ohne Blaulichtfilter.

Insgesamt nahmen 22 Personen, davon alle Männer, an dieser Studie teil. Das Alter der Männer betrug  $30.95 \pm 4.15$  Jahre. Die Teilnehmer wurden über Onlinewerbung rekrutiert. Diese wurde vom Samsung Medical Center geleitet. Ausschlusskriterien waren Personen mit Schlafstörungen, Depressionen, Medikationen zum Zeitpunkt der Studie und auch Schichtarbeiter. Die Probanden wurden im Vorhinein schriftlich über den Inhalt der Studie informiert. Die Studie fand im Einklang mit der Deklaration von Helsinki statt.

#### Methode:

Die Intervention wurde über drei Tage abgehalten. Die erste Nacht diente zur Gewöhnung, die zweite war die Interventionsnacht und die dritte diente zur Post-Intervention Beurteilung. Zwischen den Interventionen wurde eine Pause von einer Woche eingehalten. Im Vorfeld wurden die Probanden angehalten eine fixe Schlafenszeit von acht Stunden einzuhalten. Die Smartphones wurden für 150 Minuten verwendet, gespielt wurden verschiedenste Spiele auf den Geräten. Die Zimmerbeleuchtung wurde sehr schwach gehalten, das Smartphone wurde circa 25 bis 30cm vom Gesicht entfernt gehalten. Das Smartphone wurde von 19.30Uhr bis 22.00Uhr verwendet.

#### Melatonin- und Cortisolspiegel:

Zur Messung des Spiegels dieser beiden Hormone wurden Blutproben entnommen. Dafür wurde ein Katheter gelegt. Für die Auswertung des Schlafhormons wurde stündlich eine Probe genommen. Für die Cortisolmessung alle 120 Minuten. Begonnen wurde an allen drei Nächten um 19.00 abends, Proben wurden bis zum nächsten Morgen entnommen. Die Körpertemperatur wurde ebenfalls alle 120 Minuten gemessen.

#### Müdigkeit:

Zur Evaluierung der Müdigkeit und Verfassung der Männer wurden mehrere Fragebögen herangezogen, der Profile of Mood States (POMS), der ESS, FSS und PSQI. Für die kognitiven Fähigkeiten wurde der Continuous performance Test (CPT) verwendet.

#### Resultate:

##### Melatonin:

Um die höchste Ausschüttung ermitteln zu können, wurde der Mittelwert der drei höchsten Werte verwendet. Die 50% davon wurden als DMLO festgelegt und dieser diente als Marker für die Ermittlung der Suppression während der 150 Minütigen Intervention. Die Suppression jedes Teilnehmers wurde als AUC angegeben. Blaues Licht führte zu einer 14.4 minütigen Verschiebung des DLMO 0.24 h; 2.94 vs. 2.70 h. Die Körpertemperatur stieg durch das blaue Licht ebenfalls um 0.1 °C an. Bei Smartphones ohne blaues Licht sank die Körpertemperatur um 0.8 °C.

Tabelle 3: Auswertung des DLMO, Cortisol und Köpertemperatur.

Variable	Use of Smartphone (PM 7:30–10:00)		Comparison of group	
	LED with blue light (n = 22)	LED without blue light (n = 22)	Z or t	p
<sup>a</sup> Melatonin				
DLMO 50% (hours)	2.94 ± 1.66	2.79 ± 1.23	1.60	0.12
AUC, PM 8:00–11:00	6.29 ± 1.35	6.45 ± 1.07	2.50	0.03
<sup>b</sup> Cortisol				
Cortisol peak time (hours)	10.67 ± 3.06	9.62 ± 4.41	-10.00	0.30
AUC, PM 7:00–11:00	0.86 ± 0.64	0.88 ± 0.57	0.09	0.93
<sup>c</sup> Body temperature				
PM 7:00	36.51 ± 0.33	36.59 ± 0.28		
PM 9:00	36.46 ± 0.31	36.46 ± 0.35		
PM 11:00	36.61 ± 0.31	36.51 ± 0.31	-1.64	0.10
PM 11:00–PM 7:00	0.10 ± 0.32	-0.08 ± 0.30		

Quelle: Heo et al. (2017, S. 67)

Müdigkeit:

Der ESS und FSS ergaben eine reduzierte Müdigkeit bei der Versuchsgruppe. Vor dem blauen Licht betrug der ESS  $6.86 \pm 3.86$  und nach  $4.76 \pm 2.49$  vs  $5.67 \pm 3.23$  und  $5.67 \pm 4.48$ . Die Auswertung des CPT ergaben weniger signifikante Unterschiede.

### 3.4.7 The effects of spectral tuning of evening ambient light on melatonin suppression, alertness and sleep

Rahman et al. (2017) untersuchten die Auswirkungen verschiedener Lichtquellen auf den Schlaf, die Melatoninsuppression und die Wachsamkeit. Verwendet wurden Lichtquellen mit Blaulichtfilter und ohne Filter. Die Lichtquellen wurden im Raum platziert, die Deckenbeleuchtung war ausgeschaltet.

Insgesamt nahmen 16 Personen, acht Frauen und acht Männer, an der Studie teil. Das durchschnittliche Alter betrug  $24.2 \pm 3.0$  Jahre. Die Studie wurde im und vom Brigham Krankenhaus durchgeführt und von dessen Komitee bestätigt. Die Probanden und Probandinnen wurden im Vorhinein über den Inhalt der Studie schriftlich informiert.

Methode:

Drei Wochen vor Beginn der Intervention wurden die Personen angehalten einen fixen Schlaf von acht Stunden einzuhalten. Um die Zeiten möglichst exakt zu halten, wurden die Personen abends an das Schlafen erinnert und Morgens per Anruf geweckt. In der letzten Woche wurde ein Actigraph getragen, um den Schlaf objektiv zu messen. Das Konsumieren von Nikotin, Medikamenten, Koffein und anderen Ergänzungsmitteln wurde untersagt. Am Ende der dritten Woche wurden Blutproben und Urinproben entnommen. Die Interventionen beliefen sich auf vier Tage. Die Personen wurden nach dem Zufallsprinzip den jeweiligen Gruppen zugeordnet.

Die Reihenfolge verlief wie folgt: Dim Light - Licht - Dim Light - Blaulichtfilter vs. Dim Light - Blaulichtfilter - Dim Light - Licht.

Architektur:

Die Architektur wurde per PSG gemessen. Gemessen wurde in jeder Nacht während der gesamten Schlafenszeit.

Wachsamkeit und Müdigkeit:

KSS und der PVT wurden verwendet. Beide Tests wurden stündlich während der gesamten Wachzeit absolviert.

Melatonin:

Plasma Melatonin wurde stündlich, beginnend acht Stunden vor dem Schlafen gehen, entnommen. Von Tag 1 bis Studierende. Speichelproben wurden stündlich für acht Stunden vor dem Schlafen gehen an allen Tagen entnommen.

Resultate:

Architektur:

Gemessen an den Intervention zeigten sich kaum Unterschiede in der Architektur. Beim Vergleich der Reihenfolge der Intervention zeigen sich jedoch Unterschiede. Die Reihenfolge Blaulichtfilter/Kein Filter verschlechterte den Schlaf weniger als die Reihenfolge Kein Filter/Blaulichtfilter. Sowohl in der gesamten Schlafzeit, der Qualität als auch in der Frequenz der NREM Delta Wellen.

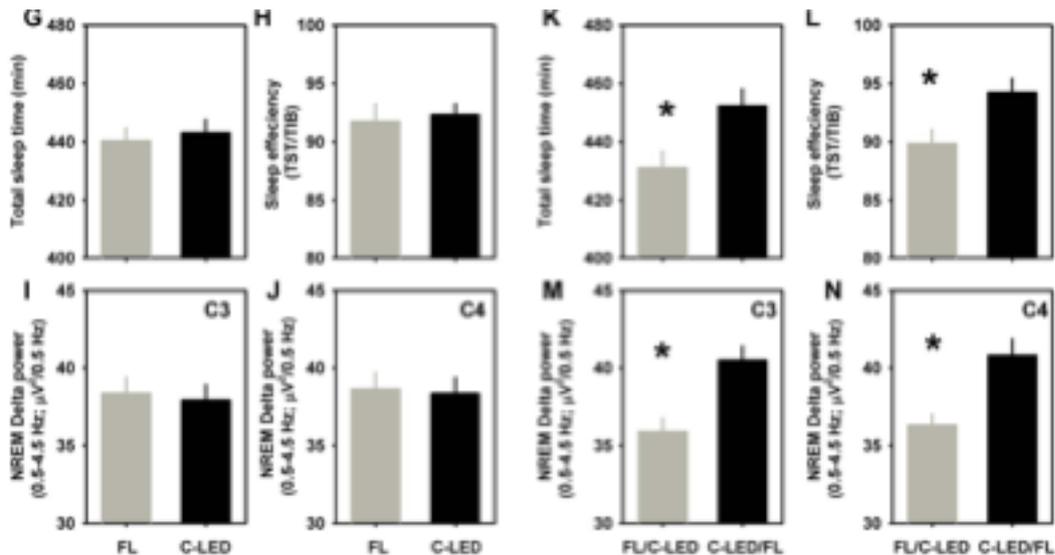


Abbildung 6: Die vier oberen Grafen zeigen die TST (G, K) und SE (H, L). Die unteren Grafen (I, J, M, N) zeigen die NREM Delta Wellen. Die Grafen links zeigen die Daten der verschiedenen Lichtquellen, FL = gewöhnliches Licht, kein Filter; C-LED = Blaulichtfilter. Die Balkendiagramme rechts zeigen die Daten des Vergleichs der Reihenfolge.

(Rahman et al., 2017, S. 226)

#### Melatoninsuppression:

Die Melatoninsuppression war beim gewöhnlichen Licht am stärksten. Beim gefilterten Licht und beim gedämpften Licht fiel die Suppression geringer aus. Der Prozentsatz der Suppression betrug  $56.5 \pm 4.9\%$  beim gewöhnlichen Licht vs.  $24.6 \pm 10.3\%$  beim gefilterten Licht. Die Sekretion, gemessen als AUC betrug  $72.4 \pm 19.9$  pg/mL zu  $41.4 \pm 7.7$  pg/mL.

#### Wachsamkeit und Müdigkeit:

Der KSS Score unterschied sich nicht signifikant. Die Auswertung des PVT zeigte eine erhöhte Wachsamkeit und eine kürzere Reaktionszeit bei gewöhnlichem Licht.

### 3.4.8 Blocking nocturnal blue light for insomnia: A randomized controlled trial

Schechter et al. (2018) untersuchten die Auswirkungen von blauem Licht auf den Schlaf des Menschen. Verwendet wurden Blaulichtfilterbrillen. Primäres Ziel der Studie war es die Schlaflosigkeit der Probanden und Probandinnen zu verbessern.

Insgesamt nahmen 14 Personen, davon acht Frauen, an der Studie teil. Das durchschnittliche Alter betrug  $46.6 \pm 11.5$  Jahre. Die Prozedur wurde vom medizinischen Institut der Columbia

Universität in New York begutachtet, die Studie fand im Einklang mit der Deklaration von Helsinki statt. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen wurden im Vorhinein schriftlich über den Ablauf informiert. Um eine Schlaflosigkeit feststellen zu können wurde im Vorfeld der Insomnia Symptoms Questionnaire (ISQ) ausgefüllt.

#### Methode:

Die Probanden wurden per Zufallsprinzip in zwei Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe erhielt Blaulichtfilterbrillen, die Kontrollgruppe gewöhnliche Brillen. Die Brillen wurden für eine Woche, zwei Stunden vor dem Schlafen gehen getragen. Nach einer vierwöchigen Pause wurden die Gruppen vertauscht. Um die Schlafenszeit messen zu können wurden ein Schlaftagebuch geführt und ein Actigraph getragen. Die Teilnehmerinnen durften die Schlafenszeiten selbst festlegen.

#### Schlaflosigkeit, Lebensqualität und Stress:

Zur Ermittlung wurde der sogenannte Pittsburgh Insomnia Rating Scale (PIRS) verwendet. Eine Punktskala von 0 (gut) - 195 (sehr schlecht) gibt Aufschlüsse über den Schlaf, Stress und Lebensqualität. Die Skala ist in diese drei Abschnitte gegliedert, jeder Abschnitt verfügt über eine eigene Skala. Der PIRS wurde am Abend des siebten Tages, am Ende der Interventionswoche, ausgefüllt.

#### Architektur:

Die Architektur wurde per Schlaftagebuch und Actigraph gemessen.

#### Resultate:

#### Schlaflosigkeit, Lebensqualität und Stress:

Die Auswertung des PIRS zeigte, dass das Verwenden von Blaulichtfilterbrillen alle drei Bereiche verbessert. So verbesserte sich beispielsweise der Score der Lebensqualität  $14.86 \pm 4.33$  zu  $18.57 \pm 4.20$ ; ( $p = 0.003$ )

Tabelle 4: Der PIRS nach einwöchigem Tragen von Blaulichtfilter und gewöhnlichen Brillen

	Clear	Amber	P-value
PIRS Total Score	88.93 ± 33.19 (45-152)	72.64 ± 28.14 (31-133)	<b>0.023</b>
Distress Score	56.93 ± 27.36 (20-116)	46.57 ± 23.23 (17-96)	<b>0.046</b>
Sleep Parameter Score	13.36 ± 6.11 (3-27)	11.21 ± 6.17 (4-24)	<b>0.047</b>
Quality of Life Score	18.57 ± 4.20 (10-24)	14.86 ± 4.33 (7-22)	<b>0.003</b>

PIRS: Pittsburgh Insomnia Rating Scale. Data were analyzed using paired-samples t-tests and are expressed as means ± SD (range). Statistically significant p-values (< 0.05) are denoted in bold.

Quelle: Schechter et al. (2018, S. 200)

Architektur:

Die subjektive Schlafmessung ergab eine Verbesserung bei der Schlafqualität  $3.31\% \pm 0.91$  (2.1-4.7) zu  $4.00\% \pm 1.39$  (1.9 - 7) bei der Gesamtschlafzeit  $347.11\text{min} \pm 70.50$  (231 - 459) zu  $399.33\text{min} \pm 80.31$  (255 - 488) und auch bei der Schlaflatenz  $43.26\text{min} \pm 44.77$  (3.5 - 126) zu  $31.23\text{min} \pm 20.72$  (5 - 81). Die objektive Schlafmessung konnte lediglich in der Schlafenszeit einen signifikanten Unterschied festhalten,  $330.33\text{min} \pm 66.01$  (244 - 514) zu  $358.80 \pm 66.29$  (268 - 525).

### 3.4.9 Blue Blocker Glasses as a Countermeasure for Alerting Effects of Evening Light - Emitting Diode Screen Exposure in Male Teenagers

Van der Lely et al. (2015) untersuchten die Auswirkungen von blauem Licht auf das Einschlafen. Neben dem Einschlafen wurden auch die kognitiven Fähigkeiten mittels PVT gemessen. Verwendet wurden Blaulichtfilterbrillen und gewöhnliche Brillen ohne Filter. Insgesamt nahmen 13 Jugendliche, ausschließlich Burschen, an dieser Studie teil. Die Schüler wurden über Onlinewerbung und Informationsveranstaltungen an der Schule für die Studie angeworben. Die Schüler und auch die Eltern wurden schriftlich über den Ablauf der Studie informiert. Das Alter der Jugendlichen betrug  $16.46 \pm 0.66$  Jahre. Die Studie fand im Einklang mit der Baseler Ethikkommission und mit der Deklaration von Helsinki statt.

#### Methode:

Die Jugendlichen wurden per Zufallsprinzip in die Versuchs- oder Kontrollgruppe eingeteilt. Die Teilnehmer erhielten für eine Woche entweder eine Blaulichtfilterbrille oder eine gewöhnliche Brille. Diese wurde abends vor dem Schlafen gehen getragen, am Ende der Woche wurde eine Nacht im Schlaflabor verbracht. Zwischen den Interventionen wurde eine Pause von 2 Wochen eingelegt. Die Burschen wurden angehalten die Brillen so lange wie möglich vor dem Schlafen gehen zu tragen, die Zeiten wurden schriftlich festgehalten. Die Jugendlichen erreichten 5.5h vor ihrer Schlafenszeit das Labor. In diesem Zeitraum wurden sie Dunkelheit, gedämpften Licht und hellem LED Licht ausgesetzt.

#### Architektur:

Die Architektur wurde per Schlaftagebuch und Actigraph gemessen. Dieser wurde bis zur Nacht im Labor getragen. In der Labornacht wurde die Architektur mittels PSG gemessen.

#### Melatonin:

Speichelproben wurden in 30 Minütigen Intervallen während der Wachzeit entnommen.

#### Kognitive Fähigkeiten:

Der PVT wurde zu vier verschiedenen Zeitpunkten während des Laboraufenthaltes durchgeführt. Der KSS wurde zur Ermittlung der Müdigkeit herangezogen.

#### Resultate:

##### Architektur:

Die Auswertung der Daten zeigte keine signifikanten Unterschiede.

##### Melatonin:

Zu späteren Zeitpunkten, 90 Minuten bis fünf Minuten vor dem Einschlafen, war die Melatonin-suppression bei der Kontrollgruppe mehr erhöht, Der DLMO verschob sich nicht signifikant  $20:43h \pm 00:51h$  zu  $20:57h \pm 01:09$ .

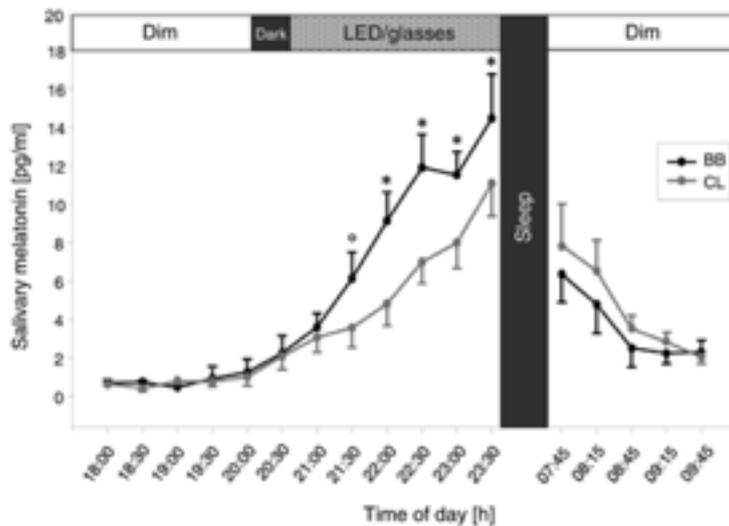


Abbildung 7: Der Melatoninspiegel in pg/mL. Die schwarze Linie ist die der Versuchsgruppe, die graue die der Kontrollgruppe. Statistisch signifikante Messzeitpunkte sind mit einem Stern markiert.

(Van der Lely et al., 2015, S. 117)

#### Kognitive Fähigkeiten:

Das Tragen von gewöhnlichen Brillen führte zu einer erhöhten Wachsamkeit und reduzierten Müdigkeit. Infolge dessen reduzierte sich die Reaktionszeit um 10%. Aus dem KSS geht hervor, dass das Tragen der Blaulichtfilterbrille zu einer erhöhten Müdigkeit führte.

### 3.4.10 The Acute Effects of Intermittent Light Exposure in the Evening on Alertness and Subsequent Sleep Architecture

Yang et al. (2018) untersuchten die Auswirkungen von verschiedenen Lichtquellen auf die Architektur und Wachsamkeit. Verwendet wurden drei verschiedene Lichtquellen: Starkes, gedämpftes und gedämpftes starkes pulsierendes Licht im Wechsel.

Insgesamt nahmen 15 Probandinnen, davon sieben Männer, an der Studie teil. Die Teilnehmerinnen durften an keinen Schlafstörungen oder Depressionen leiden und keinen exzessiven Alkohol oder Koffeinkonsum betreiben. Das durchschnittliche Alter betrug  $20 \pm 3.4$  Jahre.

Die Studie fand im Einklang mit der Ethikkommission der Universität Süd-China statt. Die Teilnehmerinnen wurden im Vorhinein schriftlich informiert und für ihre Teilnahme entschädigt.

#### Methode:

Alle Teilnehmerinnen absolvierten in einer randomisierten Reihenfolge alle drei Interventionen. Zwischen den Interventionen wurde immer eine einwöchige Pause eingelegt. Die Studie wurde im Winter abgehalten, um mögliche Auswirkungen des Tageslichts zu minimieren. Zwischen den Labornächten wurden die Probanden und Probandinnen angehalten einen fixen Schlaf-Wachzyklus einzuhalten. Dieser wurde per Schlaftagebuch festgehalten. Für die objektive Messung wurde ein Actigraph am nicht dominanten Handgelenk getragen. Jede Intervention dauerte drei Stunden. Die erste Labornacht wurde nicht in die Auswertung aufgenommen. Die Probandinnen verbrachten vier Nächte im Labor pro Intervention.

#### Kognitive Fähigkeiten:

Der PVT diente zur Ermittlung der Wachsamkeit. Der Test wurde während der Interventionen durchgeführt. In Summe wurden zwölf Tests pro Nacht durchgeführt.

#### Architektur:

Während der Labornächte wurde der Schlaf mit der PSG gemessen.

#### Müdigkeit:

Der KSS wurde herangezogen. Pro Nacht wurden zwölf Testungen durchgeführt.

#### Resultate:

##### Müdigkeit:

Zwischen dem pulsierenden Licht und dem anhaltenden starken Licht zeigten sich keine Unterschiede ( $p = 0.961$ ). Der Unterschied zwischen gedämpftem Licht hingegen war statistisch signifikant ( $p = 0.013$ ) und ( $p < 0.01$ ). Der Unterschied zeigte sich erst ab der fünften Messung.

##### Kognitive Fähigkeiten:

Mit Fortdauer des Abends zeigte sich, dass die beiden starken Lichtquellen zu einer schnelleren Reaktionszeit führen. Insbesondere zwischen pulsierendem Licht und gedämpftem Licht zeigten sich signifikante Unterschiede ( $p = 0.013$ ).

##### Architektur:

Eine signifikante Änderung in der Architektur zeigte sich vor allem bei der Latenz, der Gesamtschlafzeit und auch bei der Schlafqualität.

Der Unterschied in der Schlafzeit betrug  $F(2, 28) = 3.473, p = 0.045, \eta^2 = 0.199$ . Die Qualität unterschied sich zum pulsierendem Licht ( $p = 0.02$ ) und zum anhaltenden Licht ( $p = 0.018$ ). Zwischen den starken Lichtquellen bestand kein Unterschied ( $p = 0.297$ ).

Tabelle 5: Die Architektur in den drei verschiedenen Lichtinterventionen

Stages	IL	CL	DL	F	p	$\eta^2$
TIB (min)	393.9 ± 17.0	392.3 ± 16.2	404.1 ± 13.8	0.619	0.546	0.042
TST (min)	363 ± 15.9	368.4 ± 15.0	387.5 ± 13.3	4.473	0.045	0.199
SOL (min)	13.1 ± 3.7	9.6 ± 1.8	4.4 ± 0.7	3.782	0.063	0.213
RL (min)	69.1 ± 7.1	81.4 ± 7.6	66.7 ± 3.2	2.332	0.116	0.143
SE (%)	92.3 ± 1.4	94.0 ± 0.8	95.9 ± 0.4	3.894	0.049	0.218
N1 (%)	4.2 ± 0.5	4.4 ± 0.9	4.1 ± 0.6	0.131	0.878	0.009
N2 (%)	55.6 ± 1.5	56.3 ± 1.3	54.9 ± 1.8	0.583	0.565	0.040
N3 (%)	16.0 ± 1.6	16.7 ± 1.7	16.6 ± 1.2	0.156	0.865	0.011
REM (%)	24.1 ± 1.3	22.6 ± 1.2	24.5 ± 1.2	1.099	0.347	0.073
WASO (%)	5.2 ± 1.1	2.7 ± 0.5	2.8 ± 0.4	4.800	0.077	0.286

CL: continuous light condition; IL: intermittent light condition; DL: dim light condition; TIB, time in bed; TST, total sleep time; SOL, sleep latency to sleep onset; RL, REM sleep latency (after sleep onset); SE, sleep efficiency (TST/TIB × 100); N1, NREM sleep stage 1; N2, NREM sleep stage 2; N3, NREM sleep stage 3; REM, REM sleep; WASO (%), the time of wakefulness after sleep onset in the TST. Values are depicted as mean ± 1 standard error of the mean (N = 15).

Quelle: Yang et al. (2018, S. 8)

### 3.4.11 Two hours of evening reading from a seat - luminous tablet vs. reading a physical book does not alter sleep after daytime bright light exposure

Rangtell et al. (2016) untersuchten die verschiedenen Auswirkungen beim Lesen aus einem Buch vs. Tablet auf die Melatoninsuppression und Architektur des Schlafes. Im Gegensatz zu anderen klinischen Studien wurden die Probanden und Probandinnen, vor der eigentlichen Intervention, zusätzlich 6.5 Stunden intensivem Licht ausgesetzt.

Insgesamt nahmen 14 Personen, acht Männer und sechs Frauen, an der Studie teil. Die Probanden und Probandinnen mussten gesund sein und an keinen klinisch diagnostizierten Erkrankungen die den Schlaf negativ beeinflussen leiden. Die Teilnehmerinnen sollten einen regelmäßigen Nachtschlaf von sieben bis neun Stunden haben, übermäßiger Koffein und Alkoholkonsum war ebenfalls ein Ausscheidungskriterium. Die Probanden wurden schriftlich über die Studie informiert, diese fand im Einklang mit der Ethikkommission von Uppsala statt.

Methode:

Drei Tage vor der Intervention sollten die Teilnehmer und Teilnehmerinnen zwischen 22.00 und 24.00 zu Bett gehen und zwischen 06.00 und 08.00 aufstehen. Die letzten drei Nächte wurde ein Schlafstagebuch geführt, in der letzten Nacht wurde zusätzlich ein Actigraph getragen.

Die Teilnehmerinnen wurden per Zufallsprinzip der Kontroll- oder Versuchsgruppe zugeteilt. Nach einer sechstägigen Pause wurden die Gruppen vertauscht. Die Personen erreichten das Schlaflabor um 14.30, 6.5h vor der Lesezeit wurden alle Teilnehmerinnen beider Gruppen starkem Licht ausgesetzt. Während des zweistündigen Lesens wurde nur eine Leselampe eingeschaltet.

Architektur:

Die Architektur wurde mittels PSG gemessen.

Melatoninsuppression:

Speichelproben wurden mit Beginnen des Lesens entnommen. Mehrere Proben wurden in Abständen von 30 Minuten bis zum Schlafen gehen entnommen.

Müdigkeit:

Am folgenden Morgen wurde in 15 Minütigen Abständen der KSS Fragebogen ausgefüllt. Begonnen wurde direkt nach dem Aufstehen. Die Befragungen wurden nach einer Stunde beendet.

Resultate:

Architektur:

Die Auswertung der PSG ergab keine statistisch aussagekräftigen Werte.

Melatoninsuppression:

Die absoluten Werte des Melatoninspiegels zeigten einen Unterschied. Die Buchgruppe hatte gegen Ende der Intervention, Zeitpunkt 23.00 Uhr, einen erhöhten Melatoninspiegel. Die normalisierten Werte hingegen zeigten keinen Unterschied.

Müdigkeit:

Direkt nach dem Aufstehen fühlte sich die Versuchsgruppe etwas müder als die Kontrollgruppe. Mit Fortdauer des Morgens glichen sich die Werte einander an.

### **3.4.12 Light exposure via a head - mounted device suppresses melatonin and improves vigilant attention without affecting cortisol and comfort**

Schmidt et al. (2018) untersuchten die verschiedenen Auswirkungen von rotem langwelligem und blauem kurzwelligem Licht auf die Melatoninsuppression und Wachsamkeit. Die Lichtquellen wurden am Kopf fixiert und getragen.

Insgesamt nahmen 17 Personen an der Studie teil. Davon waren acht Frauen und neun Männer, das Durchschnittsalter der Probandinnen betrug  $22.8 \pm 1.8$  Jahre. Die Personen absolvierten im Vorhinein den PSQI, Teilnehmerinnen mit einer schlechten Schlafqualität wurden von der Studie ausgeschlossen. Keine der 17 Personen litt an einer klinisch diagnostizierten Depression oder anderen psychischen Erkrankungen. Die Studie fand im Einklang mit der Deklaration von Helsinki statt, die Ethikkommission der Universität Liege beglaubigte die Studie. Alle Teilnehmerinnen wurden im Vorhinein schriftlich über den Inhalt informiert.

#### Methode:

Eine Woche vor Interventionsbeginn sollten die Personen einen fixen Schlaf-Wach Zyklus einhalten, dieser wurde schriftlich und mittels Actigraph festgehalten. Drei Tage vor der Intervention wurde kein Alkohol konsumiert. Die Personen wurden per Zufallsprinzip der Versuchs- oder Kontrollgruppe zugeteilt. Zwischen den Interventionen verging eine Woche, dann wurde gewechselt. In der Labornacht trafen die Personen sieben Stunden vor ihrer jeweiligen Schlafenszeit im Labor ein. Sie wurden für fünf Stunden gedämpften Licht ausgesetzt, für zwei Stunden entweder blauem oder rotem und anschließend wieder gedämpften für 90 Minuten. Speichelproben wurden bis zur Lichtintervention stündlich entnommen, ab der Intervention in 30 Minuten Intervallen. Ebenso erfolgten die Messungen des Cortisolspiegels. Mit dem KSS wurde die Müdigkeit ermittelt.

#### Resultate:

##### Melatonin:

Die Melatoninsuppression war beim blauen Licht deutlich mehr erhöht als beim roten Licht. Die Auswertung des AUC ergab  $15.4 \pm 16.12$  pg/ml zu  $25.35 \pm 12.16$  pg/ml. Der Cortisolspiegel zeigte keine statistisch signifikanten Unterschiede.

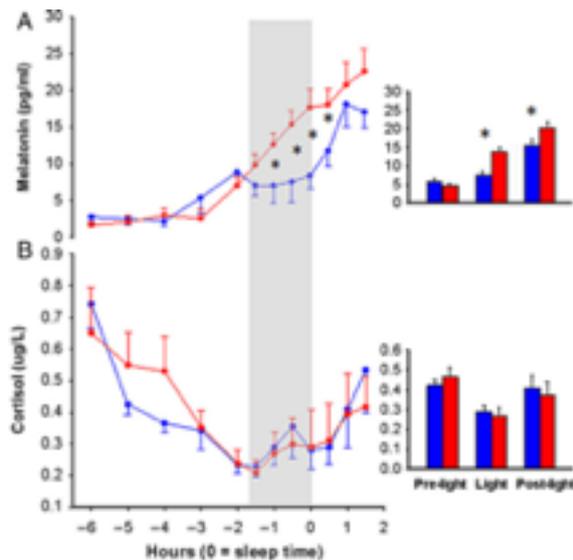


Abbildung 8: Die Grafik links zeigt die absoluten Werte des Melatonin- und Cortisolspiegels. Die Balkendiagramme rechts zeigen die durchschnittlichen Werte. Der grau unterlegte Bereich stellt die Zeitdauer der Lichtintervention dar. Rot = rotes Licht; Blau = blaues Licht. Die signifikanten Unterschiede sind mit Sternen markiert.  $*p_{corr} < .05$ .

(Schmidt et al., 2018, S. 5)

Wachsamkeit:

Sowohl bei den langsamsten, als auch bei den schnellsten Reaktionszeiten des PVT zeigten sich Unterschiede. Blaues Licht führte zu einer erhöhten Wachsamkeit und schnelleren Reaktionszeit. Mit Fortdauer der Intervention vergrößerte sich der Abstand, 270ms zu >250ms.

Müdigkeit:

Personen die dem roten Licht ausgesetzt waren, waren insgesamt mehr müde, als Personen die blauem Licht ausgesetzt waren. Die durchschnittlichen Werte zeigten diese Tendenz, jedoch konnten keine signifikanten Unterschiede festgehalten werden.  $p > 0.05$ .

### 3.4.13 Effects of blue- and red- enriched light on attention and sleep in typically developing adolescents.

Studer et al. (2019) untersuchten die Auswirkungen des roten und blauen Lichts auf den Schlaf und Aufmerksamkeit bei Jugendlichen im Alter von 11 - 17 Jahren.

Insgesamt nahmen 28 Jugendliche teil, 17 Burschen und elf Mädchen. Keine der Teilnehmerinnen wiesen Aufmerksamkeits- oder Lernschwierigkeiten auf. Die Eltern der Kinder wurden im Vorhinein schriftlich über die Studie informiert.

Diese fand im Einklang mit der Deklaration von Helsinki statt und wurde von der Ethikkommission der Med Uni Nürnberg freigegeben. Die Jugendlichen erhielten eine Aufwandsentschädigung.

#### Methode:

Die Jugendlichen wurden per Zufallsprinzip den jeweiligen Gruppen zugeteilt. Nach einer einwöchigen Pause wurden die Interventionen umgedreht. Eine Gruppe absolvierte kognitive Aufgaben unter blauem Lichts morgens und rotem Licht abends (Zirkadianen Rhythmus entsprechend) die andere in umgekehrter Reihenfolge (Zirkadianen Rhythmus nicht entsprechend). Während der Interventionen wurde ein Actigraph getragen. Die Kinder und Eltern waren den Interventionen gegenüber blind. Die Studie wurde im Winter abgehalten.

Die Kinder saßen zuerst für 15 Minuten in Dunkelheit bevor sie 60 Minuten den jeweiligen Lichtverhältnissen ausgesetzt wurden. Geschlafen wurde anschließend zuhause. Die Interventionsdauer belief sich somit auf zwei Tage.

#### Aufgaben:

Unter den Aufgaben die es zu bewältigen galt befanden sich mathematische Tests, künstlerische Tests, ein Lesetest, ein Aufmerksamkeitstest und ein Sehtest.

#### Resultate:

##### Architektur:

In der Architektur konnten keine signifikanten Unterschiede festgehalten werden.

##### Mathematische Tests:

Mathematische Tests wurden unter blauem Licht besser ausgeführt als unter rotem  $p < 0.05$ .

##### Lesetest:

Keine signifikanten Unterschiede.

##### Aufmerksamkeitstest:

Die Aufmerksamkeit und die Reaktionszeiten verbesserten sich unter blauem Licht  $436 \pm 41.57$  zu  $442.85 \pm 56.00$  (Durchschnittliche Reaktionszeit in ms).  $p < 0.001$ .

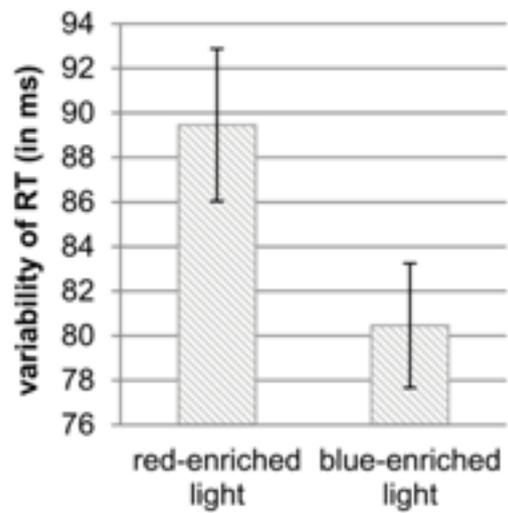


Abbildung 9: Die Varianz der Reaktionszeiten bei rotem und blauem Licht inklusive Fehlerbalken. Die Varianz betrug  $89.46 \pm 17.44$  zu  $80.46 \pm 14.24$ .  $p < 0.05$ .

(Studer et al., 2018, S. 16).

## 4. Diskussion

Da aus dem vorangegangenen Kapiteln die Auswirkungen von Licht auf den Schlaf und Schlaf auf die sportliche Leistung bekannt sind, ist es notwendig einen Schritt weiter zu denken, um den negativen Auswirkungen entgegenwirken zu können.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten den Schlaf zu verbessern, ein einfaches Mittel ist beispielsweise eine verbesserte Schlafhygiene. Damit sind das Kühlen des Schlafzimmers, das vollkommene Abdunkeln des Schlafzimmers, Meditation, oder andere beruhigende Entspannungsformen gemeint. Neben diesen verbesserten Bedingungen kann auch eine optimierte Schlafroutine helfen. Dies bedeutet einen möglichst gleichen Nachtschlaf zu haben, wie etwa von 22 Uhr bis acht Uhr früh. Unabhängig vom Saisonzeitpunkt.

Doch leider sind in unserer modernen und schnellen Gesellschaft solche Maßnahmen nicht immer leicht umzusetzen. In diesem Kapitel werden daher andere Möglichkeiten der Schlafoptimierung diskutiert. Das Einnehmen von natürlichen Nahrungsergänzungsmitteln. Das Schlafhormon Melatonin, Omega 3 Fettsäuren und Vitamin D werden behandelt. Aus der aktuellen Datenlage ist ersichtlich, dass das Einnehmen dieser Nahrungsergänzungsmittel positive Auswirkungen auf den Schlaf haben kann.

### Melatonin:

Neben Schlaflosigkeit ist eine weitere Schlafstörung der gehörte Schlaf-Wach Zyklus des Menschen. In diesem Fall stimmt die Spitze der Melatoninausschüttung nicht mit dem ersehnten zu Bett gehen überein. Sprich die Betroffenen Personen gehen entweder zu früh oder zu spät zu Bett (Sletten et al., 2018). In der folgenden Studie wurden, nach mehreren Ausschlussverfahren, 116 Personen zur Medikation zugelassen. Davor gab es noch einige Hundert, doch wurde bei diesen keine sogenannte DSWPD, Delayed Sleep Wake Phase Disorder, diagnostiziert (Sletten et al., 2018). Ob die Person an einem gestörten Schlaf-Wach Zyklus litt wurde in einer siebentätigen Voruntersuchung festgestellt. Schlaftagebücher wurden geführt und wurde per Fragebogen, dem PSQI, die Schlafqualität festgehalten.

Am Ende dieser siebentätigen Voruntersuchung wurden die Probanden in das Labor gebeten, sodass der DMLO Test durchgeführt werden konnte. Die Melatoninproduktion wurde mit der persönlich festgelegten Schlafenszeit der Probanden verglichen. Anhand dessen wurde die Störung ermittelt. Von den 116 Probanden beendeten 104 die Studie (Sletten et al., 2018).

Die Versuchsgruppe erhielt 0.5mg Melatonin, die Kontrollgruppe erhielt die gleiche Menge Placebo. Beide Gruppen erhielten die Medikation eine Stunde vor dem Schlafen gehen. Die Gesamtdauer der Medikation betrug 28 Tage (Sletten et al., 2018).

Die Auswertung der Daten ergab, dass die Versuchsgruppe in der Schlafqualität, der Tagesmüdigkeit und der Einschlafzeit Verbesserungen aufwies. Vor allem in der Einschlafzeit sind signifikante Unterschiede festzuhalten. Die Daten des Antigraphen der Versuchsgruppe zeigte auf, die Melatoningruppe schlief laut objektiver Messung des Actigraphen um 11.9 Minuten schneller ein und laut subjektiver Messung um 19 Minuten. der Zeitpunkt des Einschlafens war um 34 Minuten früher (Sletten et al., 2018). Die Limitation dieser Studie ist die geringe Dauer der Intervention, diese betrug lediglich vier Wochen. Doch trotz der geringen Dosis und Dauer lassen sich Verbesserungen bei den Probanden festhalten.

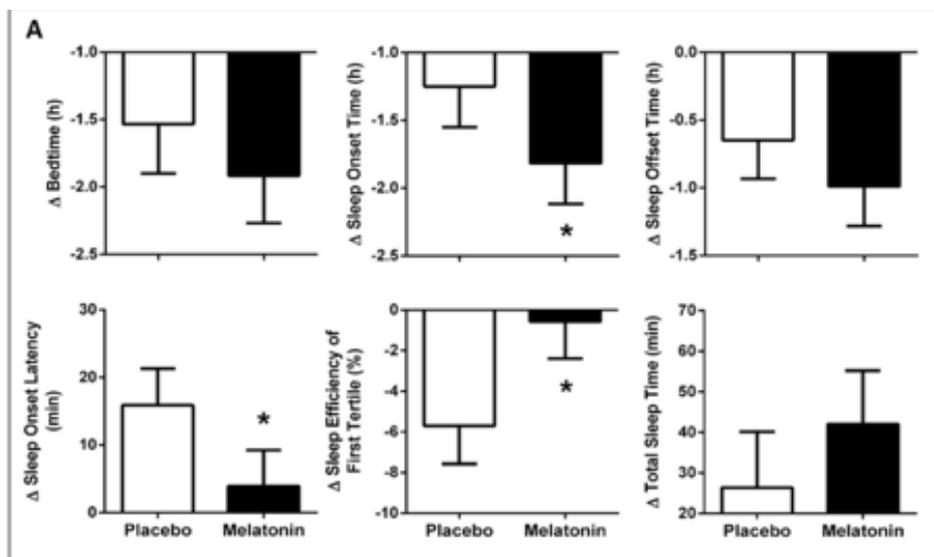


Abbildung 10: Die Balkendiagramme zeigen Auswirkungen der Melatonineinnahme auf die Architektur des Schlafs. Signifikante Unterschiede zeigen sich bei der Schlaflatenz und bei der Schlafeffizienz. (Sletten et al., 2018, S. 14)

Eine Meta-Analyse aus dem Jahr 2017 hielt die positive Wirkungsweise der Melatoninsupplementation bei Schlafstörungen bei Erwachsenen fest. Hier wurde die Datenlage zu verschiedenen Schlafstörungen herangezogen, beispielsweise dem DSWPD, oder dem Schlafwandeln (Auld, Maschauer, Morrison, Skene, & Riha, 2017). Aus der Analyse der Studien ging deutlich hervor, dass Melatonin durchwegs positive Effekte auf den Schlaf des Menschen hat. Auffällig ist, dass beinahe bei jeder Studie die Verkürzung der Einschlafzeit als primäres Forschungsergebnis festgehalten wird (Auld, Maschauer, Morrison, Skene, & Riha, 2017). Insbesondere bei Menschen mit einem gestörten Schlaf-Wach Zyklus verbesserte sich

dieser Wert. In Kombination mit blauem Licht am Morgen wurde der gestörte Zyklus wieder optimiert, beziehungsweise an den 24 Stunden Tagesrhythmus angepasst.

Die Kombination aus blauem Licht am Morgen und der Einnahme von exogenem Melatonin am Abend scheint die wirkungsvollste Behandlungsmethode zu sein (Auld, Maschauer, Morrison, Skene, & Riha, 2017). Personen mit einem gestörten REM-Schlaf Verhalten profitieren ebenfalls von der Einnahme des Schlafhormons. Personen mit diesem Leiden zeigen eine verminderte Muskelatonie während des REM-Schlafes. Dies kann zu einem wesentlich unruhigeren Schlaf führen. Melatonin scheint diese Symptome zu bekämpfen und zu einem ruhigeren REM Schlaf zu führen (Auld, Maschauer, Morrison, Skene, & Riha, 2017). Die Meta-Analyse bestätigt somit die oben präsentierte Studie und deren Forschungsergebnisse.

Nicht nur bei Erwachsenen ist die Einnahme von exogenem Melatonin bei Schlafstörungen sinnvoll, sondern auch bei Kindern. Der Unterschied liegt hierbei in der Dosierung. Kinder haben einen wesentlich höheren Melatoninspiegel als Erwachsene, dieser nimmt im Laufe der Lebensdauer stetig ab. Die Dosierung in der folgenden Studie betrug 0.05mg bis 0.15mg Melatonin. Das Forschungsziel war das ermitteln des DMLO, der Einschlafdauer (van Geijlswijk, van der Heijden, Egberts, Korzilius, & Smits, 2010).

Kinder die einen gestörten, beziehungsweise verzögerten Schlaf-Wach Zyklus hatten wurden für diese Studie herangezogen. Das Alter rangierte von sechs bis zwölf Jahren. Als verzögert galt eine auftretende Müdigkeit nach 20:30 Uhr, beziehungsweise nach 20:45 Uhr (van Geijlswijk, van der Heijden, Egberts, Korzilius, & Smits, 2010). Ermittelt wurden die Schlafparameter mittels Actigraph, der DMLO wurde mittels entnommenen Proben ermittelt (van Geijlswijk, van der Heijden, Egberts, Korzilius, & Smits, 2010). Die Versuchsgruppe wies eine verkürzte Einschlafzeit von circa 35 Minuten auf. Der DLMO, sprich die Spitze der Melatoninausschüttung verschob sich am Ende der Medikation, nach einer Woche, um ungefähr eine Stunde nach vorne (van Geijlswijk, van der Heijden, Egberts, Korzilius, & Smits, 2010). Ein Unterschied zwischen den drei Melatoningruppen, da drei verschiedene Dosierungen von 0.05, 0.1 und 0.15mg, konnte nicht festgestellt werden (van Geijlswijk, van der Heijden, Egberts, Korzilius, & Smits, 2010). Die Forscher postulierten somit, dass die geringste Dosierung somit ausreicht, um positive Effekte bei Kindern mit Schlafstörungen zu erzielen und die Medikation somit auf ein Minimum zu halten. Doch nicht nur Kinder mit Schlafstörungen per se leiden an Schlafmangel, auch Kinder mit anderen Krankheiten, wie beispielsweise Dermatitis, leiden daran. Kinder mit Dermatitis erhielten für sechs Wochen 6mg

Melatonin eine Stunde vor dem Schlafen Melatonin. Die Placebo-Gruppe erhielt die gleiche Menge zur gleichen Zeit.

Das Ermitteln der Schlafparameter war bei dieser Studie sekundär, wurde kein Actigraph zur Erhebung der Daten verwendet.

Für das Heranziehen dieser Daten wurde lediglich der Children's Sleep Habits Questionnaire (CSHQ) verwendet. Dennoch zeigte sich auch hier, dass Melatonin die Schlafdauer dieser Kinder verlängerte und auch die Einschlafzeit verkürzte (Taghavi Ardakani et al., 2018).

Eine weitere Studie von größerer Aussagekraft, erforschte inwieweit eine Melatonin Supplementation bei Kindern mit neurologischen Krankheiten im Bereich des Schlafes helfen kann. Mit Neurologischen Entwicklungsstörungen oder Krankheiten sind Autismus-Spektrum-Störungen oder Epilepsie (Appleton et al., 2012). Schwierigkeiten beim Einschlafen äußern sich hier durch Frucht vor Dunkelheit, Einschlafen nur mit Licht möglich, eine Einschlafdauer von einer Stunde und wenn drei von fünf Nächten weniger als sechs Stunden nächtlicher Schlaf stattfindet (Appleton et al., 2012). Die Schlafparameter wurden subjektiv durch diverse Fragebögen wie den ESS, CSHQ und den Children's Sleep Disorder Index (CSDI). Objektiv wurde mittels Actigraphen gemessen (Appleton et al., 2012). Die Dosierung wurde bei einem Minimum von 0.5mg und einem Maximum von 12mg festgelegt.

Die Kinder erhielten das Placebo, beziehungsweise das Melatonin für zwölf Wochen. Die Dosierung wurde gegebenenfalls wöchentlich, nach der Evaluierung der Daten, erhöht. Die Dosis konnte jedoch von seitens der Erziehungsberechtigten reduziert werden. Der Zeitpunkt der Einnahme wurde nicht festgelegt, das Melatonin konnte jedoch mit Marmelade, Joghurt oder Milch verabreicht werden (Appleton et al., 2012). Ausgehend vom Ausgangswert verlängerte sich die Schlafdauer bei der Melatoningruppe im Vergleich zur Placebo-Gruppe um 23 Minuten. Wurden die Schlaftagebücher für die Auswertung herangezogen fiel die Dauer wesentlich länger aus, als bei den Actigraphen. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist zwar statistisch signifikant, jedoch nicht klinisch (Appleton et al., 2012). Die Forscher postulierten, dass eine verlängerte Dauer von mindestens einer Stunde klinisch signifikant wäre (Appleton et al., 2012). Die Schlaflatenz, wieder vom Ausgangswert ausgehend, verbesserte sich bei der Melatonin-Gruppe gegenüber der Placebo-Gruppe. Laut Schlaftagebuch um 37 Minuten und laut Actigraphen um 45 Minuten. Dieser Wert ist sowohl statistisch als auch klinisch signifikant (Appleton et al., 2012).

Eine Studie aus dem Jahr 2018 erforschte die kurzzeitigen positiven Auswirkungen der Einnahme des Schlafhormons bei Pflegern und Krankenschwestern.

Die Probandinnen erhielten nach Ende der Arbeitswoche, sechs Arbeitstage zu je drei Schichten, 3mg Melatonin an den zwei darauffolgenden Tagen. Die Gruppen wurden je zwei Mal getauscht, so erhielt jede Gruppe zwei Mal Placebo und zweimal Melatonin. Die Schlafparameter wurden lediglich mit der Karolinka Sleepiness Scale (KSS) evaluiert, Actigraphen wurden keine verwendet. Die Evaluierung der Bögen zeigte, dass selbst eine kurze Medikation zu einer verbesserten Schlafqualität führen kann (Farahmand, 2018).

Die endogene Produktion des Schlafhormons hängt sehr stark mit der Lichteinstrahlung auf die Pupillen ab. Daher steigt die Produktion mit Zunahme der Dunkelheit an und sinkt mit Anbruch des Tageslichts. Erblindete Menschen leiden dadurch sehr oft an einer sogenannten 24-Stunden-Schlaf-Wach-Zyklus Störung. Dies führt dahingehend zu Problemen, da die Betroffenen sehr schwer an einem geregelten sozialen Alltag teilnehmen können. Das Einnehmen von Melatonin kann die innere biologische Uhr dementsprechend wieder an einen 24 Stunden Zyklus anpassen helfen (Farahmand, 2018). Die Probanden erhielten 2mg Melatonin zwischen 21:00 Uhr und 22:00 Uhr, der Betaaufenthalt war von 23:00 Uhr bis 07:00 festgelegt. Zur Auswertung der Schlafqualität wurden Fragebögen verwendet, jedoch kein Actigraph (Farahmand, 2018). Die Teilnehmerinnen erhielten zwei Wochen Placebo, sechs Melatonin und anschließend wieder zwei Wochen Placebo (Farahmand, 2018). Die Gesamtdauer des Schlafes verlängerte sich in der Versuchsgruppe um 43 Minuten, die Kontrollgruppe schlief um 16 Minuten länger, ergab eine Differenz von 27 Minuten. Die Schlaflatenz verkürzte sich in der Versuchsgruppe um rund 29 Minuten (Farahmand, 2018).

Die Dauer der sogenannten Povernaps verkürzte sich in der Versuchsgruppe. Nach Beendigung der Medikation, hielt die ehemalige Versuchsgruppe ihre Schlafdauer und alle anderen Werte aufrecht. Die Einnahme des Schlafhormons scheint somit einen stabilisierenden Effekt auf die Probandinnen gehabt zu haben. Dieser Effekt wurde bei sehenden Menschen nicht festgestellt, beziehungsweise tritt dieser nicht auf (Farahmand, 2018).

Durch das Fehlen eines Actigraphen fehlt in diesen beiden Studien eine objektive Messung, daher ist eine genaue Ermittlung der Schlaflatenz schwieriger, beziehungsweise fehlt schlicht eine zusätzliche Objektive Messung.

Vitamin D:

Eine weitere Möglichkeit der Schlafoptimierung liegt in der Supplementation des Vitamins D. Vitamin D kann über zwei Wege in den Körper gelangen, beziehungsweise produziert werden. Vitamin D2 kann über die Nahrung aufgenommen werden und Vitamin D3 wird produziert, wenn die Haut Ultraviolettem Licht ausgesetzt wird (McCarty, Chesson, Jain, & Marino, 2014).

Beide Vitaminvarianten müssen eine Hydroxilierung durchlaufen, sodass das sogenannte Vitamin 25- hydroxyvitamin D entsteht, kurz 25OHD. Dies ist auch der Wert der im Blut gemessen wird um eine sogenannte Vitamin D Suffizienz festzustellen (McCarty, Chesson, Jain, & Marino, 2014).

Mittlerweile ist längst bekannt, dass Vitamin D wichtig für die Knochenmineralisierung ist, betroffene Kinder erkranken durch einen Mangel an Rachitis, der Knochenerweichung. Bei Erwachsenen kann ein Mangel zu Myopathie, allgemeinen Schmerzen und auch zur Osteoporose führen. Des Weiteren spielt Vitamin D eine wichtige Rolle im Immunsystem (McCarty, Chesson, Jain, & Marino, 2014). Inwiefern dieses Vitamin jedoch im Schlaf des Menschen eine Rolle spielt ist noch nicht gänzlich geklärt, doch lassen sich anhand der Ergebnisse der Datenlage erste Schlüsse ziehen.

Vitamin D ist in mehreren metabolischen Prozessen des Körpers involviert. So ist es zuständig für bestimmte Rezeptoren, diese sind wiederum in der Regulation und Transkription eines bestimmten Gens, dem Relb, zuständig. Dieses Gen ist verantwortlich für Anti-Inflammationsprozesse im Körper, diese haben einen positiven Einfluss auf Atemprobleme im Schlaf (McCarty, Chesson, Jain, & Marino, 2014).

Es lindert des Weiteren die Schmerzen der Myopathy und somit in weiterer Folge die dadurch resultierenden Schlafstörungen (McCarty, Chesson, Jain, & Marino, 2014). Im Bereich des Immunsystems reguliert Vitamin D die Arbeit, die Regulierung der sogenannten T-Zellen. Ein niedriger Vitamin D Spiegel kann zu einer unregulierten Arbeit der T-Helfer Zellen führen, in weiterer Folge zu Pro-Inflammationsprozessen im Körper und somit zu Erkrankungen (Kamen & Tangpricha, 2010). Im weiteren Verlauf kann dies zu einer Hochregulierung der TNF-alpha Zellen. Diese lösen diverse Krankheiten aus, beispielsweise chronische Rhinitis (Abuzeid, Akbar, & Zacharek, 2012). Dieses chronische Schnupfen führt zu nächtlichen Atemproblemen und somit zu chronischen Schlafstörungen (McCarty, Chesson, Jain, & Marino, 2014).

Doch nicht nur im Bereich des Immunsystems und chronischen Krankheiten wie Myopathie kann Vitamin D den Schlaf des Menschen indirekt beeinflussen. Mittlerweile ist bekannt, dass sich in verschiedenen Bereichen des Gehirnes mehrere Vitamin D Rezeptoren befinden. So sind im vorderen und hinteren Hypothalamus, der Substantia Nigra, im Mittelhirn, den Rapse-Kernen und den Nucleus reticularis pontis oralis und caudalis (Gominak & Stumpf, 2012). Diese Bereiche des Gehirnes sind für mehrere Prozesse im Schlaf verantwortlich. Die Zirbeldrüse auf der Rückseite des Mittelhirns ist für die Produktion des Hormons Melatonin

verantwortlich. Der Nucleus Reticularis ist für die Muskelhemmung im Schlaf verantwortlich, sowohl für die somatische, als auch für die bulbäre (Gominak & Stumpf, 2012). Eine weitere Aufgabe des Nucleus Reticularis ist die Regulation des Schlaf-Wach Zyklus (Gominak & Stumpf, 2012). Ein Vitamin D Mangel kann somit zu einem verminderten Feedback des Hypothalamus und den anderen Hirnregionen führen die den Schlaf-Wach Zyklus des Menschen regulieren. Ein schlechtes Feedback dieser Hirnregionen steht in Korrelation mit Schlafstörungen (Gominak & Stumpf, 2012). Im Jahr 2017 ging ein Koreanisches Forschungsteam der Frage der Korrelation zwischen Vitamin D Mangel und Schlafstörungen, beziehungsweise Schlafqualität, nach. Hierzu wurden Fabrikarbeiter auf deren Vitamin D Serumlevel und die Schlafqualität untersucht. Als kritische Grenze, sprich als Mangel, wurden 10mg/mL Vitamin D festgelegt. Diese Grenze kann als sehr kulant betrachtet werden, da bereits bei 20mg/nL von einem Mangel gesprochen werden kann. Die Schlafparameter wurden mittels PSQI erhoben, in Summe nahmen knapp 1500 Probanden und Probandinnen an der Studie teil (Jung et al., 2017). Die Auswertung ergab, dass Personen mit einem Vitamin D Mangel auch unter schlechter Schlafqualität litten.

Der Unterschied galt als statistisch signifikant (Jung et al., 2017). Interessanterweise hatten jene Probanden und Probandinnen die mehr als drei Mal pro Woche Sport betrieben ein höheres Vitamin D Serumlevel, als jene die maximal drei Mal pro Woche Sport betrieben (Jung et al., 2017). Die Forscher führen dies auf mehr Zeit im Freien und somit auf mehr Sonneneinstrahlung zurück. Neben der Schlafqualität waren auch die Schlaflatenz und die Schlafdauer bei geringem Vitamin D Haushalt schlechter (Jung et al., 2017). Diese drei Studien sollen darstellen, inwieweit Vitamin D eine Rolle im Schlaf des Menschen spielt. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird betrachtet ob und wie sehr eine Supplementation die den Schlaf und den Schlaf-Wach Zyklus des Menschen positiv beeinflussen kann.

Eine weitere Studie untersuchte inwieweit das Einnehmen von Vitamin D chronische Schmerzen lindern kann. Hierfür wurden US Veteranen herangezogen, die allesamt an chronischen Schmerzen, beispielsweise Fibromyalgie litten. In Folge dessen auch an Schlafmangel (Huang, Shah, Long, Crankshaw, & Tangpricha, 2013). Das Forschungsteam legte einen Grenzwert von 30ng/mL fest, alles darunter galt mangelnder Vitamin D Spiegel. Die Probanden wurden in zwei Gruppen eingeteilt, die Einteilung erfolgte je nach Serumlevel. Gruppe Eins hatte ein Serumlevel von 20 bis 29ng/mL und Gruppe Zwei ein Vitamin 25(OH)D unter 20ng/ml. Dem Serumlevel entsprechend erhielten die Probanden das Vitamin D Präparat. Die erste Gruppe erhielt 1,200 IU täglich, die zweite Gruppe erhielt 50,000 IU täglich (Huang,

Shah, Long, Crankshaw, & Tangpricha, 2013). Der Serumlevel wurde eine Woche vor Studienbeginn, zwei Wochen nach Studienbeginn und mit Ende der Studie, ein Zeitraum von drei Monaten, gemessen (Huang, Shah, Long, Crankshaw, & Tangpricha, 2013). Hauptaugenmerk der Studie galt den Schlafparametern und der Schmerzlinderung, diese Daten wurden mittels PSQI und dem QoL (Quality of Life) erhoben (Huang, Shah, Long, Crankshaw, & Tangpricha, 2013). Beide Gruppen zeigten eine Verbesserung in beiden Bereichen, signifikante Unterschiede zeigten sich jedoch in der zweiten Gruppe. Hier stieg das Vitamin 25(OH)D Serumlevel von 13.77ng/mL auf 24ng/mL. Dementsprechend verkürzte sich auch in dieser Gruppe die Einschlafzeit und auch die Schlafdauer verlängerte sich um beinahe 30 Minuten mehr (Huang, Shah, Long, Crankshaw, & Tangpricha, 2013). Der Unterschied kann auf die unterschiedliche Dosierung zurückzuführen sein. Erhielt die erste Gruppe lediglich 1,200 IU täglich, erhielt die zweite Gruppe über 7,000 IU täglich. Die optimale Tagesdosierung liegt laut aktueller Datenlage bei 4,000 IU (Kerley et al., 2017). Nichts desto trotz stieg bei beiden Gruppen der Serumlevel nicht über 30ng/mL. Dies wird auf die kurze Zeit von drei Monaten zurückzuführen sein.

Wie entscheidend die optimale Dosierung ist zeigt die Pilotstudie aus dem Jahr 2017. Hier wurde untersucht welche Dosierung bei Schlafstörungen durch Atemwegsbeschwerden helfen kann (Kerley et al., 2017). Die Versuchsgruppe erhielt täglich 4,000 IU täglich für 15 Wochen. Die Kontrollgruppe erhielt dieselbe Menge Placebo über den gleichen Zeitraum (Kerley et al., 2017). Das Vitamin 25(OH)D Serumlevel stieg bei der Versuchsgruppe, den Mittelwert herangezogen, von 13ng/mL auf 40ng/mL. Bei der Placebo-Gruppe änderte sich das Serumlevel nicht signifikant (Kerley et al., 2017). Des Weiteren änderte sich das Lipidprofil bei der Versuchsgruppe, LDL reduzierte sich im Gegensatz zur Kontrollgruppe (Kerley et al., 2017). Durch den Anstieg des Serumlevels verbesserte sich der Wert bei den ESS und FSS Fragebögen. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen litten nicht mehr so stark an Tagesmüdigkeit und Schwäche wie vor Beginn der Studie (Kerley et al., 2017). Eine Verbesserung der Schlafqualität mittels Actigraphen oder PSQI wurde nicht erhoben. Doch aufgrund der verminderten Tagesmüdigkeit und Rückgang der tagsüber anhaltenden Schwäche lässt die Überlegung aufkommen, dass sich der Schlaf bei der Versuchsgruppe verbesserte.

Eine Mangel an Vitamin D wird oft mit der sogenannten Winterdepression in Verbindung gebracht. Dies ist schlicht durch mangelndes Sonnenlicht abzuleiten. Wie mittlerweile bekannt wird ein Teil des Vitamin D durch UV Einstrahlung auf der Haut produziert. In Anlehnung an (Kerley et al., 2017) liegt die optimale Dosierung bei 4,000 IU täglich. Eine geringere

Dosierung hat oft eine mangelnde Wirkung. So erhielten Frauen im Alter zwischen 50 und 79 Jahren 400 IU Vitamin D über drei Jahre hinweg. Hier konnten keine signifikanten Verbesserungen festgestellt werden, obwohl den Frauen die Freiheit eingeräumt wurde zusätzlich Vitamin D einzunehmen, dies ergab eine maximale Dosierung von 1,000 IU täglich (Bertone-Johnson et al., 2012).

Doch nicht nur im Bereich des Schlafes scheint Vitamin D eine wichtige Rolle zu spielen, auch im Bereich der Regeneration, so ist aus der aktuellen Datenlage bekannt, dass ein höheres Vitamin 25(OH)D Serumlevel die Regeneration der Muskulatur beschleunigen kann (Barker et al., 2013). In der folgenden Studie wurden 28 Probanden in zwei Gruppen eingeteilt. Die Versuchsgruppe erhielt 4,000 IU Vitamin D, die Kontrollgruppe erhielt Placebo (Barker, Schneider, Dixon, Henriksen, & Weaver, 2013).

Getestet wurde inwieweit Vitamin D die Regeneration nach einem Beintraining beschleunigen kann. Wichtig waren eine Symmetrie der Kraft in beiden Beinen und ein gleiches Ausgangsniveau der Probanden (Barker, Schneider, Dixon, Henriksen, & Weaver, 2013). Zu Beginn wurden die Beine der Probanden in ein Versuchsbein und in ein Kontrollbein eingeteilt (CON und SSC).

Die Einteilung der Beine wurde nach dem Zufallsprinzip ausgewählt. Getestet wurden die isometrische Maximalkraft und die Explosivkraft der jeweiligen Beine, der Test dauerte 20 Sekunden für die vertikalen Sprünge und drei Sekunden für die Messung der isometrischen Kraft. Die Probanden erhielten deren Medikation und das Placebo für 35 Tage, danach wurde der Krafttest erneut durchgeführt (Barker, Schneider, Dixon, Henriksen, & Weaver, 2013). Eine Blutabnahme erfolgte vor Beginn der Studie, direkt vor der Testung, direkt danach, 24 Stunden danach, 48 Stunden danach und 72 Stunden danach (Barker, Schneider, Dixon, Henriksen, & Weaver, 2013).

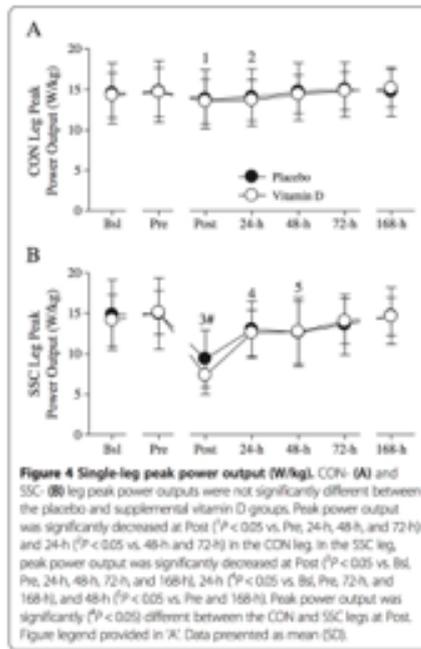
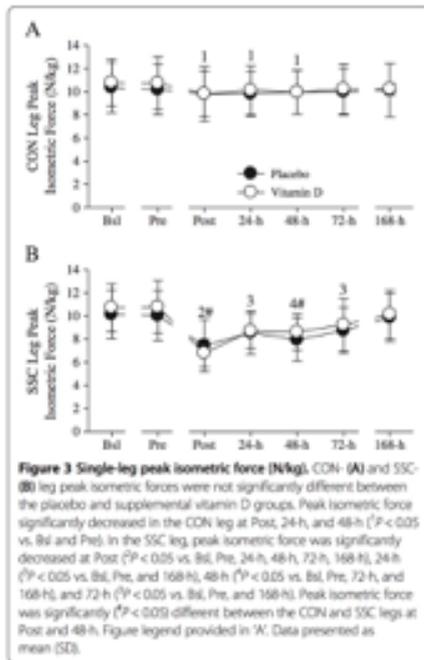


Abbildung 11: Quelle: Barker et al. (2013, S. 6)

Wie aus der Abbildung zu entnehmen ist, war die Regeneration bei der Versuchsgruppe wesentlich höher als bei der Kontrollgruppe. Ebenso ist zu erkennen, dass beim Power Output Test, sprich beim Sprungbein, die Regeneration höher ausfiel als beim konzentrischen Test (Barker, Schneider, Dixon, Henriksen, & Weaver, 2013).

Dies ist darauf zurückzuführen, dass beim Sprungtest wesentlich mehr Volumen und Belastung auftrat, als bei der isometrischen Belastung. So mussten die Probanden zehn Sätze zu zehn Wiederholungen absolvieren, mit einer Satzpause von 20 Sekunden. Das zu bewegende Gewicht in der Plyopresse betrug 75% des eigenen Körpergewichts (Barker, Schneider, Dixon, Henriksen, & Weaver, 2013). In Folge dessen trat ein wesentlich höheres Muskelversagen auf und dementsprechend eine höhere Schädigung der Muskulatur (Barker, Schneider, Dixon, Henriksen, & Weaver, 2013). Wie aus der Abbildung zu entnehmen ist fiel der Wert des Power Output Test direkt nach den Zehn Mal Zehn rapide ab, näherte er sich jedoch in der Vitamin D Gruppe schneller dem Ausgangswert wieder an (Barker, Schneider, Dixon, Henriksen, & Weaver, 2013). Ein Grund für das schnelle regenerieren und die damit verbundene Krafterückkehr ist das Unterdrücken zweier Enzyme im Serum, kurz ALT und AST, zwei wichtige Biomarker zur Messung von Muskelschaden (Barker, Schneider, Dixon, Henriksen, & Weaver, 2013). Obwohl Vitamin D die Regeneration verbessert, liefert es keine Verbesserung hinsichtlich der Linderung des Muskelkaters (Barker, Schneider, Dixon, Henriksen, & Weaver, 2013).

Die Ergebnisse dieser Studie decken sich auch mit einer Meta-Analyse aus dem Jahr 2015. Aus dieser ist die Wirkungsweise des Vitamin D herauszulesen, so hat dieses Vitamin eine entscheidende Rolle in der Muskelfunktion, der Muskelmasse und Kraft (Dahlquist, Dieter, & Koehle, 2015). In einer präsentierten Studie wurde Sportlern über acht Wochen hinweg 8,000 IU täglich verabreicht. Die Versuchsgruppe konnte gegenüber der Kontrollgruppe das VO<sub>2</sub>Max, sprich deren aerobe Leistungsfähigkeit, verbessern (Dahlquist, Dieter, & Koehle, 2015). Des Weiteren besteht eine Korrelation zwischen den Typ II Fasern und Vitamin D. So besteht zwischen dem Serumlevel des Vitamin 25 (OH)D und der Größe und Anzahl von Typ II Fasern eine positive Korrelation (Dahlquist, Dieter, & Koehle, 2015). Aus der Meta-Analyse geht hervor, dass eine Dosierung von 4,000 IU täglich die optimale Dosis für Menschen und insbesondere für Sportler ist. Von einer überhöhten Dosis kann erst ab einer täglichen Zufuhr von 10,000 IU und mehr gesprochen werden (Dahlquist, Dieter, & Koehle, 2015). Neben Vitamin D ist auch das Vitamin K2 entscheidend. Um weitere positive Effekte erzielen zu können, wird neben den 4,000 IU Vitamin D auch eine Dosis von 50 - 1000 Mikrogramm Vitamin K2 empfohlen (Dahlquist, Dieter, & Koehle, 2015). Vitamin D scheint somit ein notwendiges und sinnvolles Nahrungsergänzungsmittel zu sein.

Im Gegensatz zu Melatonin, welches nur bei sogenannten schlechten Schläfern positive Effekte hervorruft, bringt Vitamin D bei den meisten Menschen eine positive Veränderung. Melatonin verbessert „lediglich“ nur den Schlaf und die daraus resultierenden positiven Entwicklungen. Vitamin D scheint neben den positiven Effekten auf den Schlaf des Menschen auch direkt in der Muskulatur eine entscheidende Rolle zu spielen, beispielsweise in der Muskelmasse und Kraft.

### *Omega 3:*

Um eine Korrelation zwischen Omega 3 Fettsäuren und dem Schlaf erkennen, beziehungsweise eine gewünschte positive Veränderung auf die Gesundheit hervorrufen zu können, ist es vorrangig notwendig die optimale Dosierung festzuhalten. Eine Meta - Analyse aus dem Jahr 2009 hält fest, dass eine tägliche Einnahme von 3g Omega 3 Fettsäuren zu positiven gesundheitlichen Veränderungen führt (Eslick, Howe, Smith, Priest, & Bensoussan, 2009). In dieser Meta-Analyse wurden in erster Linie die Auswirkungen auf Hyperlipidämie untersucht. Diese ergab die oben genannte Dosierung (Eslick, Howe, Smith, Priest, & Bensoussan, 2009). In Anlehnung an die EFSA, die European Food Safety Authority, wird eine obere Grenze von 5g Omega 3 täglich festgesetzt. Zudem wird ein EPA:DHA Verhältnis von 2:1 empfohlen

(EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2012). Eine tägliche Menge von 3g Omega 3 Fettsäuren entspricht einer Konsumation von 2kg gekochtem Lachs in der Woche ([https://health.gov/dietaryguidelines/dga2005/report/HTML/table\\_g2\\_adda2.htm](https://health.gov/dietaryguidelines/dga2005/report/HTML/table_g2_adda2.htm)).

Die Stundenlage bezüglich essentiellen Fettsäuren ist im Gegensatz zu Vitamin D und Melatonin deutlich geringer. Viele Studien untersuchten mit zu geringen Dosierungen positive Korrelationen zwischen der Konsumation von Fisch und dem Schlaf des Menschen.

Eine Studie untersuchte die Auswirkungen, indem die Versuchsgruppe wöchentlich 150g Fisch konsumierte, die Kontrollgruppe erhielt die gleiche Menge an Fleisch. Die Kinder erhielten über 16 Wochen dreimal wöchentlich Fisch oder Fleisch. Die Fischart fiel auf eine Omega 3 reichhaltige Art, Makrele oder Hering (Hysing et al., 2018). Es konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Hysing et al., 2018).

Eine aussagekräftige epidemiologische Studie untersuchte ebenfalls die Korrelation zwischen der Fischkonsumation und dem Schlaf. Die Bewohner von Atahualpa in Ecuador wurden für diese Studie herangezogen. Atahualpa ist ideal, da es abgelegen liegt und somit kaum Zuwanderer zuziehen, sprich das Dorf ist auf seine Einwohner bezogen, sehr homogen. Des Weiteren ist aufgrund des Klimas andere Omega 3 reichhaltige Nahrung nicht zugänglich, beziehungsweise nicht anbaubar. Die einzige Quelle an Omega 3 Fettsäuren ist Fisch. 677 Einwohner wurden für diese epidemiologische Studie untersucht, das Alter betrug 40 Jahre aufwärts (Del Brutto et al., 2016). Die Einwohner wurden nach deren Schlafqualität in zwei Gruppen eingeteilt. Die Schlafqualität wurde mittels PSQI ermittelt, die Auswertung ergab 490 sogenannte gute Schläfer und 187 sogenannte schlechte Schläfer (Del Brutto et al., 2016). In weiterer Folge wurden die Probanden und Probandinnen nach deren Fischkonsumation befragt. Die Auswertung ergab, dass die sogenannten guten Schläfer mehr Fisch aßen als die sogenannten schlechten Schläfer (Del Brutto et al., 2016). Die Menge der Fischportionen pro Woche betrug  $9.4 \pm 5.6$  Portionen, die Bewohne die unter mangelnder Schlafqualität litten  $8.2 \pm 4.8$  Portionen pro Woche (Del Brutto et al., 2016). Für jede zehnte Portion verbesserte sich der PSQI Score um 9.3 % (Del Brutto et al., 2016). Die am meisten konsumierten Fischarten waren der pazifische Hering, Makrelen und Sardinen. Diese Fische liefern 1.3 bis 2.5g Omega3 Fettsäuren pro Portion ([https://health.gov/dietaryguidelines/dga2005/report/HTML/G2\\_Analyses.htm#tableg2-adda2](https://health.gov/dietaryguidelines/dga2005/report/HTML/G2_Analyses.htm#tableg2-adda2)).

In einer weiteren Studie wurde neben dem Schlaf auch der Zusammenhang zwischen Omega 3 Fettsäuren und Depressionen erforscht. Diese ergab, dass neben dem Schlaf auch eine Milderung der Depression durch die Einnahme von Omega 3 möglich ist. Im Gegensatz zu den anderen gezeigten Versuchen wurden statt echtem Fisch sogenannte Fischöl Kapseln verwendet. Die Kontrollgruppe erhielt Placebo, die Versuchsgruppe erhielt 1g EPA DHA kombiniert (Jahangard et al., 2018). Neben dem Placebo und den Fischölkapseln erhielten beide Gruppen Sertralin, ein häufig verwendetes Antidepressivum (Jahangard et al., 2018). Die Auswertung der Daten ergab eine signifikante Verbesserung der Depression und des Schlafes in der Versuchsgruppe.

Die Daten wurden mittels verschiedener Fragebögen ermittelt, wie dem BDI, ISI und ASI (Jahangard et al., 2018). Der Insomnia Severity Index Score reduzierte sich in der Versuchsgruppe nach 12 Wochen von 20.32 auf 3.48. Im Vergleich, der Wert der Placebo-Gruppe fiel von 17.60 auf 10.36 (Jahangard et al., 2018).

Trotz der geringen Menge an Omega 3 Fettsäuren kann ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgehalten werden (Jahangard et al., 2018).

Die Wirkungsweise lässt sich darauf zurückzuführen, dass essentielle Fettsäuren, insbesondere DHA, einen Einfluss auf die Melatoninproduktion hat (Catalá, 2010). Es beeinflusst die Produktion des Serotonin, welche eine entscheidende Rolle in der Melatoninsynthese eine wichtige Rolle spielt (Catalá, 2010). Zwar ist die genaue Wirkungsweise der essentiellen Fettsäuren noch nicht zur Gänze geklärt, doch können Korrelationen festgehalten werden. Es sind weitere Randomized Controlled Trials notwendig um ein deutlicheres Bild zu erhalten. Trotzdem ist die Einnahme von Fischölkapseln, beziehungsweise eine hohe Fischkonsumation, für die Gesundheit unerlässlich, da neben der Verbesserung des Schlafes auch viele weitere gesundheitliche Verbesserungen daraus resultieren.

Wie wichtig eine Verbesserung des Nachtschlafs für Athleten und Athletinnen ist zeigen groß angelegte Studien aus Deutschland und Australien. Insgesamt wurden in beiden Ländern, unabhängig voneinander, circa 800 Athleten und Athletinnen zu deren Schlafgewohnheiten befragt. Von den 632 deutschen Athleten und Athletinnen gaben 65.8% an vor wichtigen Wettkämpfen oder Spielen schlecht zu schlafen.

Die zwei häufigsten Gründe sind Probleme beim Einschlafen und das Nachdenken über das morgige Spiel beziehungsweise den Wettbewerb (Erlacher, Ehrlenspiel, Adegbesan, & Galal El-Din, 2011).

In Australien wurden über 200 Athleten und Athletinnen während der Vorbereitung zu den Olympischen Spielen 2012 über deren Schlafverhalten befragt. Hier zeigten sich ähnliche Ergebnisse, 64% geben an vor wichtigen Wettkämpfen zumindest schon einmal schlecht geschlafen zu haben. Zwischen den Geschlechtern wurde kein Unterschied festgestellt. Ebenso wenig zwischen Teamsport und Individualsport. Es konnte lediglich erhoben werden, dass Einzelsportler Maßnahmen anwenden um den Schlaf zu verbessern. Teamsportler und Sportlerinnen hingegen scheinen auf diesem Gebiet weniger ausgebildet zu sein (Juliff, Halson, & Peiffer, 2015). Als häufigste Maßnahmen werden Meditation und Lesen angegeben (Juliff, Halson, & Peiffer, 2015). Im Bereich der Nahrungsergänzungsmittel oder der Blaulichtfilterbrille wurden keine Angaben gemacht (Juliff, Halson, & Peiffer, 2015). Ein interessanter Aspekt den es festzuhalten gilt sind die Unterschiede zwischen Teamsport und Einzelsport, die in diesen beiden Studien zu finden sind. Während zwischen Einzel- und Teamsport keine Unterschiede ermittelt werden konnten (Juliff, Halson, & Peiffer, 2015) fanden die deutschen Forscher sehr wohl Unterschiede. In deren Befragung gaben Individualsportler vermehrt Einschlafprobleme und Nervosität vor wichtigen Wettbewerben an (Erlacher, Ehrlenspiel, Adegbesan, & Galal El-Din, 2011). Die Forscher führen dies auf den erhöhten Druck bei Einzelsportarten zurück, da hier der Athlet und Athletinnen eigens für die Leistung verantwortlich sind. Im Teamsport verteilt sich die Leistungserwartung auf die gesamte Mannschaft (Erlacher, Ehrlenspiel, Adegbesan, & Galal El-Din, 2011).

Möglicherweise herrscht deshalb bei Individualsportlern ein größeres Bewusstsein zur Verbesserung der Schlafhygiene (Juliff, Halson, & Peiffer, 2015). Das australische Team führt des weitere an, dass circa die Hälfte der befragten Sportler und Sportlerinnen schlechten Nachtschlaf nach einem späten Match oder späten Trainingseinheit vermerkten. Eine geringere Anzahl vermerkte schlechten Schlaf nach mehreren Tagen intensivem Training (Juliff, Halson, & Peiffer, 2015). Es scheint daher sinnvoll, Sportlern und Sportlerinnen Wissen im Bereich der Schlafhygiene zu vermitteln. Sodass die Wettkampfleistung und auch die Trainingsleistung erhalten beziehungsweise verbessert werden kann.

Neben der Verbesserung der Leistung ist Schlaf für eine optimale Regeneration unerlässlich. Eine groß angelegte Studie aus Schweden untersuchte die verschiedenen Risikofaktoren bei jungen Sportlern und Sportlerinnen. Hierzu wurden über zwei Jahre hinweg über 600 Athleten und Athletinnen bei der sportlichen Karriere beobachtet. Das Spektrum der Sportarten reichte von Ballsportarten bis zu Wassersportarten, die meisten Fachverbände der jeweiligen Sportarten nahmen teil. Der Großteil der Sportler war zwischen 15 und 19 Jahre alt. Dieses Alter ist deshalb für die Forschung interessant, da durch gesteigerte Spezialisierung, Trainingsintensität und Volumen das Verletzungsrisiko erhöht wird (von Rosen, Frohm, Kottorp, Fridén, & Heijne, 2017). Das Team ermittelte verschiedene Risikofaktoren, die größten waren Ernährung, Trainingsintensität, Volumen, Selbstbewusstsein - basierend auf eigenem Können und Wettkampfergebnissen - und Schlaf.

Die Auswertung ergab, ermittelt wurde der sogenannte Hazard Ratio für Risikofaktoren, dass eine Reduktion im Schlafvolumen das Risiko einer Verletzung am meisten erhöht (von Rosen, Frohm, Kottorp, Fridén, & Heijne, 2017). Das Erhöhen von Trainingsintensität und Volumen bei gleichzeitiger Reduktion des Schlafes führte zur größten Erhöhung (von Rosen, Frohm, Kottorp, Fridén, & Heijne, 2017). Entscheidend ist die gesamte Schlafdauer, die total sleep time, über einen gewissen Zeitraum hinweg, beispielsweise der Vorbereitung. Einzelne kurze Nächte, Nachtschlaf weniger als acht Stunden, während der Woche fallen weniger ins Gewicht. Diese sind aber dennoch ein Risikofaktor (von Rosen, Frohm, Kottorp, Fridén, & Heijne, 2017). Neben dem Schlaf ist das Selbstbewusstsein der Athleten und Athletinnen ein großer Risikofaktor. Sportler und Sportlerinnen mit zu großem Selbstbewusstsein neigen eher zu Verletzungen, genauso wie Sportlerinnen mit mäßigem Selbstbewusstsein. Geringeres Selbstbewusstsein reduziert das Verletzungsrisiko (von Rosen, Frohm, Kottorp, Fridén, & Heijne, 2017). Die Forscher führen dies auf ein nonchalantes Verhalten zurück (von Rosen, Frohm, Kottorp, Fridén, & Heijne, 2017). Die Forscher halten fest, dass diese Resultate bei Trainingslagern oder dergleichen berücksichtigt werden müssen, da Trainingslager für gewöhnlich ein höheres Trainingsvolumen und Intensität beinhalten bei oftmals gleichbleibender Schlafdauer (von Rosen, Frohm, Kottorp, Fridén, & Heijne, 2017). Die Kombination aus mehreren Risikofaktoren erhöht das Verletzungsrisiko, verständlicherweise, exponentiell (von Rosen, Frohm, Kottorp, Fridén, & Heijne, 2017).

Trotz der eindeutigen Datenlage wird festgehalten, dass Verletzungen nicht auf ein oder zwei Faktoren reduziert werden können (von Rosen, Frohm, Kottorp, Fridén, & Heijne, 2017).

Vielmehr sind es komplexe Vorgänge die zu einer Verletzung führen können. Trotzdem scheint es notwendig zu sein als Betreuer auf diese Komponenten zu achten. Neben der Trainingsplanung sind Schlafhygiene und Einstellung Komponenten, die die Betreuer und Betreuerinnen berücksichtigen können und sollten. Verletzungen lassen sich nicht vermeiden, doch die Risikofaktoren können damit reduziert werden.

Diese Review hat gezeigt, welche komplexen Vorgänge während des Schlafes von statten gehen und welche Vorgänge im Körper davon abhängig sind um reibungslos ablaufen zu können. Aufgrund der hohen Anzahl an Athleten und Athletinnen die vor wichtigen Bewerben an Schlafproblemen leiden scheint es notwendig, dass in diesem Bereich intensiver gearbeitet werden muss. Im Bereich der Jugend bedarf es ein erhöhtes Augenmerk im Bereich des Schlafs. Gerade in der heutigen Gesellschaft ist es üblich das Laptop, Smartphone und Fernseher ein Begleiter im Schlafzimmer sind. Welche Auswirkungen dies auf den Schlaf haben kann ist mittlerweile bekannt. Da junge Sportler und Sportlerinnen ab der Oberstufe höheren Belastungen ausgesetzt werden ist es notwendig in diesem Bereich zu intervenieren.

## 5. Zusammenfassung

Die analysierten Studien zeigen ein eindeutiges Bild. In den nächsten Zeilen soll auf das neu erworbene Wissen eingegangen werden und die Forschungsfragen beantwortet werden.

Das Verwenden von neuen Medien führt zu einer Verschlechterung des Schlafs, beziehungsweise zu einer Problematik beim Einschlafen. Da die verwendeten Studien ein ähnliches Design aufweisen kann eine eindeutigere Hypothese aufgestellt werden. In den verwendeten Studien wurden gleichzeitig Möglichkeiten zu einer Verbesserung aufgezeigt, beispielsweise das Verwenden von Blaulichtfilterbrillen, oder Lesen aus einem Buch. Aus den meisten Studien geht hervor, dass das Aussetzen von blauem Licht erst ab zwei Stunden und mehr zu einer signifikanten Verschlechterung führt. Zeiten darunter beeinflussen weniger die gesamte Architektur, sondern eher das Einschlafen und die ersten Schlafphasen, wie Heo et al. (2017) in deren Untersuchung herausfanden. Größere Auswirkung hat das blaue Licht, wenn tagsüber wenig Licht auf die Augen trifft. Rangtell et al. (2016) halten fest, dass intensives Licht tagsüber die Auswirkungen von blauem Licht vor dem Schlafen gehen schmälert. Neben der Wellenlänge kann auch die Intensität den Schlaf negativ beeinflussen, doch hier ist die

Auswirkung erheblich geringer. Green et al. (2017) zeigen auf, dass die Wellenlänge der primäre Störfaktor ist.

Neben dem Tragen von Blaulichtfilterbrillen können auch Nahrungsergänzungsmittel helfen den Schlaf zu verbessern. Allen voran Melatonin. Das Einnehmen von exogenem Melatonin scheint eine sichere Alternative zu anderen Präparaten zu sein, da keine Nebenwirkungen auftreten. Weitere Möglichkeiten in diesem Bereich bieten Omega 3 Fettsäuren und Vitamin D. Diese beiden Nahrungsergänzungsmittel haben neben positiven Auswirkungen auf den Schlaf auch positive Effekte auf die Regeneration. Eine Komponente die für Leistungssportlerinnen und Betreuerinnen von großem Interesse ist.

Wie in der Diskussion aufgezeigt, scheinen ein Großteil der Sportler und Sportlerinnen an Schlafproblemen zu Leiden. Wie sehr eine Schlafrestriktion, beziehungsweise eine Verschlechterung der Architektur die sportliche Leistung schmälern kann, wurde im einleitenden Teil erläutert. Neben dem Verlust der fettfreien Körpermasse und einer hormonellen Veränderung, wie etwa die mangelnde Produktion des Wachstumshormons oder Testosteron, erhöht schlechter Schlaf das Verletzungsrisiko der Athleten und Athletinnen.

Das Aufklären über die verschiedenen Möglichkeiten zur Verbesserung des Schlafs scheint daher notwendig zu sein. Das Verbannen aller elektronischen Geräte vor dem Schlafen gehen ist der erste Schritt in die richtige Richtung.

## Literaturverzeichnis:

Appleton, R., Jones, A., Gamble, C., Williamson, P., Wiggs, L., Montgomery, P., ... Gringras, P. (2012). The use of Melatonin in children with Neurodevelopmental Disorders and impaired Sleep: A randomised, double-blind, placebo-controlled, parallel study (MENDS). *Health Technology Assessment*, 16(40). <https://doi.org/10.3310/hta16400>

Auld, F., Maschauer, E. L., Morrison, I., Skene, D. J., & Riha, R. L. (2017). Evidence for the efficacy of melatonin in the treatment of primary adult sleep disorders. *Sleep Medicine Reviews*, 34, 10–22. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2016.06.005>

Barker, T., Henriksen, V., Martins, T., Hill, H., Kjeldsberg, C., Schneider, E., ... Weaver, L. (2013). Higher Serum 25-Hydroxyvitamin D Concentrations Associate with a Faster Recovery of Skeletal Muscle Strength after Muscular Injury. *Nutrients*, 5(4), 1253–1275. <https://doi.org/10.3390/nu5041253>

Barker, T., Schneider, E. D., Dixon, B. M., Henriksen, V. T., & Weaver, L. K. (2013). Supplemental vitamin D enhances the recovery in peak isometric force shortly after intense exercise. *Nutrition & Metabolism*, 10(1), 69. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-10-69>

Bertone-Johnson, E. R., Powers, S. I., Spangler, L., Larson, J., Michael, Y. L., Millen, A. E., ... Manson, J. E. (2012). Vitamin D supplementation and depression in the women's health initiative calcium and vitamin D trial. *American Journal of Epidemiology*, 176(1), 1–13. <https://doi.org/10.1093/aje/kwr482>

Bonnar, D., Bartel, K., Kakoschke, N., & Lang, C. (2018). Sleep Interventions Designed to Improve Athletic Performance and Recovery: A Systematic Review of Current Approaches. *Sports Medicine*, 48(3), 683–703. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0832-x>

Catalá, A. (2010). The function of very long chain polyunsaturated fatty acids in the pineal gland☆. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1801(2), 95–99. <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2009.10.010>

CEBP. (2019). PEDro Skala. Zugriff am 2.9.2019 unter <https://www.pedro.org.au/german/downloads/pedro-scale/>

Chang, A.-M., Aeschbach, D., Duffy, J. F., & 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*, 112(4), 1232–1237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1418490112>

Chaput, J.-P., Dutil, C., & Sampasa-Kanyinga, H. (2018). Sleeping hours: What is the ideal number and how does age impact this? *Nature and Science of Sleep*, Volume 10, 421–430. <https://doi.org/10.2147/NSS.S163071>

Chinoy, E. D., Duffy, J. F., & Czeisler, C. A. (2018). Unrestricted evening use of light-emitting tablet computers delays self-selected bedtime and disrupts circadian timing and alertness. *Physiological Reports*, 6(10), e13692. <https://doi.org/10.14814/phy2.13692>

Del Brutto, O. H., Mera, R. M., Ha, J., Gillman, J., Zambrano, M., & Castillo, P. R. (2016). Dietary fish intake and sleep quality: A population-based study. *Sleep Medicine*, 17, 126–128. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2015.09.021>

Di Milia, L., Vandelanotte, C., & Duncan, M. J. (2013). The association between short sleep and obesity after controlling for demographic, lifestyle, work and health related factors. *Sleep Medicine*, 14(4), 319–323. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2012.12.007>

Erlacher, D., Ehrlenspiel, F., Adegbesan, O. A., & Galal El-Din, H. (2011). Sleep habits in German athletes before important competitions or games. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 859–866. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.565782>

[EFSA. \(2012\). EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergens \(NDA\). Zugriff am 21.5.2019 unter https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2012.2557](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2557)

Eslick, G. D., Howe, P. R. C., Smith, C., Priest, R., & Bensoussan, A. (2009). Benefits of fish oil supplementation in hyperlipidemia: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Cardiology*, 136(1), 4–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2008.03.092>

Farahmand, S. (2018). Comparison of exogenous melatonin versus placebo on sleep efficiency in emergency medicine residents working night shifts. *World Journal of Emergency Medicine*, 9(4), 282. <https://doi.org/10.5847/wjem.j.1920-8642.2018.04.008>

Figueiro, M. G., Plitnick, B., & Rea, M. S. (2014). The effects of chronotype, sleep schedule and light/dark pattern exposures on circadian phase. *Sleep Medicine*, 15(12), 1554–1564. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2014.07.009>

Fullagar, H. H. K., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, D., Coutts, A. J., & Meyer, T. (2015). Sleep and Athletic Performance: The Effects of Sleep Loss on Exercise Performance, and Physiological and Cognitive Responses to Exercise. *Sports Medicine*, 45(2), 161–186. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0260-0>

Gominak, S. C., & Stumpf, W. E. (2012). The world epidemic of sleep disorders is linked to vitamin D deficiency. *Medical Hypotheses*, 79(2), 132–135. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2012.03.031>

Grandou, C., Wallace, L., Fullagar, H. H. K., Duffield, R., & Burley, S. (2019). The Effects of Sleep Loss on Military Physical Performance. *Sports Medicine*, 49(8), 1159–1172. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01123-8>

Green, A., Cohen-Zion, M., Haim, A., & Dagan, Y. (2017). Evening light exposure to computer screens disrupts human sleep, biological rhythms, and attention abilities. *Chronobiology International*, 34(7), 855–865. <https://doi.org/10.1080/07420528.2017.1324878>

Grønli, J., Byrkjedal, I. K., Bjorvatn, B., Nødtvedt, Ø., Hamre, B., & Pallesen, S. (2016). Reading from an iPad or from a book in bed: The impact on human sleep. A randomized controlled crossover trial. *Sleep Medicine*, 21, 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.02.006>

Gupta, L., Morgan, K., & Gilchrist, S. (2017). Does Elite Sport Degrade Sleep Quality? A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(7), 1317–1333. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0650-6>

Halson, S. L. (2014). Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 Suppl 1, S13-23. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0147-0>

Heo, J.-Y., Kim, K., Fava, M., Mischoulon, D., Papakostas, G. I., Kim, M.-J., ... Jeon, H. J. (2017). Effects of smartphone use with and without blue light at night in healthy adults: A randomized, double-blind, cross-over, placebo-controlled comparison. *Journal of Psychiatric Research*, 87, 61–70. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2016.12.010>

Huang, W., Shah, S., Long, Q., Crankshaw, A. K., & Tangpricha, V. (2013). Improvement of Pain, Sleep, and Quality of Life in Chronic Pain Patients With Vitamin D Supplementation: The *Clinical Journal of Pain*, 29(4), 341–347. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e318255655d>

Hysing, M., Kvestad, I., Kjellevoid, M., Kolden Midtbø, L., Graff, I., Lie, Ø., ... Øyen, J. (2018). Fatty Fish Intake and the Effect on Mental Health and Sleep in Preschool Children in FINS-KIDS, a Randomized Controlled Trial. *Nutrients*, 10(10), 1478. <https://doi.org/10.3390/nu10101478>

Jahangard, L., Sadeghi, A., Ahmadpanah, M., Holsboer-Trachsler, E., Sadeghi Bahmani, D., Haghghi, M., & Brand, S. (2018). Influence of adjuvant omega-3-polyunsaturated fatty acids on depression, sleep, and emotion regulation among outpatients with major depressive disorders—Results from a double-blind, randomized and placebo-controlled clinical trial. *Journal of Psychiatric Research*, 107, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2018.09.016>

Juliff, L. E., Halson, S. L., & Peiffer, J. J. (2015). Understanding sleep disturbance in athletes prior to important competitions. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(1), 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.02.007>

Jung, Y. S., Chae, C. H., Kim, Y. O., Son, J. S., Kim, C. W., Park, H. O., ... Kwak, H. S. (2017). The relationship between serum vitamin D levels and sleep quality in fixed day indoor field workers in the electronics manufacturing industry in Korea. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 29(1). <https://doi.org/10.1186/s40557-017-0187-7>

Kerley, C. P., Hutchinson, K., Bramham, J., McGowan, A., Faul, J., & Cormican, L. (2017). Vitamin D Improves Selected Metabolic Parameters but Not Neuropsychological or Quality of Life Indices in OSA: A Pilot Study. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 13(01), 19–26. <https://doi.org/10.5664/jcsm.6378>

Kryger, M. H., Roth, T., & Dement, W. C. (Eds.). (2011). *Principles and practice of sleep medicine* (5. ed). St. Louis, Mo: Elsevier Saunders.

Leproult, R. (2011). Effect of 1 Week of Sleep Restriction on Testosterone Levels in Young Healthy Men. *JAMA*, 305(21), 2173. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.710>

McCarty, D. E., Chesson, A. L., Jain, S. K., & Marino, A. A. (2014). The link between vitamin D metabolism and sleep medicine. *Sleep Medicine Reviews*, 18(4), 311–319. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2013.07.001>

Nédélec, M., Halson, S., Abaidia, A.-E., Ahmaidi, S., & Dupont, G. (2015). Stress, Sleep and Recovery in Elite Soccer: A Critical Review of the Literature. *Sports Medicine*, 45(10), 1387–1400. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0358-z>

Nedeltcheva, A. V., Kilgus, J. M., Imperial, J., Schoeller, D. A., & Penev, P. D. (2010). Insufficient Sleep Undermines Dietary Efforts to Reduce Adiposity. *Annals of Internal Medicine*, 153(7), 435. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-153-7-201010050-00006>

O'Donnell, S., Beaven, C., & Driller, M. (2018). From pillow to podium: A review on understanding sleep for elite athletes. *Nature and Science of Sleep*, Volume 10, 243–253. <https://doi.org/10.2147/NSS.S158598>

Rahman, S. A., St. Hilaire, M. A., & Lockley, S. W. (2017). The effects of spectral tuning of evening ambient light on melatonin suppression, alertness and sleep. *Physiology & Behavior*, 177, 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.05.002>

Rångtell, F. H., Ekstrand, E., Rapp, L., Lagermalm, A., Liethof, L., Búcaro, M. O., ... Benedict, C. (2016). Two hours of evening reading on a self-luminous tablet vs. Reading a physical book does not alter sleep after daytime bright light exposure. *Sleep Medicine*, 23, 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.06.016>

Schmidt, C., Xhrouet, M., Hamacher, M., Delloye, E., LeGoff, C., Cavalier, E., ... Vandewalle, G. (2018). Light exposure via a head-mounted device suppresses melatonin and improves vigilant attention without affecting cortisol and comfort: Head-mounted light, melatonin, vigilance, & comfort. *PsyCh Journal*, 7(4), 163–175. <https://doi.org/10.1002/pchj.215>

Shechter, A., Kim, E. W., St-Onge, M.-P., & Westwood, A. J. (2018). Blocking nocturnal blue light for insomnia: A randomized controlled trial. *Journal of Psychiatric Research*, 96, 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2017.10.015>

Sletten, T. L., Magee, M., Murray, J. M., Gordon, C. J., Lovato, N., Kennaway, D. J., ... for the Delayed Sleep on Melatonin (DeSoM) Study Group. (2018). Efficacy of melatonin with behavioural sleep-wake scheduling for delayed sleep-wake phase disorder: A double-blind, randomised clinical trial. *PLOS Medicine*, 15(6), e1002587. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002587>

Spiegel, K., Leproult, R., & Van Cauter, E. (2003). [Impact of sleep debt on physiological rhythms]. *Revue Neurologique*, 159(11 Suppl), 6S11-20.

Studer, P., Brucker, J. M., Haag, C., Van Doren, J., Moll, G. H., Heinrich, H., & Kratz, O. (2019). Effects of blue- and red-enriched light on attention and sleep in typically developing adolescents. *Physiology & Behavior*, 199, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.10.015>

Taghavi Ardakani, A., Farrehi, M., Sharif, M. R., Ostadmohammadi, V., Mirhosseini, N., Kheirkhah, D., ... Asemi, Z. (2018). The effects of melatonin administration on disease severity and sleep quality in children with atopic dermatitis: A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Pediatric Allergy and Immunology*. <https://doi.org/10.1111/pai.12978>

[USDA. Nutrition and Your Health: Dietary Guidelines for Americans. \(2005\). Zugriff am 21.5.2019 unter https://health.gov/dietaryguidelines/dga2005/report/HTML/table\\_g2\\_adda2.htm](https://health.gov/dietaryguidelines/dga2005/report/HTML/table_g2_adda2.htm)

van der Lely, S., Frey, S., Garbazza, C., Wirz-Justice, A., Jenni, O. G., Steiner, R., ... Schmidt, C. (2015). Blue Blocker Glasses as a Countermeasure for Alerting Effects of Evening Light-Emitting Diode Screen Exposure in Male Teenagers. *Journal of Adolescent Health*, 56(1), 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2014.08.002>

van Geijlswijk, I. M., van der Heijden, K. B., Egberts, A. C. G., Korzilius, H. P. L. M., & Smits, M. G. (2010). Dose finding of melatonin for chronic idiopathic childhood sleep onset

insomnia: An RCT. *Psychopharmacology*, 212(3), 379–391. <https://doi.org/10.1007/s00213-010-1962-0>

von Rosen, P., Frohm, A., Kottorp, A., Fridén, C., & Heijne, A. (2017). Multiple factors explain injury risk in adolescent elite athletes: Applying a biopsychosocial perspective. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(12), 2059–2069. <https://doi.org/10.1111/sms.12855>

Yang, M., Ma, N., Zhu, Y., Su, Y.-C., Chen, Q., Hsiao, F.-C., ... Zhou, G. (2018). The Acute Effects of Intermittent Light Exposure in the Evening on Alertness and Subsequent Sleep Architecture. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 524. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030524>

Yi, S., Nakagawa, T., Yamamoto, S., Mizoue, T., Takahashi, Y., Noda, M., & Matsushita, Y. (2013). Short sleep duration in association with CT-scanned abdominal fat areas: The Hitachi Health Study. *International Journal of Obesity*, 37(1), 129–134. <https://doi.org/10.1038/ijo.2012.17>

## Abbildungsverzeichnis:

- Abbildung 1: Messung der Melatoninsuppression und Phasenverschiebung (Chang et al., 2015, S. 1234) 27
- Abbildung 2: A zeigt die verlängerte SOL der Versuchsgruppe, B die Akkumulierte verbrachte Zeit im REM Schlaf, C zeigt die Gesamtzeit aller Schlafstadien (Chang et al., 2015, S. 1235) 28
- Abbildung 3: A zeigt die Melatoninsuppression in Prozent im Zeitraum 18.00h bis 21.45h der fünften Nacht dar.  
Die Linie bei Null ist die CP am darauffolgenden Abend, dient als Korrespondenz. B zeigt die Verschiebung des DLMO zur jeweiligen Zeit.  
(Chinoy et al., 2018, S. 7). 30
- Abbildung 4: Der durchschnittliche Score der KSS.  
Je höher die Punktezahl desto höher die Müdigkeit.  
(Chinoy et al., 2018, S. 9). 31
- Abbildung 5: Der durchschnittliche ESS Score. Kurzwelliges Licht führt zu einer erhöhten Müdigkeit am folgenden Morgen. Der Score kann aus der Y-Achse entnommen werden. ( $F(1,18) = 4.80, p < .05$ ).  
(Green et al., 2017, S. 862). 34
- Abbildung 6: Die vier oberen Grafen zeigen die TST (G, K) und SE (H, L). Die unteren Grafen (I, J, M, N) zeigen die NREM Delta Wellen. Die Grafen links zeigen die Daten der verschiedenen Lichtquellen, FL = gewöhnliches Licht, kein Filter; C-LED = Blaulichtfilter. Die Balkendiagramme rechts zeigen die Daten des Vergleichs der Reihenfolge.  
(Rahman et al., 2017, S. 226) 40
- Abbildung 7: Der Melatoninspiegel in pg/mL. Die schwarze Linie ist die der Versuchsgruppe, die graue die der Kontrollgruppe. Statistisch signifikante Messzeitpunkte sind mit einem Stern markiert.  
(Van der Lely et al., 2015, S. 117). 44
- Abbildung 8: Die Grafik links zeigt die absoluten Werte des Melatonin- und Cortisolspiegels. Die Balkendiagramme rechts zeigen die durchschnittlichen Werte. Der grau unterlegte Bereich stellt die Zeitdauer der Lichtintervention dar. Rot = rotes Licht; Blau = blaues Licht. Die signifikanten Unterschiede sind mit Sternen markiert.  $*p_{corr} < .05$ .  
(Schmidt et al., 2018, S. 5) 49
- Abbildung 9: Die Varianz der Reaktionszeiten bei rotem und blauem Licht inklusive Fehlerbalken. Die Varianz betrug  $89.46 \pm 17.44$  zu  $80.46 \pm 14.24$ .  $p < 0.05$ .

<i>(Studer et al., 2018, S. 16).</i>	51
<i>Abbildung 10: Die Balkendiagramme zeigen Auswirkungen der Melatonineinnahme auf die Architektur des Schlafs. Signifikante Unterschiede zeigen sich bei der Schlaflatenz und bei der Schlafeffizienz.</i>	
<i>(Sletten et al., 2018, S. 14)</i>	53
<i>Abbildung 11: Quelle: Barker et a. (2013, S. 6)</i>	61

## **Tabellenverzeichnis:**

<i>Tabelle 1: Die physiologischen Prozesse und Veränderungen während des REM und NREM Schlafes</i>	11
<i>Tabelle 2: Melatoninspiegel in Pikogramm/mL und Prozentsatz.</i>	34
<i>Tabelle 3: Auswertung des DLMO, Cortisol und Körpertemperatur.</i>	38
<i>Tabelle 4: Der PIRS nach einwöchigem Tragen von Blaulichtfilter.</i>	42
<i>Tabelle 5: Die Architektur in den drei verschiedenen Lichtinterventionen</i>	46

## **Eidesstaatliche Erklärung**

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde weder an einer anderen Stelle eingereicht (z. B. für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (z. B. Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.“

Sankt Pölten, September 2019

Erdi Kazic