

Chrono-Nutrition: Zusammenhang der Nahrungsaufnahme und Schlafqualität bei gesunden Erwachsenen

Masterarbeit

zur

Erlangung des Master of Science

im Studiengang

Gesundheitswissenschaften und -Management

an der

Fakultät Life Sciences

der

Hochschule Rhein-Waal, Kleve

vorgelegt von

Nico Heilemann

Matrikel-Nr.: 29847

Kleve, 26.11.2023

**Chrono-Nutrition: Zusammenhang der Nahrungsaufnahme
und Schlafqualität bei gesunden Erwachsenen**

Masterarbeit
zur
Erlangung des Master of Science
im Studiengang
Gesundheitswissenschaften und -Management
an der
Fakultät Life Sciences
der
Hochschule Rhein-Waal, Kleve

vorgelegt von

Nico Heilemann

Matrikel-Nr.: 29847

Kleve, 26.11.2023

Erstbetreuer: Herr Prof. Dr. rer. nat. habil. Christoph Böhmer

Zweitbetreuer: Frau Prof. Dr. rer. nat. habil. Mònica Palmada Fenés

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, Nico Heilemann, dass ich die hier vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfsmittel angefertigt habe. Informationen, die anderen Werken oder Quellen dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, habe ich kenntlich gemacht und mit exakter Quellenangabe versehen. Sätze oder Satzteile, die wörtlich übernommen wurden, wurden als Zitate gekennzeichnet. Die hier vorliegende Arbeit wurde noch an keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegt und weder ganz noch in Auszügen veröffentlicht.

Kleve, den 26.11.2023

N. Heilemann

Abstract

Background:

The incidence of sleep disorders has risen sharply in Germany in recent years. Contrary to current dietary recommendations, unnatural eating patterns have emerged, driven by the idea of efficiency. Breakfast is skipped, quick meals are spread throughout the day and large meals are eaten in the evening. In theory, adapting lifestyle and eating habits to the circadian rhythm of sunlight can lead to an improvement in sleep quality. Chrono Nutrition approaches, such as early intermittent fasting (eTRE), have already been shown to have positive benefits for metabolic health. However, a clear positive influence on sleep is still controversial and the connection to the time of day has also been insufficiently investigated.

Methods:

A one-week online survey was conducted among healthy adults up to the age of 59 without shift work. The questions related to daily and eating habits as well as subjective sleep quality and duration.

Results:

225 participants successfully took part in the survey and were analysed. A significant positive influence of the regularity of food intake and a significant negative influence of food intake within the last hour before bedtime on sleep quality were found.

Conclusion:

In conclusion, it can be said that the regularity of food intake and the last meal have a greater effect on sleep quality than the first meal of the day.

KEY WORDS: Chrono-nutrition, circadian rhythm, sleep quality, sleep duration, healthy eating, intermittent fasting

Zusammenfassung

Hintergrund:

Die Inzidenz von Schlafstörungen ist in Deutschland in den letzten Jahren stark gestiegen. Entgegen aktuellen Ernährungsempfehlungen sind vom Effizienzgedanken getrieben unnatürliche Ernährungsmuster entstanden. Das Frühstück wird übersprungen, schnelle Mahlzeiten über den Tag verteilt und große Mahlzeiten am Abend verzehrt. Eine Anpassung der Lebens- und Essgewohnheiten an den zirkadianen Rhythmus des Sonnenlichts kann in der Theorie zu einer Verbesserung der Schlafqualität führen. Lösungsansätze der Chrono-Nutrition wie das frühzeitliche intermittierende Fasten (eTRE), haben bereits nachweislich positive Vorteile für die metabolische Gesundheit gezeigt. Ein eindeutig positiver Einfluss auf den Schlaf ist jedoch noch umstritten und der Zusammenhang zur Tageszeit wurde ebenfalls unzureichend untersucht.

Methodik:

Es wurde eine einwöchige Online-Befragung unter gesunden Erwachsenen bis 59 Jahren, ohne Schichtarbeit durchgeführt. Die Fragen bezogen sich auf die Tages- und Ernährungsgewohnheiten sowie der subjektiven Schlafqualität bzw. -dauer.

Ergebnisse:

225 TN haben erfolgreich an der Befragung teilgenommen und wurden ausgewertet. Es wurden ein signifikant positiver Einfluss der Regelmäßigkeit der Nahrungsaufnahme und ein signifikant negativer Einfluss der Nahrungsaufnahme innerhalb der letzten Stunde vor der Schlafenszeit auf die Schlafqualität festgestellt.

Zusammenfassung:

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Regelmäßigkeit der Nahrungsaufnahme und die letzte Mahlzeit einen größeren Effekt auf die Schlafqualität aufweisen als die erste Mahlzeit des Tages.

SCHLÜSSELWÖRTER: Chrono-Nutrition, zirkadianer Rhythmus, Schlafqualität, Schlafdauer, gesunde Ernährung, intermittierendes Fasten

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	I
-----------------------------	---

TABELLENVERZEICHNIS	II
---------------------------	----

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	III
-----------------------------	-----

1 EINLEITUNG	1
---------------------------	----------

2 THEORETISCHER HINTERGRUND	3
--	----------

2.1 Zirkadianer Rhythmus	3
---------------------------------	----------

2.1.1 Chronobiologie.....	3
---------------------------	---

2.1.2 Molekulare Entstehung	4
-----------------------------------	---

2.1.3 Zentrale Uhr	6
--------------------------	---

2.1.4 Dezentrale Uhren	8
------------------------------	---

2.1.5 Endokrine Auswirkungen.....	8
-----------------------------------	---

2.2 Schlaf-Wach-Rhythmus	10
---------------------------------	-----------

2.2.1 Schlafphasen	11
--------------------------	----

2.2.2 Schlafqualität und -dauer	13
---------------------------------------	----

2.2.3 Modernes Problem	14
------------------------------	----

2.3 Chrono-Nutrition	15
-----------------------------	-----------

2.3.1 Forschungslücke.....	17
----------------------------	----

2.3.2 Ziel	17
------------------	----

3 METHODISCHES VORGEHEN.....	19
-------------------------------------	-----------

3.1 Forschungsdesign	19
-----------------------------	-----------

3.1.1 Chrono-Nutrition Questionnaire (CNQ)	20
--	----

3.1.2 Sleep Quality Scale (SQS)	21
---------------------------------------	----

3.1.3 Forschungsfragen und Hypothesen	21
---	----

3.2	Stichprobe	22
3.3	Datenerhebung	23
3.3.1	Prozess der Akquisition	23
3.4	Prozess der Operationalisierung	23
3.5	Validität und Reliabilität	25
3.6	Analysemethoden	25
3.6.1	Korrelationsanalyse.....	27
3.6.2	Nicht-parametrische Analyse.....	27
4	ERGEBNISSE	28
4.1	Deskriptive Statistik	29
4.1.1	Soziodemographische Merkmale.....	29
4.1.2	Ernährungsgewohnheiten.....	30
4.1.3	Aufsteh- und Schlafenszeit	31
4.1.4	Schlafqualität.....	32
4.2	Primäre induktive Statistik	34
4.2.1	Einfluss früher Nahrungsaufnahme auf die Schlafqualität	35
4.2.2	Einfluss früher Nahrungsaufnahme auf die Schlafdauer	36
4.2.3	Einfluss regelmäßiger Nahrungsaufnahme auf die Schlafqualität	37
4.2.4	Einfluss des Frühstücks auf die Schlafqualität.....	38
4.2.5	Einfluss der letzten Mahlzeit auf die Schlafqualität	39
4.3	Sekundäre induktive Statistik	40
4.3.1	Zusammenhänge Frühstückszeit und Abendmahlzeit.....	40
4.3.2	Zusammenhänge Aufsteh- und Schlafenszeit	41
4.3.3	Zusammenhänge Body-Mass-Index.....	42
5	DISKUSSION	43

5.1	Interpretation der Ergebnisse	44
5.1.1	Schlafdauer.....	45
5.1.2	Erste Mahlzeit	46
5.1.3	Letzte Mahlzeit.....	49
5.1.4	Regelmäßige Mahlzeit	52
5.1.5	Selbsterfüllende Prophezeiung.....	54
5.1.6	Einfluss des BMI, Bildung, Beruf und Wohnort.....	55
5.2	Methodenkritik und Limitation	56
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	58
6.1	Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse	58
6.2	Schlussfolgerung	59
6.3	Ausblick auf zukünftige Forschungen	60
6.4	Handlungsempfehlung für die Praxis	60
	DANKSAGUNG.....	61
	LITERATURVERZEICHNIS	62
	ANHANG	74

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Vereinfachtes Schema der molekularen Basis der zirkadianen Uhr (Husse et al. 2013).....	5
Abbildung 2 Das Prinzip des molekularen Uhrwerks (Eichele und Oster 2007)	6
Abbildung 3 Das zirkadiane System des Menschen (Husse et al. 2013).....	8
Abbildung 4 Datenvisualisierung der Schlafdauer-Häufigkeitsverteilung	32
Abbildung 5 Datenvisualisierung der SQSS-Häufigkeitsverteilung.....	33
Abbildung 6 Datenvisualisierung des geschlechtsspezifischen Unterschiedes in SQS-Gruppen	33
Abbildung 7 Verhältnis des SQSS zum Zeitabstand Frühstück und Abendessen	35
Abbildung 8 Verhältnis der Schlafdauer zum Zeitabstand Frühstück und Abendessen	36
Abbildung 9 Verhältnis des SQSS zur Regelmäßigkeit der Hauptmahlzeiten	37
Abbildung 10 Verhältnis des SQSS zu einem Frühstück innerhalb der ersten Stunde	38
Abbildung 11 Verhältnis des SQSS zu einer Mahlzeit innerhalb der letzten Stunde	39
Abbildung 12 Verhältnis des SQSS zur Schlafenszeit.....	41

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Neuronale Aktivität, Augenbewegung und Muskeltonus im Schlafzyklus (Hannemann 2018).....	12
Tabelle 2 Übersicht der soziodemographischen Merkmale	29
Tabelle 3 Übersicht der CNQ-Merkmale	31
Tabelle 4 Ergebnisübersicht des Sleep Quality Scale Score (SQSS)	32
Tabelle 5 Übersicht der primär signifikanten Korrelationen zum SQSS und der Schlafdauer.....	34
Tabelle 6 Übersicht der sekundär signifikanten Korrelationen zum SQSS und der Schlafdauer.....	40

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BMAL1 – Brain and Muscle ARNT-Like 1

BMI – Body-Mass-Index

CLOCK – Circadian Locomotor Output Cycles Kaput

CNQ – Chrono-Nutrition-Questionnaire

CRY – Cryptochrom

EEG – Elektroenzephalografie

HSRW – Hochschule Rhein-Waal

PER – Period

POZ – Periphere Oszillatoren / Uhren

SCN – Suprachiasmatischen Nukleus

SQS – Sleep-Quality-Scale

SQSS – Sleep-Quality-Scale-Score

TN – Teilnehmende(n)

TRE – Time Restricted Eating

TTFL – Transcription-Translation Feedback Loop

ZNS – Zentrales Nervensystem

1 Einleitung

Die digitale Vernetzung der globalen Bevölkerung und Wirtschaft führt zu einer gesteigerten Flexibilität sowie Fusion der Arbeitszeit und Freizeit (Kahlenborn et al. 2018). Verknüpft mit steigendem sozialen und wirtschaftlichen Wettbewerb schafft dies eine Umwelt, in der guter Schlaf als Luxusgut gilt (Alonzo et al. 2021; Streim 2019). Müdigkeit und Konzentrationsdefizite sind vielmehr hinderliche Konstitutionen als natürliche Erschöpfungssignale, denen sich mit viel Koffein widersetzt wird.

Dabei sind die negativen Auswirkungen von unzureichender Schlafqualität und -dauer auf die körperliche Gesundheit und das Wohlbefinden schon seit Jahrzehnten bekannt (NCSDR 1993; Phillips et al. 1991; Naitoh et al. 1990). Die mit schlechter Schlafqualität verbundenen Bedrohungen zeigen sich darüber hinaus nicht nur auf individueller Ebene, sondern haben auch bedeutende Auswirkungen auf das Gesundheitssystem und die Wirtschaft (Scott und Rodríguez 2023; Liew und Aung 2021; Zhou et al. 2019; Bishir et al. 2020; Ballesio et al. 2019; RKI 2022; Hafner et al. 2017). Bezogen auf die Wirtschaft müssen besonders die kognitiven Fähigkeiten von Menschen mit Schlafstörungen unter der verminderten Regenerationsphase leiden. Das Resultat sind ein Zustand der Erschöpfung, Lustlosigkeit, Konzentrationsmangel und sinkender Produktivität bei der Ausübung des Berufs (Frau et al. 2020; Lowe et al. 2017; Grandner 2019; Satterfield und Killgore 2019; Klatt 2021). Das Gesundheitssystem betreffend werden vor allen Übergewicht, Typ 2 Diabetes und kardiovaskuläre Krankheiten durch Schlafstörungen begünstigt (Reutrakul und van Cauter 2018; Liew und Aung 2021). Auch psychische Störungen und Depressionen stehen in direktem Zusammenhang (Hutka et al. 2021; TK 2017; Drakatos et al. 2023; Hertenstein et al. 2019).

Gleichwohl dieser eindeutigen Evidenz ist die Zahl der Menschen in Deutschland, die eine Ein- und Durchschlafproblematik haben oder sich aufgrund von Schlafstörungen krank melden müssen, auch in den letzten Jahren wieder angestiegen (KKH 2022). Von 2010 bis 2017 hat die Anzahl der Erwerbstätigen über 35 Jahren, die unter einer diagnostizierten Schlafstörung leiden, um 66 Prozent zugenommen (DAK 2017). Einen noch besorgniserregenderen Anstieg von 168 Prozent gab es, zwischen 2005 und 2018, bei der Anzahl der jungen Erwachsenen zwischen 20 und 24 Jahren. Frauen leiden häufiger an einer Schlafstörung als Männer (Barmer 2020; TK 2017).

Etwa die Hälfte der Betroffenen und damit ungefähr doppelt so viele Menschen wie 2010 führt eine symptombekämpfende Selbsttherapie mit freiverkäuflichen Schlafmitteln ohne Rezept durch. Bedauerlicherweise sucht nur ein geringer Anteil der betroffenen Personen einen Arzt auf oder lässt sich über die möglichen ursächlichen Einflussfaktoren aufklären (DAK 2017). Neben den von Betroffenen am häufigsten erwähnten beruflichen Stress und privaten Sorgen gibt es viele verschiedene Einflussfaktoren, die zu einer Störung des Schlaf-Wach-Rhythmus führen können (Billings et al. 2020; KKH 2022). Ein interessanter neuer Einflussfaktor für den Schlaf-Wach-Rhythmus könnte Chrono-Nutrition sein. Dieser bisher neue Ansatz verknüpft die Forschung der Ernährung und der Chronobiologie. Der primäre Fokus der Chrono-Nutrition liegt auf dem Zeitpunkt der Nahrungsmittelaufnahme. Der moderne Lebensstil hat nicht nur zu einer dauerhaften Veränderung des Schlafes, sondern auch der Ernährungsgewohnheiten geführt, einschließlich unregelmäßiger Essgewohnheiten. (Samuelson 2000; Bertéus Forslund et al. 2005; Pot 2018; Klotter 2014b, 2014a)

Es wird davon ausgegangen, dass der menschliche Metabolismus positiv beeinflusst wird, wenn das Essverhalten an die hellen Tageszeiten angepasst wird (Zarrinpar et al. 2016). Bezogen auf das metabolische Syndrom und Diabetes gibt es bereits eine breitere Evidenz (Pot et al. 2016; Pot et al. 2014; Templeman et al. 2020; Franzago et al. 2023; Al Abdi et al. 2020; Henry et al. 2020). Ätiologisch sind biochemische Botenstoffe bzw. hormonelle Vorgänge, die laut aktuellen Forschungen möglicherweise auch für den zirkadianen Schlaf-Wach-Rhythmus eine Rolle spielen können (Iao et al. 2021; Wehrens et al. 2017; Nogueira et al. 2021; Hou et al. 2019; Franzago et al. 2023). Die Evidenz der Wirksamkeit der Chrono-Nutrition auf die Schlafqualität und -dauer und den damit verbundenen Schlaf-Wach-Rhythmus ist jedoch noch unzureichend (McStay et al. 2021).

Diese Masterthesis konzentriert sich auf das Ziel, die Evidenz der Auswirkungen der Chrono-Nutrition auf den zirkadianen Rhythmus und damit den Schlaf-Wach-Rhythmus zu erweitern.

2 Theoretischer Hintergrund

Das folgende Kapitel soll zu einem besseren Verständnis und einer theoretischen Einteilung des zirkadianen Rhythmus sowie des Schlafes führen. Zudem sollen die mit der Chrono-Nutrition verbundenen biochemischen Prozesse und Ernährungsmuster beschrieben und wesentliche Konzepte erläutert werden. Es wird der aktuelle Erkenntnisstand wiedergeben.

2.1 Zirkadianer Rhythmus

Eine Erdrotation um die Erdachse dauert in der Regel 24 Stunden. Das bedeutet, dass jeden Tag an einem bestimmten Ort auf der Erde ein einfach erkennbarer Wechsel zwischen Tag und Nacht, Licht und Dunkelheit sowie Wärme und Kälte vorherrscht. Zahlreiche Lebewesen, darunter auch der Mensch, besitzen aufgrund dieser alltäglichen Umweltverhältnisse eine innere Uhr, die ihnen die Möglichkeit bietet, diesen natürlichen Tageswechsel vorherzusagen. Der Tageszyklus und damit die Wechselwirkung der Erde mit der Sonne ist folglich eng mit den biologischen Prozessen des Menschen verbunden. Es wird angenommen, dass die innere Uhr eines Menschen als evolutionäre Überlegenheit entwickelt wurde, um eine bestmögliche Adaptation des Verhaltens und der physiologischen Vorgänge an das gegenwärtige Habitat zu gewährleisten. (Begemann und Oster 2021)

2.1.1 Chronobiologie

Die Chronobiologie ist ein Teilgebiet der Biowissenschaften, welches sich mit der Eruiierung sich zyklisch wiederholender Ereignisse bzw. biologischer Rhythmen befasst. Diese beispielsweise zeitliche Konstitution organischer Prozesse erscheint in vielfältigen Zeitabschnitten und kann als kontinuierliche Adaptation endogener Prozesse an exogene Umwelteinflüsse betrachtet werden. (Kuhlman et al. 2018)

Schon der Franzose Jean Jaques d'Ortois de Mairan beobachtete 1729, dass sich die Blätter der Vanilleblume am Tag öffnen und nachts schließen. Er fand heraus, dass dieser tageszeitliche Rhythmus der Pflanze auch in permanenter Dunkelheit beibehalten wird (De Mairan 1729). Fasziniert von diesem endogenen Charakter biologischer Uhren wurde erst 1959 und damit 230 Jahre später von einem der Pioniere der Chronobiologie Franz Halberg die Bezeichnung „circadian“ (lat. circa = ungefähr, dies = Tag) durchgesetzt. Halberg wollte damit besonders die Rhythmen hervorheben, die sich mit einem ungefähren Rhythmus von 24 Stunden und endogen organisieren.

Dies sind zirkadiane Rhythmen, welche auch ohne Hilfe von weiteren, exogenen bzw. körperfremden Einflussfaktoren erhalten bleiben (Halberg 1963). Das anthropologische Arbeitsgebiet der Chronobiologie widmet sich besonders dem Einfluss des zirkadianen Rhythmus auf den Metabolismus und das Hormonsystem. (Kuhlman et al. 2018)

2.1.2 Molekulare Entstehung

Das aktuelle Paradigma der Chronobiologie für den zirkadianen Rhythmus deutet auf eine Beteiligung zellulärer Prozesse hin. Intrazelluläre molekulare Oszillatoren sollen die Basis des Paradigmas für die spezieübergreifenden, inneren Uhren darstellen. Die Oszillation soll dabei durch eine negative Rückkopplungsschleife, die Transkriptions-Translations-Rückkopplungsschleife (eng. Transcription-Translation Feedback Loop (kurz TTFL)), dirigiert werden. Die Regulierung der TTFL soll von sogenannten Clock-Genen und ihren Proteinprodukten bestimmt sein. Allgemein gibt es dazu beim Menschen zum einen positive Transkriptionsfaktoren, welche gebunden an einen Promotor von Clock-Genen die Transkription der mRNA begünstigen und in der Translation eines zugehörigen Proteins enden. Zum anderen gibt es negative Transkriptionsfaktoren, welche die Transkription hemmen. Die Transkriptionsfaktoren können in ihrer Ausprägung von anderen eukaryontischen Organismen, wie z.B. der Drosophila, abweichen. Sie sind jedoch ortholog, was auf einen gemeinsamen Ursprung schließen lässt. (Bass und Takahashi 2010; Reppert und Weaver 2002)

Der einheitliche Rhythmus der menschlichen TTFL im ungefähren 24-Stunden-Takt entsteht durch die oszillierende Expression der Gene *period* (PER) und *cryptochrom* (CRY), folglich die rhythmische Proteinsynthese der Proteine PER und CRY. Die TTFL des Menschen besitzt dazu drei Paralogs von PER (PER1-3) und zwei Paralogs von CRY (CRY1-2). Die erwähnte negative Rückkopplungsschleife TTFL entsteht durch die im Nukleus stattfindende Interaktion von PER und CRY (Inhibitoren) mit den basic-helix-loop-helix-Proteinen (Aktivatoren) *circadian locomotor output cycles kaput* (CLOCK) und *brain and muscle ARNT-like 1* (BMAL1) im Tag-Nacht-Zyklus (vgl. Abb. 1).

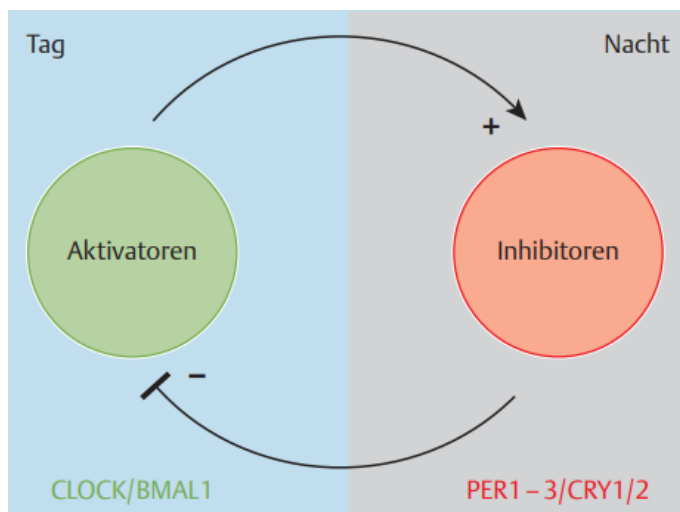


Abbildung 1 Vereinfachtes Schema der molekularen Basis der zirkadianen Uhr (Husse et al. 2013)

Es wurde herausgefunden, dass die Anbindung des Heterodimer aus CLOCK und BMAL1 (CLOCK-BMAL1-Dimer) an bestimmte Nukleotidsequenzen (Response Elemente bzw. E-Boxen) in den Promotoren von PER und CRY zu einer Zunahme der Transkription von PER und CRY führt. Im Laufe des Tages bilden die Proteine PER und CRY dazu ein Komplex (PER-CRY-Komplex), welches sich im Zytoplasma konzentriert. Eine Zunahme der PER- und CRY-Proteine führt wiederum dazu, dass die positiven Transkriptionsfaktoren CLOCK und BMAL1, als Bestandteil der TTFL, abnehmen. Im Nukleus entsteht dazu eine Bindung zwischen dem PER-CRY-Komplex und dem CLOCK-BMAL1-Dimer, welche in einer Freisetzung des CLOCK-BMAL1-Dimer aus der E-Box von PER und CRY endet und so die Transkription hemmt. Die negativen Transkriptionsfaktoren inhibieren die Transkription ihrer Gene negativ, sobald sie in den Nukleus translozieren. Mit dem Abbau von CRY und PER können die positiven Transkriptionsfaktoren CLOCK und BMAL1 am Morgen wieder an die E-Box anbinden und die Transkription der Gene PER und CRY aufs Neue anstoßen (vgl. Abb. 2). Der Abbau, der für den zirkadianen Rhythmus essenziellen Proteine, startet während der Nachtmitte und ist damit auch der Zeitpunkt der maximalen Akkumulation der Proteine. (Richter und Rodenbeck 2022; Sinz 1980; Husse et al. 2013)

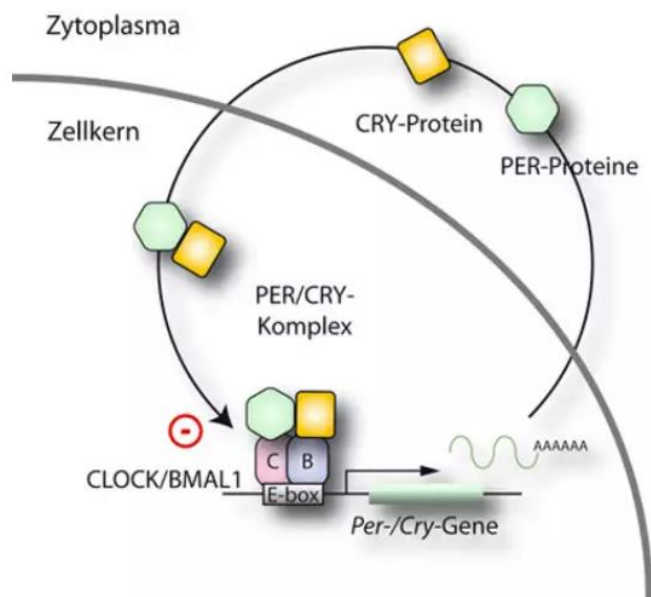


Abbildung 2 Das Prinzip des molekularen Uhrwerks (Eichele und Oster 2007)

Neben dieser vereinfachten Beschreibung der negativen Rückkopplungsschleife wurden mehrere andere Uhrengenprodukte entdeckt, welche an der Stabilisierung des zirkadianen Rhythmus beteiligt sind (Mohawk et al. 2012).

Das Prinzip dieser in sich geschlossenen Feedbackkreisläufe in eukaryontischen Organismen konnte besonders durch die Arbeit von drei ambitionierten US-amerikanischen Forschern in der Chronobiologie konkretisiert werden (The Nobel Foundation 2017). Es wurde festgehalten, dass der aus genetischen Prozessen resultierende zirkadiane Rhythmus jegliche molekulare Bestandteile, einschließlich des Metabolismus, beeinflussen kann. Durch die Konkretisierung dieses Sachverhaltes hat die Chronobiologie nicht nur einen deutlich höheren Stellenwert in der Biologie, sondern auch in der Pathologie des Menschen, erhalten (Begemann und Oster 2021; Richter und Rodenbeck 2022).

2.1.3 Zentrale Uhr

Bei dem Menschen bildet die oszillierende Transkription des Gens PER in der TTFL die Basis für den zentralen, endogenen Zeitgeber im menschlichen Gehirn, den suprachiasmatischen Nucleus (SCN) des Hypothalamus. Im Speziellen die Expression von PER löst eine Umstellung von Kationen- und Calciumkanälen aus, welche wiederum zu einer Modulation der elektrischen Erregbarkeit der SCN-Nervenzellen führen. Als zentraler innerer Zeitgeber induziert und reguliert der SCN alle zirkadianen Rhythmen des menschlichen Körpers. (Hastings et al. 2003; Oosterman et al. 2015)

Gesteuert wird der SCN durch das Photoentrainment. Das Photoentrainment beschreibt den Prozess der Anpassung der endogenen Oszillation an das für den Menschen sichtbare Licht. Dieses wird durch die intrinsisch photosensitiven Ganglienzellen der Retina aufgenommen und über den Tractus retinohypothalamicus in den SCN projiziert (Foster und Hankins 2007; Hirota und Fukada 2004).

Die exogenen Lichtinformationen sind von großer Bedeutung, um den zirkadianen Rhythmus des SCN exakt an das derzeitige Tagesniveau anzupassen. Dies resultiert aus der Tatsache, dass die oszillierende Transkription der TTFL nicht dem exakten Tagesrhythmus der Erde von 23 Stunden und 56 Minuten entspricht (Scholz 2009). Die endogene Oszillation von Frauen dauert durchschnittlich 24 Stunden und 9 Minuten und von Männern 24 Stunden und 11 Minuten (Duffy et al. 2011). Dementsprechend benötigt die endogene Oszillation des Menschen exogen kontrollierte Korrekturmechanismen.

Das Sonnenlicht kann als der primäre exogene Einflussfaktor der SCN angesehen werden, da es als der auslösende Faktor des Gen CRY fungiert. Das Sonnenlicht treibt, übertragen über die Retina, die Akkumulation des Proteins CRY als Bindungspartner von PER an. Entsprechend wird der Abbau des Proteinproduktes PER bei Tageslicht beschleunigt. Diese photosensitive Beeinflussung der TTFL verdeutlicht, dass der zirkadiane Rhythmus keine totale Abhängigkeit vom Tageslicht besitzt. Er ist ein verarbeitender Prozess, der sich relativ zum gegenwärtigen endogenen Rhythmus verhält. Aus diesem Grund verläuft die endogene Oszillation nur für gewöhnlich rhythmisch und simultan mit den exogenen Einflussfaktoren. (Andreani et al. 2015; Richter und Rodenbeck 2022)

Der Einfluss des Lichtes ist hauptsächlich im Sinne der langfristigen Adaptation an meteorologische Jahreszeiten oder eine andere Zeitzone wirkungsvoll. Eine Modifizierung bzw. Disruption der Oszillation des SCN ist jedoch auch bei einer künstlichen Lichtquelle, besonders unter wiederholter Aussetzung in den Abendstunden, zu erwarten. Energiereiches, kurzfrequentes blaues Licht hat dabei den stärksten Einfluss auf die Ganglienzellen. (Reppert und Weaver 2002; Foster und Hankins 2007; Wams et al. 2017; Hirota und Fukada 2004)

2.1.4 Dezentrale Uhren

Neben dem zentralen Taktgeber SCN im Gehirn existieren auch dezentrale Uhren (engl. slave clocks) bzw. periphere Oszillatoren (POZ). Diese POZ befinden sich in diversen Organ- und Gewebezellen des menschlichen Körpers (vgl. Abb. 3).

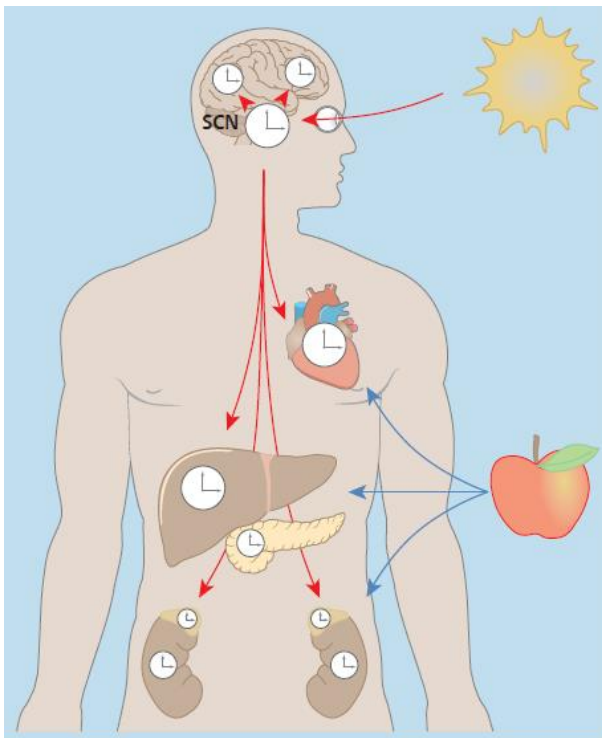


Abbildung 3 Das zirkadiane System des Menschen (Husse et al. 2013).

So haben unter anderem das Herz, die Leber, der Darm, die Nebennieren und das Pankreas ihren eigenen, unabhängigen, zirkadianen Rhythmus. Die inneren Uhren der POZ besitzen dazu dieselben genetischen Grundbausteine wie der SCN. Die zirkadiane Oszillation der Gene schreibt auch hier den organischen Funktionseinheiten einen spezifischen Rhythmus vor. Der periphere Rhythmus der POZ wird durchgehend, mithilfe von neuronalen Reizen und Hormonen, von dem zentralen Rhythmus des SCN synchronisiert. Die POZ können jedoch auch durch zahlreiche andere Einflussfaktoren, insbesondere der Nahrungsaufnahme, manipuliert werden. (Damiola et al. 2000; Hirota und Fukada 2004; Balsalobre et al. 2000; van der Veen et al. 2006)

2.1.5 Endokrine Auswirkungen

Die bidirektionale Wirkung zwischen endokrinen Drüsen wie dem Hypothalamus, den Nebennieren, der Pankreas und dem zirkadianen Rhythmus sind bereits mehrfach belegt worden (Tsang et al. 2014; Tsang et al. 2016; Gamble et al. 2014; Bedrosian et

al. 2016). Zahlreiche Hormone des menschlichen Organismus weisen daher eine durch den Tag-Nacht-Zyklus veränderte Konzentration im Blut auf.

Ausschlaggebend für diese Anpassung sind die Uhrgene der POZ, welche je nach organischer Funktionseinheit mit anderen biochemischen Prozessen wechselwirken. Die Uhrgene der POZ sind dementsprechend gewebespezifisch (Husse et al. 2013). Eine Neusynthese von Glukose kann beispielsweise im Blut durch die Uhrgene der Leber moduliert werden, indem Einfluss auf relevante Prozesse des Energiestoffwechsels genommen wird. Davon betroffen sind insbesondere Glukosetransporter sowie verschiedene Biokatalysatoren der Glykolyse und der Gluconeogenese. (Lamia et al. 2008; Wehrens et al. 2017)

Die Glukosehomöostase steht darüber hinaus in direktem Zusammenhang mit der Insulinsensitivität, welche ebenfalls bedeutend durch den zirkadianen Rhythmus beeinflusst wird. So ist die Insulinsensitivität unserer Körperzellen am Morgen höher als abends (Mason et al. 2022; Qian et al. 2018). Auch die Produktion von Insulin wird maßgeblich durch die Uhrgene der Pankreas reguliert (Marcheva et al. 2010).

Analog zur Glukose-Konzentration kann die Cortisol-Produktion durch die Uhrgene von Adrenozeptoren in den Nebennieren verändert werden. Die Manipulation der Cortisol-Biosynthese wird dabei durch eine veränderte Adrenocorticotropin-Empfindlichkeit der Nebennieren hervorgerufen (Oster et al. 2006). Die Glukosehomöostase und die Cortisol-Biosynthese sind damit zwei der bereits nachgewiesenen endokrinen Prozesse, welche mit der oszillierenden Genexpression in den POZ wechselwirken.

Neben dem erweckenden und durchblutungsfördernden Hormon Cortisol wird auch dem schlaffördernden Hormon Melatonin, als Gegenspieler von Cortisol, eine primäre Rolle im zirkadianen Rhythmus zugesprochen. Folglich zeigt Melatonin eine starke tagesrhythmische Präsenz im Blutkreislauf (Vasey et al. 2021). Die Regulierung des schlaffördernden Hormons Melatonin findet an verschiedenen Orten im Körper statt. Der Hauptanteil wird in der Epiphyse bzw. Zirbeldrüse des Gehirns, unter starker tagesrhythmischer Einflussnahme des SCN, hergestellt. Des Weiteren wird Melatonin jedoch auch in größeren Mengen in der Magenschleimhaut produziert (Schomerus und Korf 2005). Die Produktion von Melatonin in der Zirbeldrüse ist durch den Einfluss des SCN stark lichtabhängig, wohingegen die Produktion in der Magenschleimhaut

hauptsächlich durch die Nahrungsaufnahme reguliert wird (Zagajewski et al. 2012; Zagajewski et al. 2021).

Das stimmungsfördernde Ausgangshormon Serotonin, aus dem Melatonin resultiert, wird größtenteils in den enterochromaffinen Zellen der Dünndarmschleimhaut in Abhängigkeit von der Aminosäure L-Tryptophan produziert. Die Serotonin-Konzentration im Tagesverlauf ist folglich von der Aminosäureaufnahme abhängig und hat einen Einfluss auf die Melatoninsynthese. Serotonin ist wie Melatonin ein Neurotransmitter. Neurotransmitter gelten als erregende, sich schnell abbauende Substanzen im ZNS, welche die Kommunikation zwischen Neuronen begünstigen (Fernandez et al. 2020). Im Besonderen begünstigt Melatonin die Aktivität des parasympathischen Nervensystems (Parasympathikus) bzw. stimuliert den Nervus Vagus. Daneben wird durch Melatonin eine Herabsetzung der Körperkerntemperatur über den Hypothalamus angeregt. (Miranda-Riestra et al. 2022)

2.2 Schlaf-Wach-Rhythmus

Die in Kapitel 3.1 erwähnten chronobiologischen Aspekte des zirkadianen Rhythmus im SCN und den POZ stehen in direktem Zusammenhang mit dem menschlichen Schlaf-Wach-Rhythmus (Sun und Chen 2022; Steele et al. 2021). Allgemein wird davon ausgegangen, dass die Neigung zu Wach- und Schlafphasen durch die kontinuierliche Interaktion von zwei wesentlichen oszillatorischen Prozessen reguliert wird. Dazu gehört zum einen der zirkadiane Rhythmus und zum anderen die Schlafhomöostase. Eine gesunde Interaktion verläuft bestenfalls synchron, da Störungen der Synchronität zu Aufmerksamkeits- und Schlafstörungen führen können (Borbély 2022).

Für die rhythmische Synchronisation übertragen der Nucleus dorsomedialis hypothalami und Neuroblasten den zirkadianen Rhythmus über Efferenzen auf Regionen des Gehirns, welche den Schlaf determinieren. Dazu zählen die ventrolaterale präoptischen Gegend sowie das Zwischen- und basale Vorderhirn. Darüber hinaus werden andere Gehirnstrukturen und auch Organsysteme reguliert, welche passiv durch die Beeinflussung (neuro)endokriner Rhythmen die Synthese von stimulierenden Wachstumshormonen und Cortisol den Wachzustand determinieren (Cajochen 2020). Durch die Synchronisation mit dem zirkadianen Rhythmus können nicht nur der Schlafzeitpunkt, sondern auch die Schlafphase (vgl. Kap. 2.2.1), die

Schlafqualität und -dauer (vgl. Kap. 2.2.2) beeinflusst werden (Archer et al. 2010; Sun und Chen 2022).

2.2.1 Schlafphasen

Der Schlaf eines Menschen ist allgemein definiert als reversible natürliche Kondition, in welcher der Mensch ein reduziertes Bewusstsein für Veränderungen seiner Umwelteinflüsse und eine Abnahme motorischer Handlungen zeigt. Dieser der Regeneration dienende Verfassungszustand wird im Gehirn durch eine Unterdrückung von Wachheitshormonen wie Cortisol, Serotonin, Ghrelin, Adrenalin und Noradrenalin sowie der verstärkten Synthese von Schlafhormonen wie Melatonin, Somatropin und Leptin herbeigeführt. (Peter et al. 2020)

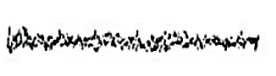
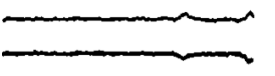

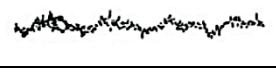

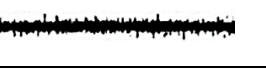
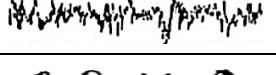
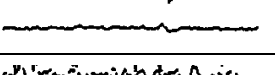
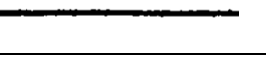

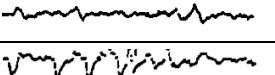
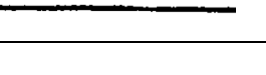
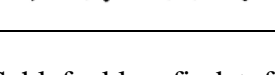
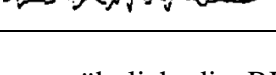
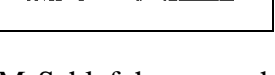
Schlafforscher konnten bisher mithilfe der Schlaf-Elektroenzephalografie (kurz EEG) zwei relevante Schlafphasen in der Schlafarchitektur des Menschen gegeneinander abgrenzen. Die erste Phase wird als NREM-Schlaf (engl. Non-Rapid-Eye-Movement) oder auch orthodoxer Schlaf bezeichnet. Charakteristisch für den NREM-Schlaf sind langsame Augenbewegungen. Demgegenüber steht die zweite Phase des paradoxen REM-Schlafes (engl. Rapid-Eye-Movement) mit schnellen Augenbewegungen. Beide zusammen decken das gesamte Kontinuum vom Wachzustand bis zum Tiefschlaf ab. (Fultz et al. 2019)

Der NREM-Schlaf stellt immer den Beginn eines ca. 90-minütigen Schlafzyklus dar. Der Parasympathikus wird zunehmend aktiv, der Körper beruhigt sich und das Tagesbewusstsein ist ausgeschaltet. Der Herzschlag, der Blutdruck, die Atemfrequenz und die Körpertemperatur werden auf ein Minimum herabgesetzt, angesammelte Stoffwechselprodukte werden abgebaut, Substratreserven aufgefüllt und Gewebe erneuert. (Becker-Carus 2022)

Im Verlauf des NREM-Schlafes kann die Schlaftiefe anhand der EEG-Amplitude und Frequenz analysiert werden. Die neuste Terminologie von der American Academy of Sleep Medicine (AASM) teilt den NREM-Schlaf (kurz N) in drei Stadien ein. Nach der AASM startet der NREM-Schlaf mit dem Stadium N1, welches als Einschlafstadium gilt. Daraufhin folgt das Stadium N2 des stabilen Schlafes. Den Schluss des NREM-Schlafes stellt das Stadium N3, auch Tiefschlaf (engl. Slow-Wave-Sleep, SWS) genannt dar. Im Verlauf einer Nacht treten alle drei Stadien mehrmals auf, wobei mit fortschreitender Schlafdauer die N1 im Schlafzyklus an Länge gewinnt und der Tiefschlaf N3 an Länge verliert (Berry et al. 2012)

Die EEG-Muster und damit die neuronalen Aktivitäten des NREM-Schlafs sind anfangs eher einheitlich hochfrequent, mit niedriger Amplitude. Typisch sind sogenannte Schlafspindeln (vgl. Tabelle 1, N1). Je tiefer der Schlaf, desto dominanter werden Deltawellen mit höherer Spannung und geringerer Frequenz im EEG-Muster, auch als K-Komplexe bezeichnet (vgl. Tabelle 1, N2 und N3). Die Augenbewegungen werden kontinuierlich stärker. Der Muskeltonus wird kontinuierlich herabgesetzt. (Carskadon und Dement 2011)

Tabelle 1 Neuronale Aktivität, Augenbewegung und Muskeltonus im Schlafzyklus (Hannemann 2018)

Zustand	Neuronale Aktivität	Augenbewegung	Muskeltonus
Wach			
N 1			
N 2			
N 3			
REM			

Am Ende eines Schlafzyklus findet für gewöhnlich die REM-Schlafphase, auch Traumschlafphase genannt, statt. Hauptaufgabe der REM-Schlafphase ist laut aktuellem Stand die Konsolidierung von Gedächtnisinhalten. Physiologisch nehmen die Herzkreislaufparameter wieder zu und das EEG-Muster wird hochfrequenter. Trotz schneller und kontinuierlich vorhandener Augenbewegungen erreicht die Muskelaktivität des Körpers durch eine Blockierung von Hirnstammmechanismen seinen tiefsten Punkt (Muskelatonie). Im Verlauf einer Nacht tritt die REM-Schlafphase genauso wie die NREM mehrmals auf, wobei mit fortschreitender Schlafdauer die REM-Schlafphase an Länge gewinnt. Die Divergenz zum NREM-Schlaf zeigt sich besonders in der dynamischen, kognitiven Aktivität des REM-Schlafs. Für gewöhnlich besitzt der NREM-Schlaf nur eine marginale, in Segmenten auftretende kognitive Aktivität. Die Aktivität des REM-Schlafes ähnelt dagegen dem des Wachzustandes. (Peter et al. 2020; Carskadon und Dement 2011)

Der Tiefschlaf N3 und REM-Schlaf besitzen in Schlafzyklus einen primären gesundheitlichen Präventionsfaktor. Insbesondere schlafbeeinflussende psychische Erkrankungen und die Abnahme verschiedener Immunparameter werden mit

Störungen des REM-Schlafs und des Tiefschlafs in Verbindung gebracht (Leary et al. 2020; Doerr et al. 2010; Besedovsky et al. 2019). Die mit dem Schlaf-Wach-Rhythmus verbundenen Körperfunktions- und Verhaltensregulierungen zählen daher zu den wichtigsten zirkadianen Rhythmen für die Gesundheit des Menschen (Hastings et al. 2003; Roenneberg und Merrow 2016).

2.2.2 Schlafqualität und -dauer

Der Schlaf lässt sich anhand mehrerer Aspekte analysieren. Im Grunde gibt es zwei Analyseverfahren. Erstens die quantitative Analyse anhand von EEG-Mustern, Bio-Markern und der Leistungsfähigkeit. Zweitens die qualitative Analyse anhand einer subjektiven Einschätzung. Beide Analyseverfahren haben zudem unterschiedliche Dimensionen, die zu einem charakteristisch guten Schlaf führen können (Luecken und Gallo 2008). Die zwei Dimensionen Schlafqualität und -dauer gehören neben der Kontinuität, dem Zeitpunkt und der Wachsamkeit/Schläfrigkeit zu den fünf Dimensionen des Schlafes, welche aufgrund der aktuellen Forschung die gewichtigsten Determinanten eines gesunden Schlafes sind (Buysse 2014).

Beide haben eine unterschiedliche Bedeutung, stehen jedoch in enger Korrelation zueinander. Die Schlafdauer ist definiert als die Menge der Zeit, welche pro Schlafperiode / pro Tag in einer der beiden Schlafphasen verbracht wird. Dementsprechend kann die Zeit, welche wir im Bett verbringen, von der Schlafdauer abweichen. Die Schlafqualität dagegen beschreibt wie subjektiv erholend, regenerativ oder zufriedenstellend die im Schlaf verbrachte Zeit für den Menschen ist. (Reed und Sacco 2016; Yilmaz et al. 2017)

Die Schlafdauer lässt sich objektiv anhand der bereits erwähnten spezifischen EEG-Muster während des Schlafes feststellen. Eine leichter anwendbare Messmethode ist das Schlaftagebuch oder der Schlafragebogen (Mallinson et al. 2019). Empfohlen wird eine Dauer von acht bis zehn Stunden Schlaf für Teenager, sieben bis neun Stunden für junge Erwachsene und Erwachsene und sieben bis acht Stunden für ältere Erwachsene (Hirshkowitz et al. 2015). Anhand der EEG-Muster lassen sich auch die, laut aktuellem Stand, bedeutsamsten Tiefschlaf- und REM-Schlafphasen erkennen (vgl. Kap. 3.3).

Die EEG-Messwerte können bei der Schlafqualität jedoch nur einen zusätzlichen Referenzpunkt darstellen. Grundsätzlich ist die Schlafqualität ein komplexes Merkmal des Schlafes, welches sich schwierig in einem einzelnen Wert beurteilen lässt. Die

subjektive Einschätzung der Schlafqualität durch Fragebögen hat sich allerdings als bewährte Dimension der Selbsteinschätzung etabliert (Barrea et al. 2023). Sie wird als positiv bewertet, wenn sich die befragten Personen am darauffolgenden Tag ausgeschlafen, erholt und vital fühlen. (Harvey et al. 2008; Barbato 2021)

2.2.3 Modernes Problem

Naturgemäß ist die tagesrhythmische Umstellung zwischen der Schlaf- und Wachphase eines Menschen an den Sonnenzyklus angepasst (NHLBI 2022). Dieser natürliche Schlaf-Wach-Rhythmus ist jedoch, mitunter seit der Erfindung der Glühbirne, bei vielen Menschen durch exogene Faktoren gestört (Franzago et al. 2023). Die Nutzung von elektronischen Geräten vor der Schlafenszeit, Lärm, psychischer Stress, Ängste, sportliche Aktivität und die Einnahme von Stimulanzien sind dazu noch einige weitere Beispiele für die vielen verschiedenen Lebensstilfaktoren, welche die Schlafqualität beeinträchtigen können (Solis-Navarro et al. 2023; Sejbuk et al. 2022; Billings et al. 2020; RKI 2022). Ein Lebensstil gegen die innere Uhr, wie er in der Nacht- bzw. Schichtarbeit vorherrscht, gilt mittlerweile als gesundheitsschädlicher bis hin zu karzinogener Faktor, welcher die Schlafqualität negativ beeinflusst (Straif et al. 2007; Kecklund und Axelsson 2016; Deng et al. 2018; Boivin et al. 2022).

Eine freie Entscheidung zu diesem synchronen Lebensstil besteht jedoch meist nicht. Gezwungen durch vorgegebene Arbeits- oder Schulzeiten ist der Tag vieler Menschen streng getaktet und bietet wenig Möglichkeiten für zwischenzeitliche wirkungsvolle Pausen. Erwachsene Menschen haben sich daher im Gegensatz zu Säuglingen und Kleinkindern einen biphasischen Schlafrythmus angeeignet. Die omnipräsente Erwartung stetig effizient zu arbeiten und zu lernen, schreibt dem Menschen, gepaart mit den wirtschaftlich idealen Arbeitszeiten, einen Rhythmus vor, der ohne Zustimmung akzeptiert werden muss. Sich gegen dieses Dogma zu stellen, gilt als unnatürlich und verwerflich. Dabei kann es durchaus vorkommen, dass dieser künstliche Rhythmus nicht dem natürlichen Rhythmus entspricht. (Wieden 2016)

Ob nun durch hohe Karriereziele, soziale Aktivitäten, Überarbeitung, der Betreuung von Kindern und Hilfsbedürftigen oder der permanente Zugang zu hochkalorischen Lebensmitteln, es gibt viele Gründe, die einen Menschen dazu drängen, zu ungewöhnlichen Zeiten zu arbeiten, zu schlafen und zu essen. Die veränderte Regelmäßigkeit und/oder Uhrzeit von externen Stimuli aus den gewollten oder

ungewollten Umweltfaktoren kann den endogenen zirkadianen Rhythmus temporär modulieren. Gesetz dem Fall werden diese externen Stimuli als Zeitgeber bezeichnet.

Wie schon in Kapitel 2.1.3 und 2.1.4 beschrieben, sind die relevantesten Zeitgeber des zirkadianen Rhythmus der Zeitpunkt und die Dauer der Lichtaufnahme sowie der Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme. Wobei der SCN primär durch die Lichtaufnahme und die POZ primär durch die Nahrungsaufnahme reguliert werden.

Wird die reguläre Uhrzeit des Zeitgebers Nahrungsaufnahme in die dunkle Tageszeit bzw. Nacht verschoben oder entfällt dieser gänzlich, kann dies zu einer Entkopplung der Synchronität zwischen SCN und POZ führen. Laut Billings et al. (2020) ist die desynchronisierende Nahrungsaufnahme, wie das Auslassen des Frühstücks oder späte Mahlzeiten, insbesondere aus der Urbanisierung und den damit verbundenen Umweltfaktoren resultiert. Die Unterbrechung des Gleichgewichts der beiden inneren Uhren durch äußere Einflüsse wird als Chrono-Störung oder Chrono-Disruption bezeichnet. (Klösch 2020)

Eine Chrono-Störung kann zu einer Deregulation der Genexpression und damit zu einer Dysfunktion bzw. negativen Beeinflussung der metabolischen und hormonellen Prozesse führen. Betroffen sind auch die Melatonin- und Cortisolsynthese, welche essentiell für die Einschlaf- und Durchschlaffähigkeit und somit auch die NREM und REM-Schlafphase sind (Pot 2018). Erste Symptome wie Müdigkeit, Schlaflosigkeit, depressive Zustände, Aktivitätsverlust und Appetitlosigkeit können sich bemerkbar machen. Häufen sich diese Symptome, wird eine Schlafstörung diagnostiziert.

2.3 Chrono-Nutrition

Bezogen auf das in 2.2.3 erwähnte Schlafproblem können ernährungswissenschaftlich zwei verschiedene Forschungsgebiete und damit Einflussfaktoren unterschieden werden. So zeigen sich erstens signifikante Veränderungen der Schlafqualität durch die Zusammensetzung der Mahlzeiten (Scott und Rodríguez 2023). Insbesondere die Aufnahme von verschiedenen Makro- und Mikronährstoffen, beispielsweise eine hohe Aufnahme von Kohlehydraten oder L-Tryptophan-haltigen Proteinen gilt seit mehreren Jahren als bewiesen (Binks et al. 2020; Doherty et al. 2019; Grandner et al. 2013; Zhao et al. 2020; St-Onge et al. 2016b).

Zweitens gibt es das Forschungsgebiet Chrono-Nutrition. Der multidisziplinäre Ernährungsansatz der Chrono-Nutrition, als Kernforschungsgebiet dieser Ausarbeitung, konzentriert sich vollkommen auf den zeitlichen Einfluss der

Nahrungsmittelaufnahme. Die Forscher der Chrono-Nutrition setzten die Vermutung voraus, dass unser moderner Lebens- und Ernährungsstil, inklusive exzessiver Kalorienaufnahme, unregelmäßiger Mahlzeiten und Schichtarbeit zu einer Asynchronität der zirkadianen Rhythmen physiologischer Prozesse führt (vgl. 2.2.3) (Franzago et al. 2023). So soll eine Anpassung der Lebens- und Essgewohnheiten an den zirkadianen Rhythmus des Sonnenlichts zu einer Verbesserung der Schlaf- und Lebensqualität führen (Zarrinpar et al. 2016).

Der international anerkannte Bereich der Chrono-Nutrition unterscheidet dabei die drei Faktoren der Regelmäßigkeit, Frequenz und Uhrzeit der Mahlzeiten. Es ist jedoch auch eine isolierte Betrachtungsweise einer oder mehrerer Faktoren möglich (Pot et al. 2016). Eine Methode der Chrono-Nutrition, um die Faktoren der Regelmäßigkeit und Uhrzeit zu regulieren, ist das intermittierende Fasten. Zu den am häufigsten angewandten Ansätzen bzw. Ernährungsmustern des intermittierenden Fastens gehört das zeitlich begrenzte Essen (engl. time-restricted eating (TRE)). Dabei wird während einer bestimmten Periode des Tages (beispielsweise 16 Stunden von 18:00 Uhr abends bis 10:00 Uhr morgens) auf Nahrung verzichtet. Die restliche Zeit des Tages darf ad libitum gegessen werden. Die Nahrungsqualität oder -quantität ist dabei nur ein sekundärer Bestandteil der Untersuchungen. Alle TRE-Ansätze vereint das Merkmal der sich wiederholenden Regelmäßigkeit. (Vasim et al. 2022)

Bezogen auf die Uhrzeit und die Regelmäßigkeit ist der Einfluss der Chrono-Nutrition in der Gesundheitswissenschaft stark umstritten. So zeigen mehrere aktuelle Studien, dass der Zeitpunkt und die Regelmäßigkeit der Mahlzeiten einen Einfluss auf die Schlafqualität haben kann (Binks et al. 2020; Doherty et al. 2019; Grandner et al. 2013; St-Onge et al. 2016b; Crispim et al. 2011). Andererseits zeigen fünf neue Studien, dass das intermittierende Fasten keinen signifikanten Einfluss auf die Schlafqualität von übergewichtigen Menschen mit Schlafproblemen besitzt (McStay et al. 2021; Kalam et al. 2021; Ezpeleta et al. 2023; Cienfuegos et al. 2022; Gabel et al. 2019).

Basierend auf den Forschungsergebnissen der letzten elf Jahre kann bei der Betrachtung der zugrundeliegenden Mechanismen gezeigt werden, dass die spezifischen Uhrengene (PER1-2, CLK, BMAL-1, CRY1-2) einen eindeutigen Einfluss auf den Nahrungs- und Energiestoffwechsel haben (Basse et al. 2023; Bass 2012). Sowohl die Nahrungsaufnahme als auch die Digestion können vor diesem Hintergrund Einfluss auf den zirkadianen Rhythmus nehmen, als auch davon

beeinflusst werden (Tahara und Shibata 2013; Tahara et al. 2021; Oike et al. 2014; Yasumoto et al. 2016).

2.3.1 Forschungslücke

Die Anzahl der Studien, welche eine Chrono-Störung im Bezug auf die Schlafqualität untersuchen, hat in den letzten Jahren, aufgrund höherer Fallzahlen und vermehrter Schichtarbeit stark zugenommen (Pattnaik et al. 2022). Die aktuelle Evidenz zu den Wechselwirkungen zwischen dem Metabolismus bzw. dem endokrinen System und dem Schlaf-Wach-Rhythmus stellt zudem eine immer eindeutigere, enge Verkettung der Systeme dar (Franzago et al. 2023).

Nur wenige der eben erwähnten Studien haben jedoch versucht die Ernährung bezogen auf den Tagesanfang bzw. Tagesrhythmus zu beurteilen (Hutchison et al. 2019; Franzago et al. 2023). Darüber hinaus gibt es zurzeit noch keine Untersuchung, welche die Schlafqualität von gesunden Erwachsenen und deren tagesrhythmischen Ernährungszeitpunkten im Bezug auf den Sonnenaufgang und -untergang bewertet.

2.3.2 Ziel und Forschungsfragen

In Anbetracht der zuvor erwähnten steigenden Anzahl von Menschen mit Schlafproblemen, dem innovativen Forschungsgebiet der Chronologie und der uneinheitlichen Evidenz zum Einfluss auf die Schlafqualität sowie -dauer gibt es ein hohes Forschungsinteresse. Die Auswirkungen des Ernährungsverhaltens auf verschiedene biochemische Parameter bekommen infolgedessen eine zunehmende Aufmerksamkeit. (Franzago et al. 2023; McStay et al. 2021; Sejbuk et al. 2022; Pot 2018; Cienfuegos et al. 2022).

Diese Masterthesis konzentriert sich auf das Ziel, die Evidenz der Auswirkungen der Chrono-Nutrition auf den zirkadianen Rhythmus und damit den Schlaf-Wach-Rhythmus zu erweitern. Es soll das Ergebnis der selbst durchgeführten empirischen Studie in Relation zum theoretischen Hintergrund und vorangegangenen Studienergebnissen diskutiert und der gesundheitliche Einfluss einer Chrono-Nutrition hinterfragt werden. Darüber hinaus sollen potenzielle Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen einer verschobenen Ernährungsgewohnheit und verminderter Schlafqualität bzw. -dauer identifiziert werden. Als Resultat sollen Anregungen für mögliche Strategien und Interventionen zur Förderung der Schlafqualität und -dauer beschrieben werden.

Anhand der Ergebnisse soll gezeigt werden, welche Wirkung die Essgewohnheiten auf den Schlaf haben und die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden. Die primären Forschungsfragen sind (1) „Welchen Effekt besitzt die Uhrzeit der Nahrungsaufnahme, relativ zur Aufsteh- und Schlafenszeit, auf die Schlafqualität oder -dauer?“ und (2) „Welchen Effekt besitzt die Regelmäßigkeit der Nahrungsaufnahme auf die Schlafqualität?“. Die sekundäre Forschungsfrage ist (3) „Welchen Effekt besitzt die tagesrhythmische Uhrzeit (ohne Bezug auf die persönliche Aufsteh- und Schlafenszeit) der ersten oder letzten Mahlzeit auf die Schlafqualität?“.

3 Methodisches Vorgehen

Das folgende Kapitel erläutert das methodische Vorgehen zur Erweiterung der zuvor behandelten Evidenz zwischen der Chrono-Nutrition und der Schlafqualität bzw. -dauer. Zur Überprüfbarkeit der wissenschaftlichen Qualitätskriterien und Transparenz dieser Arbeit werden die nachfolgenden Methodikunterpunkte detailliert beschrieben.

3.1 Forschungsdesign

Um die Effekte der Ernährungsgewohnheiten auf die Schlafqualität und -dauer zu analysieren, wird die Methodik der quantitativen empirischen Feldforschung verwendet. Die zu untersuchenden Daten werden zum ersten Mal analysiert. Es handelt sich folglich um eine Primärdatenanalyse.

Die TN werden in einer Online-Umfrage zwei erkennbar abgetrennte Fragebögen mit insgesamt 40 Fragen (47 inkl. soziodemographischer Fragen) beantworten. Für den ersten Fragebogen ist der quantitative Chrono-Nutrition Questionnaire (CNQ) erstellt worden, um die Ernährungsgewohnheiten und die Schlafdauer zu evaluieren (vgl. Anhang 3). Der darauffolgende zweite Fragebogen besteht aus der Selbsteinschätzungsskala der Sleep Quality Scale (SQS). Die SQS erfasst die subjektive Schlafqualität und wurde auf deutsch übersetzt, da die Befragung in Deutschland stattfindet (Yi et al. 2006) (vgl. Anhang 4). Die deutsche Übersetzung des SQS wurde unabhängig voneinander durch einen weiblichen Laien und einem männlichen Professor der HSRW auf Verständlichkeit überprüft. Das Ende bilden sieben Items zum sozioökonomischen Hintergrund. Es werden das Geschlecht, das Alter in Jahren, die Körpergröße in cm, das Gewicht in kg, der höchste Bildungsabschluss, die berufliche Situation sowie der Wohnort abgefragt (vgl. Anhang 2).

Neben offenen Fragen gibt es zwei verschiedene Antwortskalen im CNQ und der SQS. Der CNQ besitzt eine vierstufige metrische Zeitraumskala (1 = 1 Std., 2 = 2 Std., 3 = 3 Std., 4 = über 3 Std.) und eine vierstufige Likert-typische Häufigkeitsskala (1 = Selten, 2 = Manchmal, 3 = Häufig, 4 = Fast immer). Die SQS enthält ausschließlich die Häufigkeitsskala. Die Antwortmöglichkeiten der Häufigkeitsskala wurden zum besseren Verständnis und der Trennschärfe näher definiert (Selten = Gar nicht oder 1- bis 3-mal pro Monat, Manchmal = 1- bis 2-mal pro Woche, Häufig = 3-

bis 5-mal pro Woche, Fast immer = 6- bis 7-mal pro Woche). Zur einfacheren Umstellung zwischen den beiden Fragebögen wurde dieselbe Häufigkeitsskala verwendet. Die Fragen stellen sich wie folgt zusammen.

3.1.1 Chrono-Nutrition Questionnaire (CNQ)

Der CNQ stellt Fragen zu den Ernährungsgewohnheiten im Tagesablauf sowie dem selbst festgelegten Schlaf-Wach-Rhythmus in den letzten 30 Tagen. Der CNQ wurde aufbauend auf den Ergebnissen aktueller Studien erstellt und versucht sowohl die Uhrzeit als auch die Regelmäßigkeit der Gewohnheiten zu erfassen. Die Bearbeitungszeit beträgt ungefähr drei Minuten. Der CNQ besteht aus vier Dimensionen und zwölf Items.

1. Dimension „Morgens“ (Item 1 bis 5): Die erste Dimension sammelt Informationen über die Gewohnheiten zum Tagestart. Sie besteht aus fünf Items. Es wird die typische Aufstehzeit und -regelmäßigkeit abgefragt, um darauf aufbauend die zeitliche Verschiebung des Frühstücks zu ermitteln. Das Ziel der fünf Items ist es, mit Bezug auf die Aufstehzeit herauszufinden, ob die Frühstückszeit zum tagesstypischen Rhythmus passt. Nach der ersten offenen Angabe der Aufstehzeit (vorgegebenes Format 00:00 Uhr) werden die Items 2, 3 und 4 mit der Zeitraumskala und das Item 5 mit der Häufigkeitsskala beantwortet.

2. Dimension „Mittags“ (Item 6): Die zweite Dimension besteht aus einem Item und behandelt die Tagesmitte. Item 6 wird mit der Häufigkeitsskala beantwortet. Ziel ist es, die Regelmäßigkeit einer großen Mahlzeit zur Mittagszeit zu ermitteln. Eine regelmäßige große Mahlzeit zur Mittagszeit soll dabei einerseits ein Indikator für die Gesamtregelmäßigkeit der Nahrungsaufnahme sein. Andererseits soll das Item 6 darstellen, wie die Kalorienzufuhr im Tagesverlauf verteilt ist. Eine seltene große Mahlzeit zur Mittagszeit könnte dahingehend ein Indikator für eine hohe Kalorienzufuhr am Abend sein.

3. Dimension „Abends“ (Item 7 bis 11): Die dritte Dimension bezieht sich auf das Ende des Tages. Mithilfe von Item 7 und 8 wird die typische Schlafenszeit und Regelmäßigkeit erfragt. Item 9, 10 und 11 erfragen den zeitlichen Abstand und die Regelmäßigkeit des Abendessens zur Schlafenszeit.

Nach der ersten offenen Angabe der Schlafenszeit (vorgegebenes Format 00:00 Uhr) werden die Items 8, 9 und 10 mit der Zeitraumskala und das Item 11 mit der Häufigkeitsskala beantwortet.

4. Dimension „Suggestion“ (Item 12): Die vierte Dimension stellt das Item 12 und damit die subjektive Einschätzung zum Einfluss der Mahlzeiten auf den Schlaf dar. Sie wird mit der Häufigkeitsskala beantwortet. Das Item 12 soll das psychologische Phänomen der selbsterfüllenden Prophezeiung (engl. self-fulfilling prophecy) darstellen. Bei der selbsterfüllenden Prophezeiung führt die Erwartungshaltung des Individuums dazu, dass die Erwartung positiv beeinflusst wird. So kann beispielweise die subjektive Meinung zum Einfluss der Mahlzeiten das Verhalten und Erleben des Individuums beeinflussen (Merton 1948).

3.1.2 Sleep Quality Scale (SQS)

Der SQS besteht aus 28 Items und bewertet sechs Dimensionen der subjektiven Schlafqualität (Symptome am Tag (12 Items), Erholung nach dem Schlaf (4 Items), Probleme beim Einschlafen (4 Items) sowie Durchschlafen (2 Items), Schwierigkeiten beim Aufstehen (2 Items) und Zufriedenheit mit dem Schlaf (4 Items)). Die Bearbeitungszeit beträgt ungefähr fünf bis zehn Minuten. Die interne Konsistenz der 28 Items liegt bei 0,92. Die Test-Retest-Reliabilität des Fragebogens beträgt 0,81. Eine hohe Konstruktvalidität ist dadurch gegeben, dass Menschen mit diagnostizierter Schlafstörung bei dem SQS eine signifikant höhere Gesamtpunktzahl erzielt haben als Menschen ohne Schlafstörung. Zudem wurde eine starke Korrelation der SQS zum Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) festgestellt (Yi et al. 2006). Die Skala ist valide für eine Population zwischen 18 und 59 Jahre. Zur Bewertung der Gesamtpunktzahl bzw. des Summen-Scores der SQS (kurz SQSS) werden die acht Items 2, 8, 9, 13, 16, 18, 20 und 27, die sich auf die Dimensionen "Erholung nach dem Schlaf" und "Zufriedenheit mit dem Schlaf" beziehen, aufgrund einer positiv formulierten Aussage, mit umgekehrten Werten bewertet. Es kann eine Gesamtpunktzahl von 0 bis 84 Punkten erreicht werden. Eine hohe Gesamtpunktzahl wird mit Schlafproblemen assoziiert (Shahid et al. 2012). Zur besseren Veranschaulichung und Berichterstattung über die Schlafqualität wird die bereits von John et al. (2022) ausgearbeitete Einteilung der Gesamtpunktzahl in leichte (Werte von 0 bis 28), mittelschwere (Werte von 29 bis 56) und schwere (Werte von 57 bis 84) Schlafqualitätsprobleme übernommen.

3.1.3 Hypothesen

Die Analyse des Zusammenhanges erfolgt anhand der Korrelation zwischen den einzelnen CNQ-Items sowie den Merkmalen des soziodemographischen Hintergrundes und dem Schlafqualitätsscore des SQS. Anhand der Ergebnisse des

Korrelationstests sollen die folgenden fünf Hypothesen bestätigt oder widerlegt werden.

Hypothese 1: Eine frühe Uhrzeit des Frühstücks und Abendessens, relativ zur Aufsteh- und Schlafenszeit hat einen positiven Effekt auf die Schlafqualität.

Hypothese 2: Eine frühe Uhrzeit des Frühstücks und Abendessens, relativ zur Aufsteh- und Schlafenszeit hat einen positiven Effekt auf die Schlafdauer.

Hypothese 3: Die regelmäßige Einnahme der drei Hauptmahlzeiten hat einen positiven Effekt auf die Schlafqualität.

Hypothese 4: Ein Frühstück innerhalb der ersten Stunde nach dem Aufstehen hat einen positiven Effekt auf die Schlafqualität.

Hypothese 5: Eine Mahlzeit innerhalb der letzten Stunde vor der Schlafenszeit hat einen negativen Effekt auf die Schlafqualität.

Die Ergebnisse werden auf Grundlage der zuvor behandelten Theorie und anderen verfügbaren Studien zum Thema kritisch reflektiert. Als Quelle der Literatur dienen dabei alle relevanten, qualitativ hochwertigen Studien aus der Datenbank PubMed Central sowie Bücher und Artikel aus der Bibliothek der HSRW.

3.2 Stichprobe

Die Einschlusskriterien für die Teilnahme an der Online-Umfrage sind die Folgenden. Die Stichprobe der durchzuführenden Online-Umfrage darf ausschließlich aus gesunden Erwachsenen zwischen 18 und 59 Jahren bestehen. Weitere Voraussetzungen sind ein Wohnort innerhalb Deutschlands und die Fähigkeit, die deutsche Sprache verstehen zu können. Es werden Menschen mit einem weiblichen, männlichen als auch diversen biologischen Geschlecht zugelassen. Die TN müssen vor Beginn der Online-Umfrage ihr digitales Einverständnis zur Nutzung der angegebenen Daten geben. Die Durchführung der Online-Umfrage setzt voraus, dass die TN einen Zugang zu einem Smartphone, Tablet oder Desktop-PC haben.

Die Ausschlusskriterien für die Teilnahme an der Online-Umfrage sind die Folgenden. An dieser Umfrage dürfen keine Personen teilnehmen, welche in betrieblich bedingten Nachtschichten arbeiten müssen, schlaffördernde Medikamente einnehmen oder eine diagnostizierte Schlafstörung besitzen. Falls eines der Ausschlusskriterien zutrifft, werden die TN im Einleitungsteil der Umfrage gebeten nicht an der Studie teilzunehmen. Eine Kontrolle der Ausschlusskriterien findet nicht statt.

3.3 Datenerhebung

Vor der eigentlichen Erhebung wurde ein Pre-Test aller Fragen und Antwortmöglichkeiten der Online-Umfrage durch zwei Masterabsolventen der Gesundheitswissenschaften von der HSRW durchgeführt. Für die Datenerhebung wird ein Zeitraum von einer Woche im August 2023 angesetzt. Um ein reliables Ergebnis der empirischen Studie zu erzielen und eine Signifikanzanalyse anwenden zu können, wird eine Mindestanzahl von 200 TN angestrebt.

Die Studie wurde als anonyme Umfrage durchgeführt. Es werden keine Identifikationsdaten erfragt. Am Ende der Umfrage wird jedoch allen TN die Möglichkeit gegeben, sich ihren erreichten Schlafqualitätsindex per E-Mail zuschicken zu lassen. Den TN wird für eine vollständige Beantwortung der Online-Umfrage eine Spende in Höhe von 50 Cent pro Teilnahme an eine wohltätige Organisation versprochen. Mehrfachteilnahmen werden durch eine IP-Adressen-Analyse der Website Empirio.de blockiert. Die TN werden vor der Beantwortung des Fragebogens darüber informiert, dass der Einfluss der Ernährung auf den Schlaf untersucht wird. Eine Verblindung der TN findet dahingehend statt, dass die TN während der Beantwortung der Fragen nicht wissen, welche Hypothesen untersucht werden. Eine Verblindung des Untersuchungsleiters findet nicht statt.

3.3.1 Prozess der Akquisition

Um TN für die Online-Umfrage zu finden, wird ein öffentlich verfügbarer Online-Fragebogen über die Website empirio.de erstellt. Empirio bietet dazu ein digitales Tool zum Erstellen wissenschaftlicher Online-Umfragen. Die Umfrage wird öffentlich und für jeden Interessierten zugänglich gemacht.

Zur Akquisition der TN wird die Online-Umfrage über unterschiedliche Kanäle veröffentlicht. So wird versucht die TN mittels direkter persönlicher Ansprache, einem öffentlichen Hyperlink zu einer Online-Umfrage auf den Plattformen www.empirio.de und www.surveycircle.com, durch einen digitalen Aushang mittels WhatsApp-, Instagram- und Facebook-Story sowie einem LinkedIn Post zu finden. Es handelt sich demzufolge um eine willkürliche Stichprobe.

3.4 Prozess der Operationalisierung

Die Vergleichbarkeit der Datenergebnisse wird nachfolgend durch die Definition und die Operationalisierung der in den Hypothesen vorherrschenden Variablen konstruiert.

Die Variable „Schlafqualität“ der TN ist in allen Hypothesen enthalten und wird im Folgenden anhand des SQSS bewertet. Für die erste und zweite Hypothese werden zudem die beiden Variablen „Zeitabstand Frühstück“ und „Zeitabstand Abendessen invers“ definiert. Die beiden CNQ-Items 3 und 9 bieten hierzu einen konkreten Wert. Damit ein hoher Zeitabstand des Abendessens zur Schlafenszeit ebenfalls als positiv angesehen wird, muss das CNQ-Item 9 invers umcodiert werden. Erst danach wird der Mittelwert aus den beiden Items 3 und 9 berechnet. Die Schlafdauer wird aus den subjektiv eingeschätzten Aufsteh- und Schlafenszeiten aus den CNQ-Items 1 und 7 summiert. Bei den zu analysierenden Zeitwerten für die erste und zweite Hypothese handelt es sich dahingehend um eine subjektive Selbsteinschätzung der letzten 30 Tage. Da die Antwort „über 3 Stunden“ der Zeitraumskala keinen verwertbaren Wert für die Berechnung der Frühstückszeit und Abendmahlzeit darstellt, wurde diese Antwort in den festen Wert 4 umcodiert. Folglich ist der Mittelwert hoch, wenn die beiden Mahlzeiten personenbezogen früh verzehrt werden.

Die Variable „Regelmäßigkeit der drei Hauptmahlzeiten“ in Hypothese 3 setzt sich aus drei Items zusammen. Erstens werden die Werte für die Variablen „Regelmäßigkeit Frühstück“ und „Regelmäßigkeit Abendessen“ aus den Items 4 und 5 eingeschlossen. Dabei gilt der angegebene Wert 1 als positivste und der Wert 4 als negativste Bewertung. Das Item 6 „Regelmäßigkeit Mittagessen“ muss invers umcodiert werden, sodass der Wert 1 „Selten“ als positivster Wert angenommen wird. Der Wert für die Variable „Regelmäßigkeit der drei Hauptmahlzeiten“ in Hypothese 3 ergibt sich folglich aus dem Mittelwert der Items 4, 5 und dem invers codierten Item 6. Ein geringer Mittelwert der neu berechneten Variable stellt folglich eine regelmäßige Einnahme der drei Hauptmahlzeiten dar.

Die vierte Hypothese wird mit der Variable „Frühstück erste Stunde“ anhand der Items 3 und 5 bemessen. Die Variable besitzt den positiven Wert 1 (kein Frühstück), wenn das Item 3 mit „2 Std.“ (2), „3 Std.“ (3) oder „über 3 Std.“ (4) und das Item 5 mit „Selten“ (0) oder „Manchmal“ (1) beantwortet wurde. Der negative Wert 0 (Frühstück) ergibt sich, wenn das Item 3 mit „1 Std.“ (1) und das Item 5 mit „Häufig“ (2) oder „Fast immer“ (3) beantwortet wird. Allen anderen Fällen wird der Wert 2 zugeordnet und aus der Analyse ausgeschlossen. Die fünfte und letzte Hypothese enthält die Variable „Mahlzeit in letzter Stunde“. Der konkrete Wert dieser Variable wird aus der Häufigkeitsskala (0-3) des Items 11 entnommen.

Mithilfe der Kombination aus den beiden CNQ-Items 1 und 7 zur Aufsteh- und Schlafenszeit und den beiden CNQ-Items 3 und 9 zum Zeitabstand des Frühstücks und des Abendessens können darüber hinaus die Variablen der Frühstückszeit und Abendmahlzeit berechnet werden, um näher auf die Forschungsfrage 3 eingehen zu können.

Die Gewichtsklassifikation der Stichprobe in Menschen mit Untergewicht ($\text{BMI} < 18,50\text{kg/m}^2$), Normalgewicht ($\text{BMI} 18,51\text{--}24,99\text{kg/m}^2$), Übergewicht ($\text{BMI} 25,00\text{--}29,99\text{kg/m}^2$) und Adipositas ($\geq 30,00\text{kg/m}^2$) wird anhand der wissenschaftlichen Beurteilungsgrundlage der Deutschen Adipositas Gesellschaft (DAG) festgelegt. Der BMI wird aus dem Quotienten des Körpergewichts und der Körpergröße zum Quadrat (kg/m^2) ermittelt (DAG 2019).

3.5 Validität und Reliabilität

Eine gemessene Validität und Reliabilität für den CQN gibt es aufgrund der erstmaligen Verwendung nicht. Da es sich bei den erfragten Werten jedoch nicht um ein abstraktes, sondern um ein subjektiv messbares Konstrukt handelt, variiert die Reliabilität allein in dem Erinnerungsvermögen der TN.

Der SQS wurde bereits in der internationalen Forschungsliteratur zur Schlafqualität mehrfach validiert (Howell et al. 2008; Chen et al. 2021; Ou und Ma 2023). Der SQS liefert somit Ergebnisse, die eine internationale Vergleichbarkeit zulassen (vgl. 3.1.2).

3.6 Analysemethoden

Um Aussagen über die vier Hypothesen zur Schlafqualität, Schlafdauer und die Ernährungsgewohnheiten der TN treffen zu können, werden die einzelnen Items aus den Fragebögen SQS und CNQ analysiert. Das Empirio-Umfragetool wird dazu die TN-Daten aus der Online-Umfrage automatisch in ein Excel-Arbeitsblatt integrieren. Die Daten der einzelnen Antwortbögen werden dementsprechend nicht vom Versuchsleiter ausgewertet. Zu den Berechnungen der Signifikanzanalysen werden die automatisch transferierten Daten nachfolgend in SPSS übertragen. Es wird die aktuelle Windows-Version 29 von IBM SPSS Statistics verwendet. Als unabhängige Variablen gelten alle Variablen der soziodemographischen Abfrage und des CNQ. Der SQSS und die errechnete Schlafdauer gelten als abhängige Variablen.

Für die Analyse der fünf Hypothesen werden erstens die folgenden fünf Nullhypothesen als Gegenthese zur vermuteten Annahme aufgestellt. Die

Alternativhypothesen repräsentieren hingegen die auf dem theoretischen Hintergrund basierenden Vermutungen dieser Studie. Die Nullhypothesen werden so lange als gegeben gelten, wie die Alternativhypothesen nicht verifiziert werden können. Vorausgesetzt eine statistisch signifikante Korrelation wird jedoch die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothesen angenommen. Ein Signifikanzniveau von unter $\alpha = 0,05$ wird als statistisch signifikant betrachtet.

Die positiven bzw. negativen Effekte innerhalb der unabhängigen TN-Gruppe werden mithilfe von vier rechtsseitigen (Hypothese 1, 2, 3, 4) und einem linksseitigen (Hypothese 5) Hypothesentest ermittelt.

Hypothese 1:

Nullhypothese H_0 : Eine frühe Uhrzeit des Frühstücks und Abendessens, relativ zur Aufsteh- und Schlafenszeit, hat keinen positiven Effekt auf die Schlafqualität.

Alternativhypothese H_1 : Eine frühe Uhrzeit des Frühstücks und Abendessens, relativ zur Aufsteh- und Schlafenszeit, hat einen positiven Effekt auf die Schlafqualität.

Hypothese 2:

Nullhypothese H_0 : Eine frühe Uhrzeit des Frühstücks und Abendessens, relativ zur Aufsteh- und Schlafenszeit, hat keinen positiven Effekt auf die Schlafdauer.

Alternativhypothese H_1 : Eine frühe Uhrzeit des Frühstücks und Abendessens, relativ zur Aufsteh- und Schlafenszeit, hat einen positiven Effekt auf die Schlafdauer.

Hypothese 3:

Nullhypothese H_0 : Die regelmäßige Einnahme der drei Hauptmahlzeiten hat keinen positiven Effekt auf die Schlafqualität.

Alternativhypothese H_1 : Die regelmäßige Einnahme der drei Hauptmahlzeiten hat einen positiven Effekt auf die Schlafqualität.

Hypothese 4:

Nullhypothese H_0 : Ein Frühstück innerhalb der ersten Stunde nach dem Aufstehen hat keinen positiven Effekt auf die Schlafqualität.

Alternativhypothese H_1 : Ein Frühstück innerhalb der ersten Stunde nach dem Aufstehen hat einen positiven Effekt auf die Schlafqualität.

Hypothese 5:

Nullhypothese H_0 : Eine Mahlzeit innerhalb der letzten Stunde vor der Schlafenszeit hat keinen negativen Effekt auf die Schlafqualität.

Alternativhypothese H_1 : Eine Mahlzeit innerhalb der letzten Stunde vor der Schlafenszeit hat einen negativen Effekt auf die Schlafqualität.

3.6.1 Korrelationsanalyse

Alle in den fünf Hypothesen einbezogenen abhängigen Variablen und unabhängigen Variablen weisen mindestens eine ordinale Skalierung vor. Zur Auswertung der, in den Hypothesen aufgestellten, linearen Zusammenhänge wird daher die Rangkorrelationsanalyse nach Spearman angewendet. Diese untersucht den bivariaten Zusammenhang zwischen zwei Variablen. Eine positive, gleichsinnige Kovariation entspricht einem Korrelationskoeffizient r zwischen 0 und 1, eine negative, gegenläufige Kovariation entspricht einem Korrelationskoeffizient r zwischen 0 und -1. In dieser Arbeit werden Werte bis $\pm 0,70$ als mittlere und Werte über $\pm 0,70$ als starke Kovariation angesehen. Die Kovariation wurde als signifikant betrachtet, wenn sich die statistische Signifikanz p unterhalb von $p=0,05$ befindet. Der Korrelationskoeffizient r wird im Folgenden stets mit der statistischen Signifikanz p ergänzt.

Die gemessene Korrelation der Hypothese 1 wird aus dem Mittelwert der beiden unabhängigen Variablen „Zeitabstand Frühstück“ und „Zeitabstand Abendessen invers“ und dem SQSS berechnet. Für die Hypothese 2 wird anstatt des SQSS die Schlafdauer einbezogen. Die Berechnung der Korrelation in Hypothese 3 wird mithilfe der neu berechneten Variable „Regelmäßigkeit der drei Hauptmahlzeiten“ (vgl. 3.4) und dem SQSS durchgeführt. Für Hypothese 5 wird der Wert der Variable „Essen in letzter Stunde“ in Korrelation zum SQSS gesetzt. Für weitere Korrelationsanalysen der anderen Parameter wird ebenfalls die Rangkorrelationsanalyse nach Spearman angewendet.

3.6.2 Nicht-parametrische Analyse

Die nominalen Variablen Geschlecht, Beruf und Wohnort weisen als unabhängige Variablen keine Normalverteilung auf. Die Voraussetzung für einen t-Test sind folglich nicht gegeben. Zur Berechnung einer zentralen Tendenz zwischen den abhängigen, mindestens ordinalskalierten Variablen Schlafqualität sowie -dauer und den nominalen Variablen wird daher der statistische Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben verwendet. Mithilfe der Variable „Frühstück erste Stunde“ findet eine Aufteilung der Stichprobe in zwei Gruppen mit oder ohne Frühstück statt. Nachfolgend wird der Schlafqualitätsunterschied der beiden Gruppen für die Hypothese 4 mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests analysiert.

4 Ergebnisse

Die Querschnittserhebung wurde im Zeitraum vom 07. August 2023 bis zum 14. August 2023 durchgeführt. Die TN haben im Durchschnitt 7 Minuten und 55 Sekunden für die Bearbeitung des Fragebogens benötigt. Insgesamt haben $n = 227$ TN an der Online-Umfrage teilgenommen. Zwei Antwortbögen mussten aufgrund fehlerhafter oder unvollständiger Angaben ausgeschlossen werden, sodass nach Bereinigung des Datensatzes insgesamt 225 Antwortbögen in die Analyse aufgenommen werden konnten. Bei den TN handelt es sich um gesunde, erwachsene Menschen ohne diagnostizierte Schlafstörung. Keiner der TN hat nach eigenen Angaben während des Erhebungszeitpunktes oder in den 30 Tagen zuvor in Nachtschichten gearbeitet.

4.1 Deskriptive Statistik

Das folgende Unterkapitel fasst die soziodemographischen Merkmale, die Ernährungsgewohnheiten, die Aufsteh- und Schlafenszeit sowie die SQS-Eigenschaften der Stichprobe zusammen.

4.1.1 Soziodemographische Merkmale

Nach Bereinigung der Daten entspricht die Stichprobengröße $n = 225$. Von diesen 225 TN sind 60,89 Prozent weiblich und 39,11 Prozent männlich. Annähernd zwei Drittel der Stichprobe waren unter 30 Jahre alt (64,00%), Arbeitnehmerin (64,44%), hatten mindestens einen Hochschulabschluss (65,78%) oder Normalgewicht (69,78%). Etwa die Hälfte der Stichprobe (55,56%) wohnte in einer Großstadt. Eine Übersicht der weiteren Merkmale der Stichprobe ist in Tabelle 2 festgehalten.

Tabelle 2 Übersicht der soziodemographischen Merkmale

	Anzahl	Anteil
Gesamt	225	100%
Geschlecht:		
Männlich	88	39,11 %
Weiblich	137	60,89 %
Altersgruppe:		
18-29 Jahre	144	64,00 %
30-45 Jahre	56	24,89 %
46-59 Jahre	25	11,11 %
BMI-Klassifikation:		
Untergewicht	4	1,78 %
Normalgewicht	157	69,78 %
Übergewicht	51	22,67 %
Adipositas	13	5,78 %
Höchster Bildungsabschluss:		
Hauptschule	3	1,33 %
Realschule	14	6,22 %
Fachabitur	17	7,56 %
Abitur	43	19,11 %
Bachelor	75	33,33 %
Master/Diplom	71	31,56 %
Promotion	2	0,89 %
Berufliche Situation:		
Schüler/Student(in)	61	27,11 %
Arbeitnehmer(in)	145	64,44 %
Selbstständige(r)	10	4,44 %
Hausfrau(-mann)	0	0,00 %
Arbeitssuchende(r)	9	4,00 %
Wohnort		
Land (< 20.000 Einwohner)	60	26,67 %
Kleinstadt (> 20.000 Einwohner)	40	17,78 %
Großstadt (>100.000 Einwohner)	125	55,56 %

4.1.2 Ernährungsgewohnheiten

Die Ernährungsgewohnheiten der TN im Tagesablauf wurden mithilfe des CNQ abgefragt. Das Frühstück wurde von den TN im Durchschnitt mit einer Zeitabstand von $M=2,54 (\pm 1,25)$ Stunden nach der Aufstehzeit verzehrt. Innerhalb der ersten Stunde nach der Aufstehzeit wurde das Frühstück im Durchschnitt annähernd „Manchmal“ ($M=0,92 (\pm 1,13)$) konsumiert. Dabei haben 51,12 Prozent „Selten“, 21,27 Prozent „Manchmal“, 11,58 Prozent „Häufig“ und 16,03 Prozent „Fast immer“ angegeben. Das Frühstück wurde mit einer Regelmäßigkeit von im Durchschnitt $M=1,71 (\pm 0,96)$ Stunden gegessen. Die Aufnahme eines ausgiebigen Mittagessens zur Mittagszeit wurde im Durchschnitt mit „Fast immer“ ($M=2,91 (\pm 0,92)$) angegeben.

Das Abendessen wurde von den TN im Durchschnitt mit einem Zeitabstand von $M=2,91 (\pm 0,92)$ Stunden vor der Schlafenszeit verzehrt. Eine Mahlzeit innerhalb der letzten Stunde vor der Schlafenszeit wurde im Durchschnitt ebenfalls annähernd „Manchmal“ ($M=0,83 (\pm 0,85)$) konsumiert. Dabei haben 40,8 Prozent „Selten“, 42,1 Prozent „Manchmal“, 11,61 Prozent „Häufig“ und 5,70 Prozent „Fast immer“ angegeben. Das Abendessen wurde mit einer Regelmäßigkeit von im Durchschnitt $M=1,90 (\pm 0,80)$ Stunden gegessen. Der Verzehr der drei Hauptmahlzeiten fand in einem Zeitraum von durchschnittlich $M=10,58 (\pm 1,72)$ Stunden statt. Die Spannweite reichte von $MIN=6,00$ Stunden bis $MAX=14,75$ Stunden. Auf die Frage zum subjektiven Zusammenhang (Suggestion) zwischen den Ernährungszeitpunkten und dem Schlaf wurde im Durchschnitt „Selten“ bis „Manchmal“ ($M=0,65 (\pm 0,79)$) geantwortet. Eine Übersicht der weiteren CNQ-Merkmale der Stichprobe ist in Tabelle 3 festgehalten.

Tabelle 3 Übersicht der CNQ-Merkmale

	Aufstehzeit	Schlafenszeit	
	Uhrzeit	Uhrzeit	
Min	04:00	21:00	
Max	11:00	03:00	
Mittelwert	07:22 ($\pm 01:13$)	23:25 ($\pm 00:53$)	
	Regelmäßigkeit in Std.	Regelmäßigkeit in Std.	
Min	1	1	
Max	4	4	
Mittelwert	1,35 ($\pm 0,71$)	1,48 ($\pm 0,65$)	
	Frühstück	Abendessen	Mittagessen
	Zeitabstand	Zeitabstand	
Min	1	1	-
Max	4	4	-
Mittelwert	2,54 Std. ($\pm 1,25$)	2,91 Std. ($\pm 0,92$)	-
	Häufigkeit erste Std.	Häufigkeit letzte Std.	
Min	0	0	-
Max	3	3	-
Mittelwert	0,92 ($\pm 1,13$)	0,83 ($\pm 0,85$)	-
	Regelmäßigkeit in Std.	Regelmäßigkeit in Std.	Regelmäßigkeit
Min	1	1	0 (selten)
Max	4	4	3 (fast immer)
Mittelwert	1,71 ($\pm 0,96$)	1,90 ($\pm 0,80$)	2,91 ($\pm 0,92$)
	Schlafdauer in Std.	Suggestion	
Min	5,00	0 (selten)	
Max	10,50	3 (fast immer)	
Mittelwert	7,95 ($\pm 0,96$)	0,65 ($\pm 0,79$)	

4.1.3 Aufsteh- und Schlafenszeit

Die Aufsteh- und Schlafenszeit bzw. der Schlaf-Wach-Rhythmus der TN wurde mithilfe des CNQ gemessen. Die durchschnittliche Aufstehzeit der 225 TN lag bei $M=07:22 (\pm 01:13)$ Uhr. Als früheste angegebene Aufstehzeit wurde $Min=04:00$ Uhr und als späteste Aufstehzeit $Max=11:00$ Uhr angegeben. Die Uhrzeiten variierten intrapersonal im Durchschnitt um $M=1,35 (\pm 0,71)$ Stunden. Die Schlafenszeit der TN lag im Durchschnitt bei $M=23:25 (\pm 00:53)$ Uhr. Die früheste angegebene Schlafenszeit wurde mit $Min=21:00$ Uhr und die späteste Schlafenszeit mit $Max=03:00$ Uhr beziffert. Die Uhrzeiten variierten intrapersonal im Durchschnitt um $M=1,48 (\pm 0,65)$ Stunden. Die Schlafdauer der TN betrug resultierend im Durchschnitt $M=7,95 (\pm 0,96)$ Stunden. Abbildung 4 veranschaulicht die Häufigkeitsverteilung der Schlafdauer in Stunden.

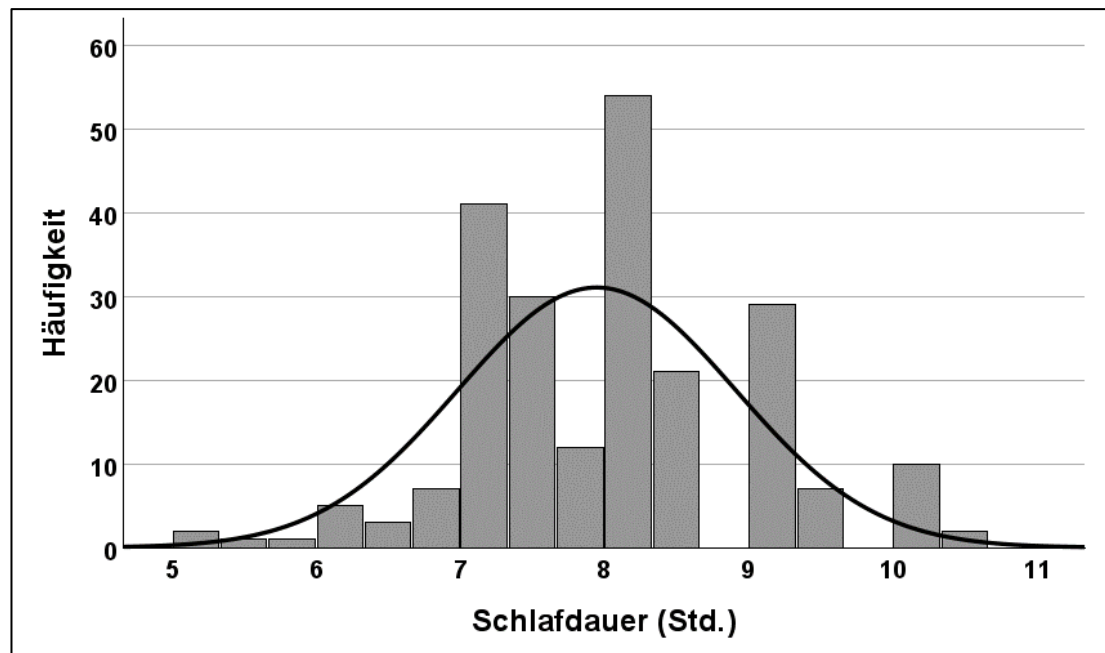


Abbildung 4 Datenvisualisierung der Schlafdauer-Häufigkeitsverteilung

4.1.4 Schlafqualität

Die Schlafqualität wurde mithilfe der SQS gemessen. Der niedrigste SQSS der Stichprobe betrug $\text{Min}=0$ und der höchste $\text{Max}=60$. Im Durchschnitt wurde ein SQSS von $M=25,27 (\pm 11,57)$ erreicht. Von den 225 TN hatten 153 TN (68,02%) leichte Schlafprobleme, 70 TN (31,11%) mittelschwere Schlafprobleme und 2 TN (0,87%) schwere Schlafprobleme. Eine Übersicht der SQS-Merkmale der Stichprobe ist in Tabelle 4 festgehalten. Abbildung 5 veranschaulicht die Häufigkeitsverteilung des SQSS.

Tabelle 4 Ergebnisübersicht des Sleep Quality Scale Score (SQSS)

	SQS-Score	Einteilung nach John et al. (2022)	Anzahl	Anteil
Min	0	Leichte Probleme (SQSS = 0 bis 28)	153	68,02 %
Max	60	Mittelschwere Probleme (SQSS = 29 bis 56)	70	31,11 %
Mittelwert	25,27 ($\pm 11,57$)	Schwere Probleme (SQSS = 57 bis 84)	2	0,87 %
Median	24,00			

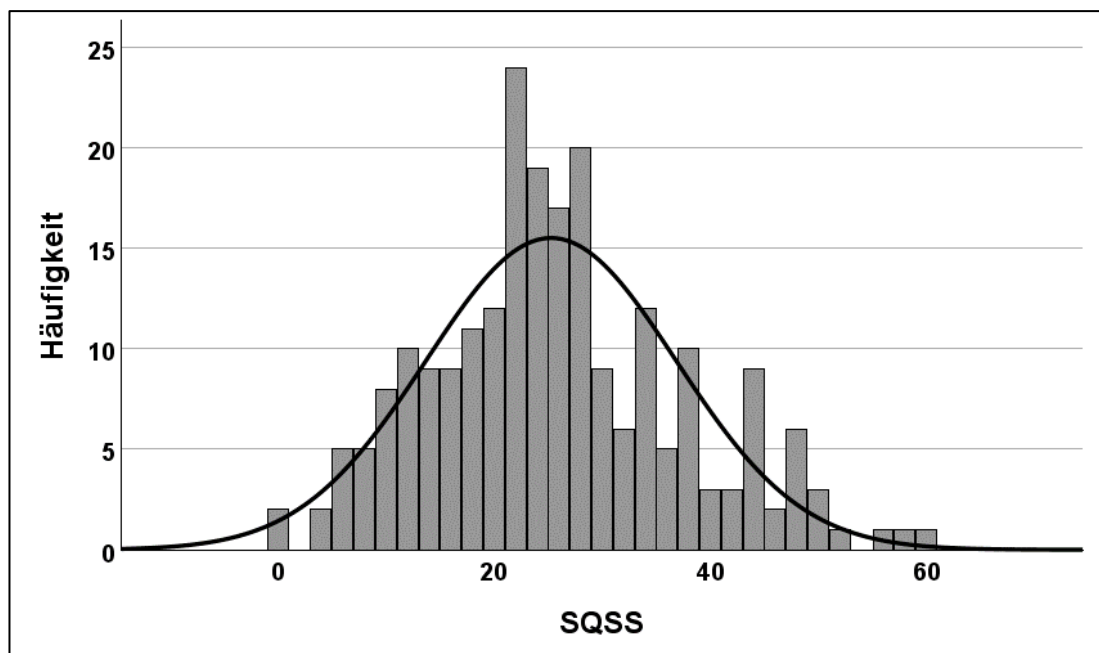


Abbildung 5 Datenvisualisierung der SQSS-Häufigkeitsverteilung

Bezogen auf die Variable SQSS konnte innerhalb der Stichprobe ein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied festgestellt werden ($Z=-2,911$; $p=0,000$). Exakt 40,24 Prozent der Frauen und 19,31 Prozent der Männer hatten innerhalb der Stichprobe mittlere bis schwere Schlafprobleme. Abbildung 6 veranschaulicht den geschlechtsspezifischen Unterschied innerhalb der SQS-Gruppen.

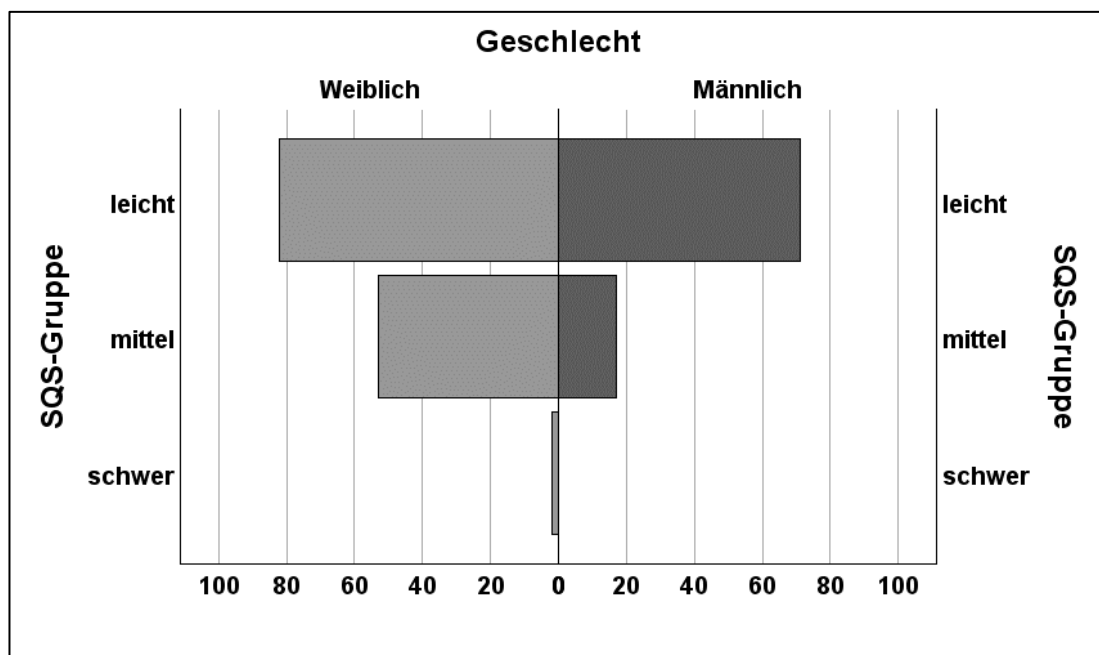


Abbildung 6 Datenvisualisierung des geschlechtsspezifischen Unterschiedes in SQS-Gruppen

4.2 Primäre induktive Statistik

Die folgende primäre induktive Statistik stellt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse und nicht-parametrischen Analyse dar. Die Analysen werden anhand der formulierten Hypothesen dieser empirischen Arbeit gegliedert. Nachfolgend werden statistisch signifikante Korrelationen und Unterschiede innerhalb der Stichprobengröße von $n = 225$ nur mit einem einseitigen p-Wert von weniger als 0,05 anerkannt. Die folgende Tabelle 5 hebt die identifizierten signifikanten Korrelationen zwischen den hypothesenrelevanten Parametern der Online-Umfrage und dem SQSS bzw. der Schlafdauer vor.

Tabelle 5 Übersicht der primär signifikanten Korrelationen zum SQSS und der Schlafdauer

Primäre signifikante Korrelationen	Korrelationskoeffizient (r)	Signifikanz (1-seitig)
Zum SQSS		
Regelmäßigkeit Frühstückszeit	+ 0,160**	0,008
Regelmäßigkeit Abendmahlzeit	+ 0,177**	0,004
Regelmäßigkeit Mittagessen	+ 0,271**	0,000
Mahlzeit Letzte Stunde	+ 0,162**	0,008
MW Regelmäßigkeit Hauptmahlzeiten	+ 0,296**	0,000
Zur Schlafdauer		
keine	-	-

4.2.1 Einfluss früher Nahrungsaufnahme auf die Schlafqualität

Der Einfluss einer frühen Nahrungsaufnahme auf die Schlafqualität wurde in Hypothese 1 als überprüfbare Aussage formuliert. Aus dem theoretischen Hintergrund wurde geschlussfolgert, dass eine frühe Uhrzeit des Frühstücks und Abendessens, relativ zur Aufsteh- und Schlafenszeit einen positiven Effekt auf die Schlafqualität haben könnte. Das Ergebnis der Korrelationsanalyse konnte dahingehend keine signifikant positive Korrelation zwischen dem Mittelwert der beiden Variablen „Zeitabstand Frühstück“ und „Zeitabstand Abendessen invers“ und dem SQSS aufzeigen ($r=-0,001$; $p=0,493$). Abbildung 7 veranschaulicht die Korrelation dieser beiden beobachteten Wertepaare.

Darüber hinaus konnte ebenfalls keine signifikant positive Korrelation zwischen der einzelnen Variable „Zeitabstand Frühstück“ ($r=-0,031$; $p=0,319$) oder der Variable „Zeitabstand Abendessen invers“ ($r=0,018$; $p=0,392$) und dem SQSS analysiert werden.

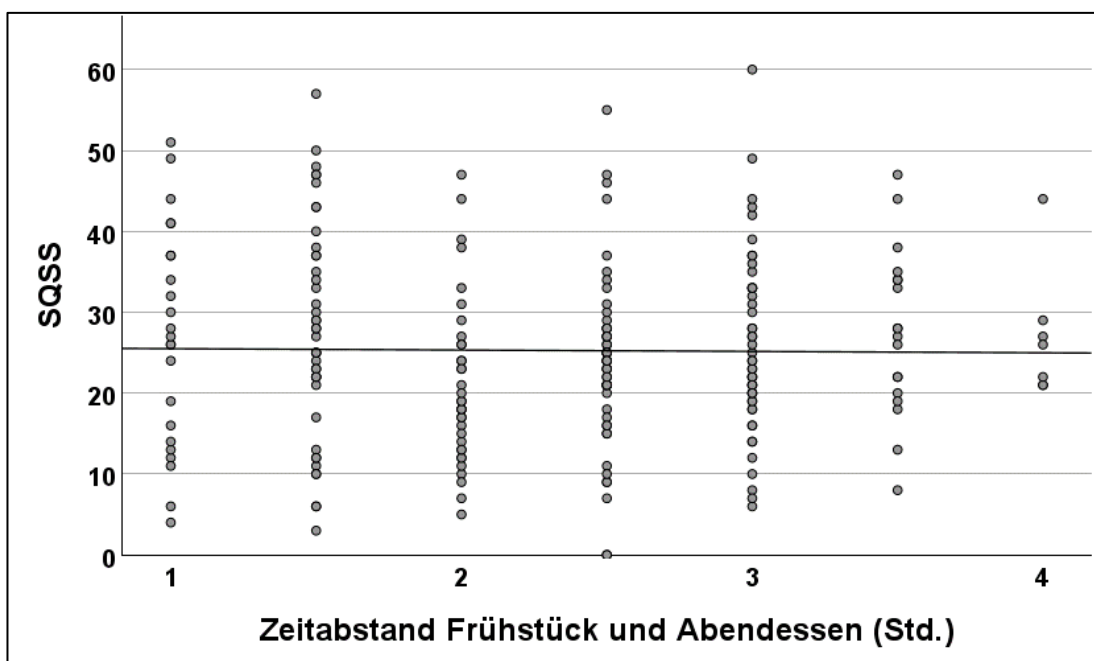


Abbildung 7 Verhältnis des SQSS zum Zeitabstand Frühstück und Abendessen

Aufgrund einer asymptotischen Signifikanz größer als fünf Prozent muss in diesem Fall die Nullhypothese beibehalten und die Alternativhypothese verworfen werden. Es besteht kein signifikant positiver Zusammenhang zwischen dem Zeitabstand des Frühstücks sowie Abendessens und der Schlafqualität.

4.2.2 Einfluss früher Nahrungsaufnahme auf die Schlafdauer

Der Einfluss einer frühen Nahrungsaufnahme auf die Schlafdauer wurde in Hypothese 2 als überprüfbare Aussage formuliert. Aus dem theoretischen Hintergrund wurde geschlussfolgert, dass eine frühe Uhrzeit des Frühstück und Abendessens, relativ zur Aufsteh- und Schlafenszeit einen positiven Effekt auf die Schlafdauer haben könnte. Das Ergebnis der Korrelationsanalyse konnte dahingehend keine signifikant positive Korrelation zwischen dem Mittelwert der beiden Variablen „Zeitabstand Frühstück“ und „Zeitabstand Abendessen invers“ und der Schlafdauer feststellen ($r=-0,006$; $p=0,462$). Abbildung 8 veranschaulicht die Korrelation dieser beiden beobachteten Wertepaare.

Außerdem konnte ebenfalls keine signifikant positive Korrelation zwischen der Variable „Zeitabstand Frühstück“ ($r=-0,044$; $p=0,254$) oder der Variable „Zeitabstand Abendessen invers“ ($r=-0,044$; $p=0,256$) und der Schlafdauer analysiert werden.

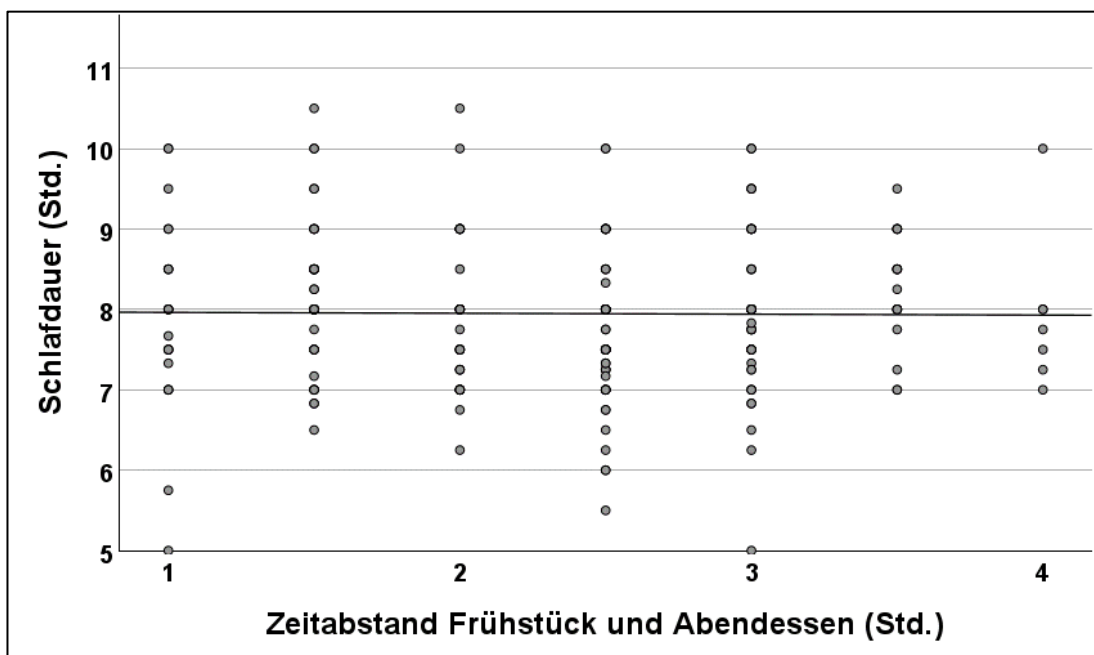


Abbildung 8 Verhältnis der Schlafdauer zum Zeitabstand Frühstück und Abendessen

Aufgrund einer asymptotischen Signifikanz größer als fünf Prozent muss in diesem Fall die Nullhypothese beibehalten und die Alternativhypothese verworfen werden. Es besteht kein signifikant positiver Zusammenhang zwischen dem Zeitabstand des Frühstücks sowie Abendessens und der Schlafdauer.

4.2.3 Einfluss regelmäßiger Nahrungsaufnahme auf die Schlafqualität

Der Einfluss einer regelmäßigen Aufnahme der drei Hauptmahlzeiten auf die Schlafqualität wurde in Hypothese 3 als überprüfbare Aussage formuliert. Aus dem theoretischen Hintergrund wurde geschlussfolgert, dass eine regelmäßige Aufnahme des Frühstücks, Mittagessens und Abendessens einen positiven Effekt auf die Schlafqualität haben könnte. In der gesamten Stichprobe wurde dahingehend eine signifikant positive Korrelation zwischen dem Durchschnittswert der Regelmäßigkeit in den drei Hauptmahlzeiten und dem SQSS festgestellt ($r=0,296$; $p<0,001$). Abbildung 9 veranschaulicht die Korrelation dieser beiden beobachteten Wertepaare.

Darüber hinaus wurde ebenfalls eine signifikant positive Korrelation zwischen dem SQSS und jedem einzelnen der drei abgefragten Items der Regelmäßigkeit festgestellt (Regelmäßigkeit Frühstück ($r=0,160$; $p=0,008$); Regelmäßigkeit Mittagessen ($r=0,271$; $p=0,000$); Regelmäßigkeit Abendessen ($r=0,177$; $p=0,004$)).

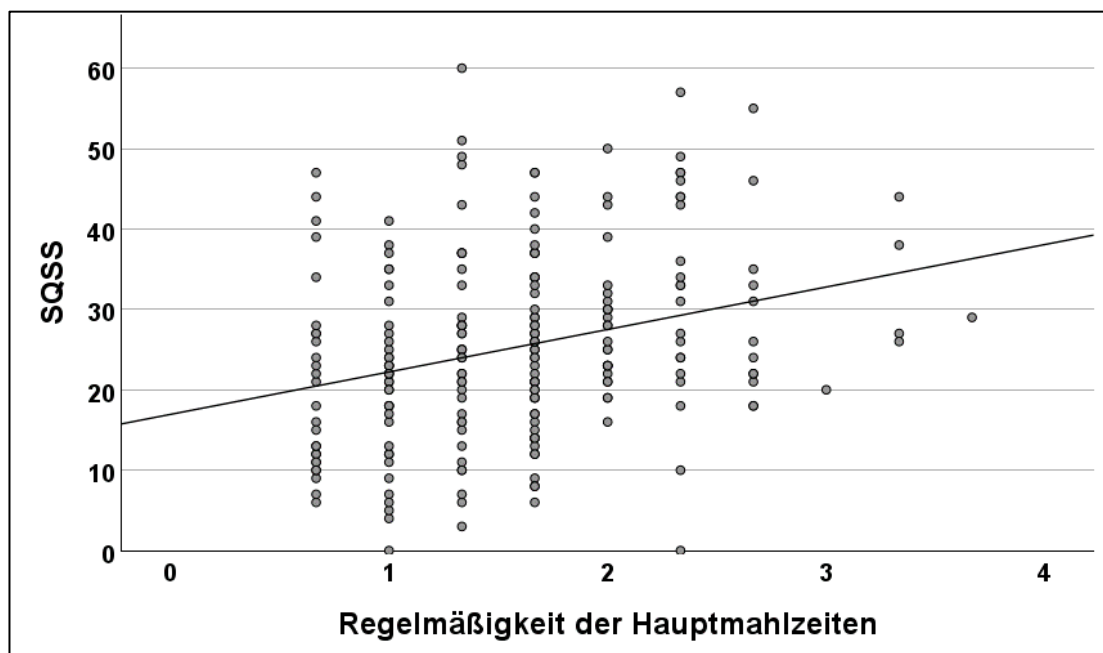


Abbildung 9 Verhältnis des SQSS zur Regelmäßigkeit der Hauptmahlzeiten

Aufgrund der asymptotischen Signifikanz von $p<0,001$ kann in diesem Fall die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden. Es besteht ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Regelmäßigkeit der drei Hauptmahlzeiten und der Schlafqualität.

4.2.4 Einfluss des Frühstücks auf die Schlafqualität

Der Einfluss eines regelmäßigen Frühstücks innerhalb der ersten Stunde nach dem Aufstehen auf die Schlafqualität wurde in Hypothese 4 als überprüfbare Aussage formuliert. Aus dem theoretischen Hintergrund wurde geschlussfolgert, dass eine regelmäßige, frühe Aufnahme des Frühstücks einen positiven Effekt auf die Schlafqualität haben könnte.

Für die Überprüfung der vierten Hypothese mussten 14 TN ausgeschlossen werden, da ihre Antworten nicht mit den vorher definierten Kriterien übereingestimmt haben (vgl. 3.4). Von den verbliebenen 211 TN haben 69 TN (32,70%) mindestens „häufig“ (= Gruppe „Frühstück“) und 142 TN (67,29%) weniger als „manchmal“ ein Frühstück während der ersten Stunde zu sich genommen (= Gruppe „Kein Frühstück“). Im Bezug auf den SQSS konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen „Frühstück“ ($M=25,35$) und „Kein Frühstück“ ($M=25,35$) festgestellt werden ($Z=-0,053$; $p=0,479$). Es konnte ebenfalls keine signifikante Korrelation zwischen dem einzelnen Item „Frühstück innerhalb der ersten Stunde“ und dem SQSS gefunden werden ($r=-0,090$, $p=0,181$). Abbildung 10 veranschaulicht die Mittelwerte dieser beiden beobachteten Wertepaare.

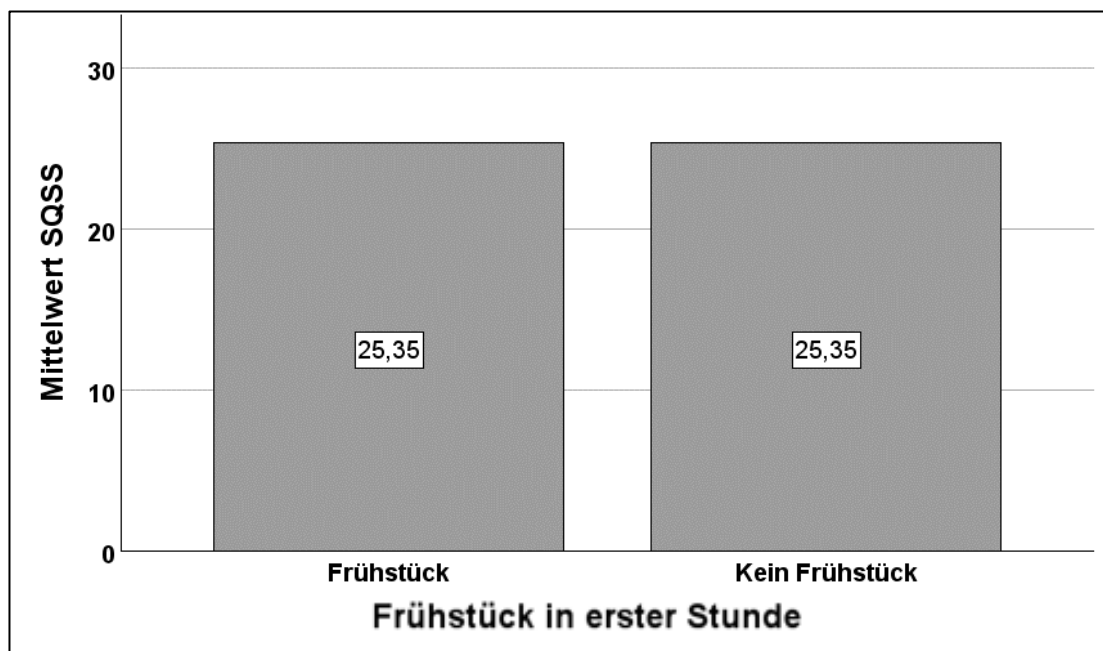


Abbildung 10 Verhältnis des SQSS zu einem Frühstück innerhalb der ersten Stunde

Aufgrund einer asymptotischen Signifikanz größer als fünf Prozent muss in diesem Fall die Nullhypothese beibehalten und die Alternativhypothese verworfen werden. Es

besteht kein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des Frühstücks innerhalb der ersten Stunde und der Schlafqualität.

4.2.5 Einfluss der letzten Mahlzeit auf die Schlafqualität

Der Einfluss der letzten Mahlzeit vor der Schlafenszeit auf die Schlafqualität wurde in Hypothese 5 als überprüfbare Aussage formuliert. Aus dem theoretischen Hintergrund wurde geschlussfolgert, dass die Aufnahme einer Mahlzeit innerhalb der letzten Stunde vor der Schlafenszeit einen negativen Effekt auf die Schlafqualität haben könnte.

In der gesamten Stichprobe wurde dahingehend eine signifikant positive Korrelation zwischen der Häufigkeit einer Mahlzeit innerhalb der letzten Stunde vor der Schlafenszeit und dem SQSS festgestellt ($r=0,162$; $p=0,015$). Abbildung 11 veranschaulicht die Korrelation dieser beiden beobachteten Wertepaare.

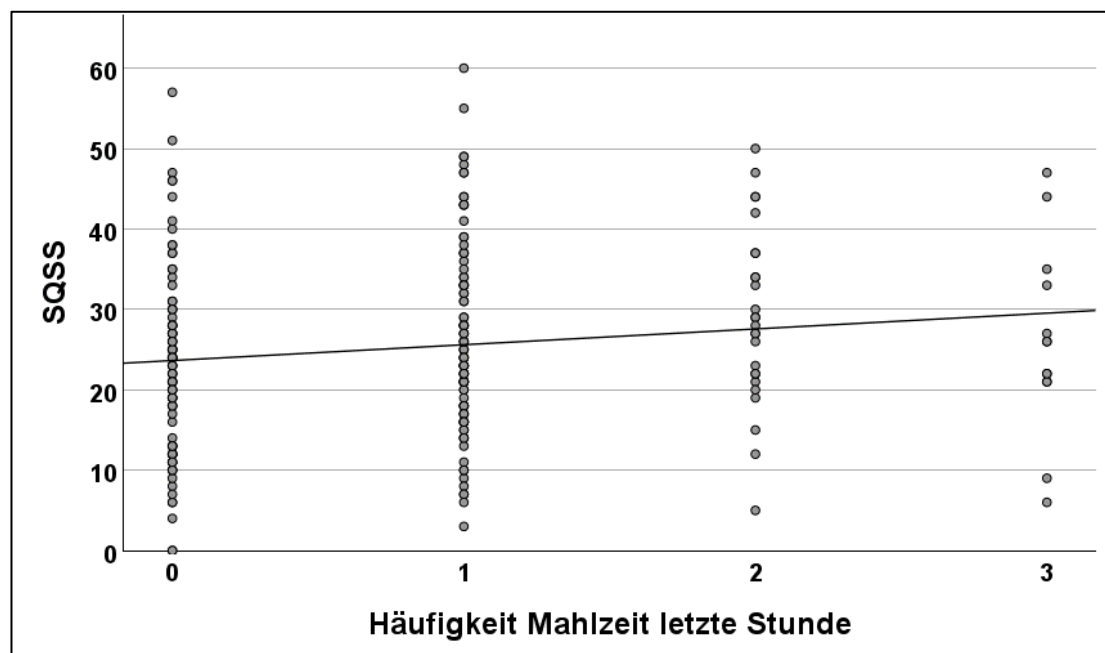


Abbildung 11 Verhältnis des SQSS zu einer Mahlzeit innerhalb der letzten Stunde

Aufgrund der asymptotischen Signifikanz von $p=0,015$ kann in diesem Fall die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden. Es besteht ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Häufigkeit einer Mahlzeit innerhalb der letzten Stunde vor der Schlafenszeit und dem SQSS.

4.3 Sekundäre induktive Statistik

Die folgende induktive Statistik stellt die Ergebnisse sekundärer Korrelationsanalysen und korrelierender Parameter der erhobenen Daten heraus. Es werden Zusammenhänge zwischen den Ernährungsgewohnheiten, dem Schlaf-Wach-Rhythmus, dem BMI sowie der Schlafqualität und -dauer dargestellt. Die primären Ergebnisse der aufgestellten Hypothesen sollen durch die folgenden Daten unterstützt bzw. entkräftigt werden. Nachfolgend werden statistisch signifikante Korrelationen und Unterschiede nur mit einem zweiseitigen p-Wert von weniger als 0,05 anerkannt.

Die folgende Tabelle 6 fasst die sekundär identifizierten, signifikanten Korrelationen zwischen den verschiedenen erhobenen Parametern der Online-Umfrage zusammen.

Tabelle 6 Übersicht der sekundär signifikanten Korrelationen zum SQSS und der Schlafdauer

Sekundäre signifikante Korrelationen	Korrelationskoeffizient (r)	Signifikanz (2-seitig)
Zum SQSS		
Regelmäßigkeit Aufstehzeit	+ 0,159**	0,009
Schlafenszeit	+ 0,171**	0,008
Regelmäßigkeit Schlafenszeit	+ 0,178**	0,004
Suggestion	+ 0,294**	0,000
Zur Schlafdauer		
Aufstehzeit	+ 0,733**	0,000
Regelmäßigkeit Aufstehzeit	+ 0,225**	0,001
Frühstückszeit	+ 0,445**	0,000
Regelmäßigkeit Frühstückszeit	+ 0,269**	0,000
MW Regelmäßigkeit Hauptmahlzeiten	+ 0,150*	0,013

4.3.1 Zusammenhänge Frühstückszeit und Abendmahlzeit

Die Frühstückszeit besitzt in dieser Stichprobe eine signifikant positive Korrelation zur Abendmahlzeit ($r=0,197$; $p=0,002$). Zwischen der Frühstückszeit und der Schlafdauer konnte ebenfalls eine signifikant positive Korrelation identifiziert werden ($r=0,445$; $p<0,001$). Es konnte jedoch keine signifikante Korrelation zwischen der Abendmahlzeit und der Schlafdauer dargestellt werden ($r=-0,044$; $p=0,254$). Des Weiteren besteht eine signifikant positive Korrelation zwischen der Suggestion zu Ernährungsgewohnheiten und dem SQSS ($r=0,294$; $p<0,001$).

Mit Bezug auf die Forschungsfrage 3 wurde im theoretischen Hintergrund geschlussfolgert, dass eine Asynchronität zwischen dem lichtgesteuerten SCN und den POZ bzw. eine desynchronisierende Nahrungsaufnahme zu einer Chrono-Störung und

damit zu einer schlechteren Schlafqualität führen kann. Das Ergebnis dieser Studie konnte keine signifikante Korrelation zwischen dem Zeitabstand des Frühstücks zum durchschnittlichen Sonnenaufgang (M=05:52 Uhr) des Befragungszeitraumes (08.07.2023 bis 14.08.2023) und dem SQSS ($r=-0,015$; $p=0,463$) finden. Es konnte ebenfalls keine signifikante Korrelation zwischen dem Zeitabstand des Abendessens zum durchschnittlichen Sonnenuntergang (M=21:21 Uhr) und dem SQSS ($r=-0,033$; $p=0,245$) gefunden werden.

4.3.2 Zusammenhänge Aufsteh- und Schlafenszeit

Aus dem theoretischen Hintergrund wurde geschlussfolgert, dass neben den Ernährungsgewohnheiten auch die Aufsteh- und Schlafenszeiten (sonnenlichtabhängige Regulation des SCN) einen Einfluss auf die Schlafqualität besitzen. Die Daten zeigen eine signifikant negative Korrelation zwischen der Aufstehzeit und der Schlafenszeit ($r=-0,248$; $p<0,001$). Die Schlafenszeit besitzt darüber hinaus eine signifikant positive Korrelation zum SQSS ($r=0,171$; $p=0,008$).

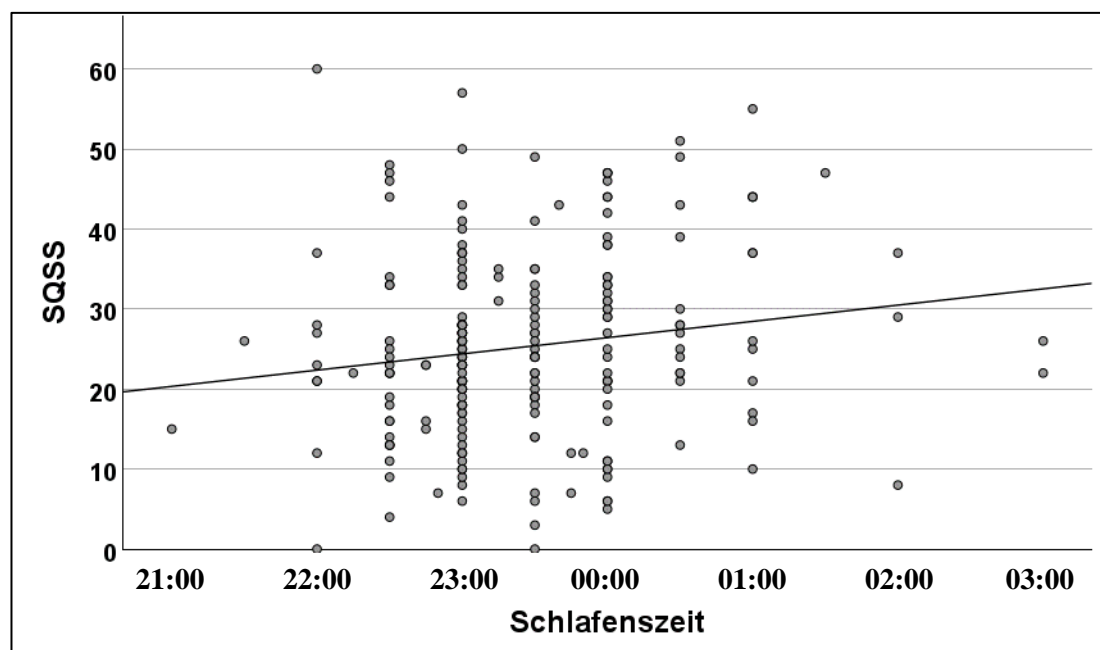


Abbildung 12 Verhältnis des SQSS zur Schlafenszeit

Es konnte ebenfalls eine signifikant positive Korrelation zwischen der Regelmäßigkeit der Aufstehzeit ($r=0,159$; $p=0,017$) sowie der Regelmäßigkeit der Schlafenszeit ($r=0,178$; $p=0,007$) und dem SQSS identifiziert werden. Die Aufstehzeit ($r=0,733$; $p<0,001$) sowie die Regelmäßigkeit der Aufstehzeit ($r=0,225$; $p<0,001$) korrelieren signifikant positiv mit der Schlafdauer. Es wurde keine signifikante Korrelation zwischen der Schlafdauer und dem SQSS ($r=0,005$; $p=0,936$) entdeckt.

4.3.3 Zusammenhänge Body-Mass-Index

Interessanterweise konnte in dieser Stichprobe keine signifikante Korrelation zwischen dem BMI und dem SQSS ($r=-0,032$; $p=0,637$) oder der Schlafdauer ($r=-0,111$; $p=0,096$) gefunden werden. Es besteht jedoch eine signifikant positive Korrelation zwischen dem BMI und der Regelmäßigkeit des Frühstücks ($r=0,171$; $p=0,010$) sowie der Regelmäßigkeit des Abendessens ($r=0,145$; $p=0,030$).

5 Diskussion

Diese empirische Studie zielte darauf ab, die Ernährungsgewohnheiten und den Schlaf-Wach-Rhythmus einer gesunden, erwachsenen Population in Deutschland zu ermitteln sowie den Zusammenhang zu Veränderungen der Schlafqualität und -dauer zu identifizieren.

Basierend auf den gefundenen Ergebnissen kann hinsichtlich der aufgestellten Hypothesen gesagt werden, dass es zwischen einer individuell relativ frühen Frühstückszeit und Abendmahlzeit und der Schlafqualität keinen eindeutigen Zusammenhang gibt. Es wurden keine positive Veränderung der Schlafqualität bei einer zeitlich nahen Aufstehzeit bzw. Frühstückszeit zum Sonnenaufgang oder einer zeitlich nahen Schlafenszeit bzw. Abendmahlzeit zum Sonnenuntergang festgestellt. Die vorliegende Studie zeigt jedoch, dass ein regelmäßiger Verzehr bzw. eine geringe zeitliche Variation der drei Hauptmahlzeiten mit einer deutlichen Verbesserung der Schlafqualität einhergeht. Die täglichen Mahlzeiten in festgelegten, regelmäßigen Zeiträumen zu verzehren, spiegelt dabei den aktuellen Standpunkt führender Schlafforscher und die momentanen Richtlinien zum gesunden Schlaf wieder (NSF 2022). Ein positiver Einfluss der regelmäßigen Ernährungsgewohnheiten auf die Schlafdauer ist jedoch nicht zu erkennen.

Darüber hinaus wurde erkannt, dass der häufige Verzehr einer Mahlzeit innerhalb der letzten Stunde vor der Schlafenszeit mit einer Verschlechterung der Schlafqualität verbunden ist. Die Abendmahlzeit scheint dementsprechend einen größeren Einfluss auf die Schlafqualität zu besitzen als die Frühstückszeit. Auch diese Schlussfolgerung wird durch die gegenwärtige Meinung allgemeiner Richtlinien zur Schlafhygiene bestätigt (NSF 2022).

Epidemiologisch zeigen die gefundenen Studienergebnisse ebenso Übereinstimmungen zu anderen internationalen Forschungsergebnissen (Matsumoto und Chin 2019; Ohayon 2011). Demnach kann die untersuchte Stichprobe die allgemeine bisherige Annahme einer prozentual stärkeren, geschlechtsspezifischen Schlafproblematik bei Frauen bestätigen. Auch die höhere weibliche Teilnahmequote (60,89%) zeigt ein stärkeres Interesse von Frauen an dieser Thematik. Ein Unterschied der Schlafqualität hinsichtlich der Altersgruppen zwischen 18 und 45 Jahren wurde wie erwartet nicht festgestellt. Aufgrund mangelnder Bewegung und kognitiver Beanspruchung ist ein deutlicher Anstieg der Prävalenzzahlen erst ab einem Alter von

über 45 Jahren zu erwarten. (Schlack et al. 2013; Barmer 2020; TK 2017). Diesbezüglich ist die Anzahl der TN über 46 Jahre (n=25) für einen signifikanten Unterschied zu den beiden jüngeren Altersgruppen innerhalb dieser Stichprobe ohne Weiteres zu klein.

Interessanterweise ist zu erwähnen, dass die geringe Standardabweichung des Mittelwertes der Schlafenszeit von M=23:25 ($\pm 00:53$) Uhr bestätigt, dass die meisten TN eine ähnliche Schlafenszeit besitzen. Die Standardabweichung des Mittelwertes der Aufstehzeit von M=07:22 ($\pm 01:13$) Uhr ist jedoch eine weitaus größere. Die TN mit einer frühen Aufstehzeit haben demnach Schwierigkeiten auch ihre Schlafenszeit auf einen früheren Zeitpunkt zu verlegen, um eine längere Schlafdauer zu besitzen. Nach Pot (2018) kann dies besonders auf den modernen Lebensstil bzw. gesellschaftlichen Druck oder berufliche Stresssituationen zurückgeführt werden.

5.1 Interpretation der Ergebnisse

Trotz der nicht eindeutigen Ergebnisse dieser Studie zum Einfluss der Uhrzeit der Nahrungsaufnahme konnte bereits in Tierversuchen nachgewiesen werden, dass neben der Zusammensetzung auch der Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme einen relevanten Einflussfaktor für den zirkadianen POZ-Rhythmus darstellt (Patel et al. 2016). Die Forscher konnten, durch eine periodische Nahrungsverfügbarkeit, eine Kalorienrestriktion bei Mäusen herbeiführen. Als Konsequenz der zeitlichen Begrenzung wurde eine Verschiebung der POZ-Expressionsphasen in der Leber entdeckt. Auch andere Studien konnten durch eine forcierte Änderung des Fütterungs- und Fastenzyklus den zirkadianen Rhythmus der POZ unabhängig vom SCN verschieben (Damiola et al. 2000; Hirota und Fukada 2004; Balsalobre et al. 2000; Chellappa et al. 2021).

Eine Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2019 zur Untersuchung ernährungsbedingter Verschiebungen des metabolischen Rhythmus ist zu dem gleichen Ergebnis gekommen und bestätigt, dass eine Nährstoffzufuhr während der Nacht den zirkadianen POZ-Rhythmus stören kann (Phoi und Keogh 2019). Zwei Jahre später haben Chellappa et al. (2021) in ihrer klinischen Studie zwei Gruppen von simulierten Nachtschichtarbeitern verglichen. Die Kontrollgruppe hat ihre Mahlzeiten wie gewöhnlich während der Nachtschicht verzehrt. Die Interventionsgruppe hat währenddessen ihre normalen Verzehrzeiten zur hellen Tageszeit beibehalten. Die nächtliche Nahrungsaufnahme der Kontrollgruppe führte zu einer Verschiebung der

zentralen und peripheren endogenen Rhythmen. Im Gegensatz dazu konnte die Interventionsgruppe die interne zirkadiane Ausrichtung aufrechterhalten (Chellappa et al. 2021). Die vorangegangenen Studien zur Untersuchung der POZ-Expressionsphasen haben zusammenfassend eine Verschiebung des Fütterungszyklus in die eigentliche Schlafenszeit herbeigeführt und positive Korrelationen zu Expressionsphasenverschiebungen bzw. einer Chrono-Störung gefunden.

Obwohl schon viele Studien den Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme und einer Chrono-Störung zwischen SCN und POZ dargestellt haben, sind die Auswirkungen des Zeitpunktes morgendlicher und nächtlicher Mahlzeiten speziell auf die Schlafqualität und Schlafdauer gesunder Erwachsener ohne Nachtschichtarbeit wenig untersucht (Nogueira et al. 2021; Lopes et al. 2019).

Übersichtsarbeiten, die dieses Interesse aufnehmen und sich explizit mit der Auswirkung der Ernährungstageszeit auf dem Schlaf befassen, gibt es aufgrund der geringen Studienlage noch wenige. Das aktuelle Review kann vorwiegend einen Überblick über die Auswirkungen der Nährstoffzusammensetzung und dem zeitlichen Abstand der letzten Mahlzeiten geben (Pattnaik et al., 2022). Es wurde geschlussfolgert, dass eine zeitliche Strategie nach der Methode TRE in Kombination mit einer niedrig glykämischen Ernährung, die einen hohen Anteil an Proteinen (speziell Tryptophan), Serotonin und Antioxidantien besitzt, zu einer Verbesserung der Schlafqualität führt.

Die Wissenschaftler um McStay et al. (2021) haben in ihrer Übersichtsarbeit die Auswirkungen von TRE und ADF auf den Schlaf von Erwachsenen mit Übergewicht und Adipositas zusammengefasst. Es wurde geschlussfolgert, dass beide Fastenprogramme keinen oder einen uneinheitlichen Effekt auf die Schlafqualität, die Schlafdauer, die Schlaflatenz, die Schlafeffizienz, den Schweregrad der Schlaflosigkeit und das Risiko einer obstruktiven Schlafapnoe besitzen. Es wurde jedoch die statistische Leistungsfähigkeit der erfassten Studien und der geringe Spielraum für Verbesserungen bei TN ohne diagnostizierte Schlafprobleme kritisiert.

5.1.1 Schlafdauer

Neben der Betrachtung der aufgestellten Hypothesen zur Schlafqualität, wurden in der vorliegenden Studie widersprüchliche Zusammenhänge in Bezug auf die Schlafdauer festgestellt. Demnach war eine spätere Frühstückszeit mit einer längeren Schlafdauer

in der Gesamtstichprobe verbunden, die Schlafenszeit und Abendmahlzeit korrelierte jedoch nicht. Das Fehlen eines eindeutigen Zusammenhangs zwischen der Schlafdauer und den Zeitpunkten der Nahrungsaufnahme ist jedoch bei einer überdurchschnittlichen Schlafdauer von $M=7,95$ ($\pm 0,96$) Stunden zu erwarten gewesen. Insbesondere bei diesen hohen Werten ist die Schlafenszeit wesentlich bestimmt durch die die Aufstehzeit (vgl. 4.3.2) sowie durch soziale Faktoren (z.B. die Arbeitszeit), welche den Menschen unabhängig von der Nahrungsaufnahme in einen bestimmten Schlaf-Wach-Zyklus drängen (Chung et al. 2020). Ebenso kann die nicht vorhandene signifikante Korrelation zwischen der Schlafdauer und der Schlafqualität mit der ungewöhnlich langen Schlafdauer erklärt werden. Dementsprechend schlafen 95% dieser Stichprobe die deutschlandweit empfohlenen sieben Stunden pro Tag (TK 2017).

5.1.2 Erste Mahlzeit

Auch wenn in der vorliegenden Studie keine signifikante Korrelation zwischen der morgendlichen Nahrungsaufnahme und der Schlafqualität gefunden wurde, sprechen viele Faktoren für einen positiven Einfluss. Erstens ist der molekulare Zusammenhang und eine Veränderung der Leistung des POZ-Systems durch eine frühe Mahlzeit mehrfach belegt worden (Oike et al. 2014; Harris und Czaja 2023). Zweitens ergeben sich aus dem Verzehr eines Frühstücks mehrere indirekt positive Faktoren. Beispielsweise bedingt der Verzehr eines Frühstücks in der vorliegenden Studie eine höhere Wahrscheinlichkeit für einen früheren Verzehr des Abendessens. Dazu konnte eine signifikant positive Korrelation zwischen der Frühstückszeit und der Abendmahlzeit bei ähnlicher Schlafenszeit festgestellt werden. Das Auslassen des Frühstücks führt folglich dazu, dass eine verstärkte prozentuale Verschiebung der Gesamtkalorienaufnahme und damit der Synthese von verdauungsfördernden Hormonen wie Cortisol in Richtung der Schlafenszeit erzeugt wird (vgl. 4.1.2). Der Verzehr eines Frühstücks könnte im Gegensatz dazu einen früheren Appetit am Nachmittag, induziert durch eine längere Fastenzeit und einen erhöhten Ghrelinspiegel, bewirken (Gwin und Leidy 2018). Die Wahrscheinlichkeit einer frühen letzten Mahlzeit könnte demnach mit einem Frühstück gesteigert werden.

Zusätzlich belegen mehrere Studien, dass eine frühe erste Mahlzeit einen positiven Effekt auf die Ernährungsqualität und kognitive Leistungsfähigkeit in weiteren Tagesverlauf besitzt (Gwin und Leidy 2018; Adolphus et al. 2016). Epidemiologische

Studien haben gezeigt, dass ein Auslassen des Frühstücks mit einer schlechteren Ernährungsqualität assoziiert ist (Yoshitake et al. 2023). Eine Unterbrechung der regelmäßigen Hauptmahlzeiten durch ungesunde, konzentrationsfördernde, einfache Kohlenhydrate („Brainfood“) wäre mit einem Frühstück folglich unwahrscheinlicher. Die höhere Ernährungsqualität und Regelmäßigkeit könnte in Folge, neben der generellen positiven Beeinflussung des ebenfalls relevanten Darmmikrobioms, zu einer höheren Schlafqualität führen (Godos et al. 2021).

Die Regulation des Schlaf-Wach-Rhythmus hin zu einem konsolidierten Schlaf während der Nacht ist zudem, wie in Kapitel 2.2 beschrieben, nicht nur ein Resultat des zirkadianen Rhythmus. Bei der Betrachtung des Zusammenspiels mit der Schlafhomöostase und dem damit verbundenen Prozess des oszillatorischen Adenosinspiegels ist noch ein weiterer, durch das Frühstück bedingter, Faktor zu berücksichtigen. Das Auslassen des Frühstücks ist mit einer geringeren spontanen körperlichen Aktivität und unwillkürlichen Bewegungen im Tagesverlauf verbunden (Yoshimura et al. 2017). Eine schlafdruck fördernde Akkumulation von Adenosin im Blut ist jedoch nur mit einer ausreichenden körperlichen Aktivität erreichbar (Kline et al. 2021). Auch die Lichtempfindlichkeit des zentralen Zeitgebers SCN ist durch einen niedrigen Adenosinspiegel erhöht, sodass eine nächtliche künstliche Lichtexposition (z.B. durch elektronische Geräte) einen stärkeren Einfluss auf die Melatoninproduktion und damit die Tiefschlafphasen nehmen kann (Deboer 2018). Eine geringere Alltagsbewegung kann folglich zu Ein- und Durchschlafstörungen führen (Kline 2014; Kline et al. 2021).

Darüber hinaus besteht eine langfristige Funktion des Schlaf-Wach-Zyklus grundsätzlich darin, die Nahrungsaufnahme zu begrenzen. Die natürlich erzwungene Fastenzeit bzw. das Erreichen eines nüchternen Zustandes erzeugt eine tageszyklische Optimierung der antagonistischen, anabolen und katabolen Stoffwechselprozesse in peripheren Geweben (Borbély 2022). Diese sogenannte Stoffwechselhomöostase ist unerlässlich für eine gesunde Ausschüttung von Stoffwechselhormonen, steht in Wechselwirkung mit dem Schlaf-Wach-Zyklus und bekräftigt noch einmal die enge Verbindung zwischen dem optimalen Metabolismus und dem Schlaf (Nakajima 2018).

Die drei letzten Punkte betrachtend ist nach einer ausreichenden Fastenzeit (ca. acht Stunden) eine Energiezufuhr direkt nach dem Aufstehen grundlegend positiv anzusehen, um die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit und somit indirekt die

Schlafqualität von gesunden Menschen zu steigern. Eine individuelle Divergenz ist jedoch in Abhängigkeit vom Essverhalten möglich. Menschen mit einer späten letzten Mahlzeit, nah vor oder auch innerhalb der Schlafenszeit (nächtliches Erwachen), können durch ein verzögertes Frühstück das Erreichen des nüchternen Zustandes positiv beeinflussen (Nakajima 2018). Für diese Menschen könnte demnach ein verzögertes Frühstück zu einer Verbesserung des Schlaf-Wach-Zyklus führen. Eine Studie aus dem Jahr 2019 konnte hierzu eine veränderte Beeinflussung der PER-Genexpressionsrhythmen in Abhängigkeit von der Zeitraumlänge zwischen zwei Mahlzeiten feststellen. Es wurde geschlussfolgert, dass ein Frühstück nach einer längeren Fastenzeit einen stärkeren regulativen Effekt auf das Uhren PER hat (Haraguchi et al. 2019).

Weiterhin zeigen systematische Übersichtsarbeiten einen eindeutigen Zusammenhang zwischen dem Verzehr eines Frühstücks, einer geringeren Gesamtkalorienaufnahme, besseren Gewichtskontrolle und Sättigung sowie einem geringeren Risiko für Übergewicht und Adipositas (Ma et al. 2020; Wicherski et al. 2021). Insbesondere die größere prozentuale Verteilung der Gesamtkalorienaufnahme hin zum Frühstück kann diesen metabolischen Zusammenhang verstärken (Chamorro et al. 2022). Der indirekte positive Effekt auf die Schlafqualität und Schlafdauer entsteht durch die niedrigere Prävalenz von Schlafunterbrechungen unter Normalgewichtigen (Darroudi et al. 2021). Allgemeinhin gelten Übergewicht und besonders Adipositas ($BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$) als Risikofaktoren für obstruktive Schlafapnoe und eine kürzere akkumulierte Schlafdauer (Xia et al. 2023). Eine US-amerikanische Studie konnte zeigen, dass adipösen Menschen doppelt so viele subjektive Schlafprobleme haben, wie nicht adipöse Menschen (Jehan et al. 2017). Eine erst letztes Jahr veröffentlichte fünfwöchige RCT-Studie hat diesbezüglich die Schlafqualität bei gesunden Erwachsenen mit einem festgelegten frühen Beginn (6 bis 15 Uhr) der zeitlich begrenzten Kalorienaufnahme (eTRE) mit einer späten TRE (11 bis 20 Uhr) und einem selbst festgelegten Zeitfenster (ad libitum) verglichen. Die Forscher konnten eine größere, jedoch nicht signifikante Verbesserung der Schlafqualität in der eTRE Gruppe im Vergleich zu den beiden anderen darstellen (Xie et al. 2022). Zudem zeigt eine aktuelle koreanische Studie signifikante Verbesserungen mithilfe einer eTRE hinsichtlich der Gewichtsreduktion und metabolischen Prozessen in jungen Erwachsenen (Kim und Song 2023).

Auch wenn es vielen Menschen einfacher fällt das Frühstück auszulassen, stellen das späte Muster der TRE bzw. das Auslassen des Frühstück ein weiteres Problem dar (Pot 2018). Die Ergebnisse einer japanischen Studie deuten darauf hin, dass Insulin ein unmittelbarer Faktor bei der ernährungsbedingten gewebespezifischen Steuerung der POZ sein könnte (Sato et al. 2014). Wenn die nachgewiesenen hormonellen Effekte einer Nahrungsaufnahme, wie die Synthese von Insulin und anderen glukoregulatorischen Hormonen, erst am Mittag stattfinden, könnte dies zwangsläufig auch zu einer Verschiebung der Insulinsensitivität des Körpers auf einen späteren Zeitpunkt führen. Eine Chrono-Störung des synchronen Verlaufs aus POZ und lichtreguliertem SCN wäre folglich wahrscheinlich. (Kim et al. 2021; Skene et al. 2018).

Wie in Kapitel 2.2.1 kurz beschrieben, führt eine schlechte Schlafqualität induziert durch einen verschobenen Schlaf-Wach-Rhythmus bzw. einer Chrono-Störung zu einem verzögerten Anstieg des Appetithormons Ghrelin und des Glückshormons Serotonin am Morgen. Eine verzögerte Aufnahme des Frühstück könnte somit ebenso durch einen geringeren Appetit und mangelnder Gemütsverfassung aufgrund einer schlechten Schlafqualität verbunden sein (Chang et al. 2021). Schlussendlich kann demnach keine eindeutige Kausalität zwischen dem Verzehr eines Frühstück und einer besseren Schlafqualität anhand der derzeitigen Evidenz belegt werden. Es sprechen jedoch viele indirekte Konsequenzen dafür.

5.1.3 Letzte Mahlzeit

Gegenwärtig sind die Auswirkungen des Zeitpunktes der abendlichen Mahlzeiten auf den Schlaf in einer gesunden Bevölkerung nur Gegenstand weniger Studien im Vergleich zu Untersuchungen der zirkadianen Desynchronität und Stoffwechselstörungen bei übergewichtigen und erkrankten Menschen (Paoli et al. 2019; McStay et al. 2021; Pattnaik et al. 2022; Pot 2018).

Die zuvor genannten Argumente zum Verzehr eines Frühstück legen einen Ernährungszyklus nahe, der einen großen Anteil der Gesamtkalorienaufnahme auf eine Uhrzeit fern der eigenen abendlichen Schlafenszeit platziert, um negative Auswirkungen auf den zirkadianen Schlaf-Wach-Rhythmus zu vermeiden. Die in der vorliegenden Studie festgestellte Korrelation zwischen einer Mahlzeit innerhalb der letzten Stunde vor der Schlafenszeit und einer schlechteren Schlafqualität attestieren diese Hypothese und wurde bereits durch die folgenden Studien bestätigt.

Die Forscher Chung et al. (2020) konnten in ihrer Studie zeigen, dass der Zeitpunkt der Mahlzeiten einen modifizierbaren Risikofaktor für nächtliches Erwachen bei gesunden Erwachsenen darstellt. Die Probandengruppe der Studie, die ihre letzte Mahlzeit innerhalb der letzten drei Stunden vor der Schlafenszeit zu sich nahmen, hatten eine höhere Wahrscheinlichkeit für nächtliches Erwachen als die Probandengruppe, welche ihre letzte Mahlzeit mehr als drei Stunden vor der Schlafenszeit verzehrten. Die Forscher charakterisieren die Unterbrechungen des Schlafs als einen wesentlichen Einflussfaktor der Schlafqualität (Chung et al. 2020).

Auch Iao et al. (2021) konnten zeigen, dass die Nahrungsaufnahme eine Stunde vor der Schlafenszeit zu einer kompensatorischen Verlängerung des Schlafes sowie einer signifikanten Erhöhung der Schlafunterbrechungen führen kann. Je länger das Intervall war, in dem vor der Schlafenszeit gegessen oder getrunken wurde, desto geringer war die Wahrscheinlichkeit, dass die Schlafdauer zu kurz oder lang war oder Unterbrechungen auftraten (Iao et al. 2021).

Diesbezüglich haben es die TRE-Interventionen der letzten Jahre durchgehend geschafft, das Ende der Essenszeitfenster auf einen früheren Zeitpunkt zu verlegen (Yoshitake et al. 2023). Zwei Studien konnten den Esszeitraum ihrer TN durch ein selbstständig festgelegtes TRE-Fenster auf zehn bzw. neun Stunden reduzieren. Dies resultierte in einer verringerten Aufnahme nächtlicher Mahlzeiten und eine signifikante Verbesserung der Schlafdauer der TN (Gill und Panda 2015; Simon et al. 2022). Überdies konnten Kesztyüs et al. (2020) mit einem ähnlichen Studienaufbau eine signifikante Verbesserung der Schlafqualität von $9,60 \pm 13,90$ Punkten (visuelle Analogskala von 0 bis 100) herbeiführen.

Ein möglicher Erklärungsansatz für diese positiven Effekte ist eine atypische Veränderung von neuroendokrinen Signalen durch die zeitliche Fehlverteilung der Makronährstoffe bei nächtlichem Verzehr. Neuroendokrine, efferente Signale wie der Hunger, werden durch eine vermehrte Synthese von Ghrelin (Wachstumshormon) bei nächtlicher Nahrungsaufnahme gestört. Das Signal Hunger tritt folglich zu unpassenden Phasen der metabolischen Fastenzeit auf und stört die Schlafruhe (St-Onge et al. 2016a). Darüber hinaus bildet die postprandiale Thermogenese der Nährstoffzersetzung einen primären Anhaltspunkt für die negativen Einflüsse einer späten Mahlzeit auf die Schlafqualität. Ätiologisch ist die mit der Thermogenese verbundene Sekretion von melatoninhemmenden und durchblutungsfördernden

Hormonen wie Cortisol, Serotonin, Dopamin und Noradrenalin. (Iao et al. 2021; Peuhkuri et al. 2012; Flanagan et al. 2021). Dahingehend wurde ebenfalls festgestellt, dass Menschen, die im Allgemeinen dazu tendieren, ihre täglichen Aktivitäten in die späten Stunde des Tages zu verschieben (Abendtypen), eine höhere abendliche Konzentration des Stresshormons Cortisol besitzen und öfter von Schlafapnoe betroffen sind als Frühaufsteher (Morgentypen) (Lucassen et al. 2013).

Wie schon in 5.1.2 beschrieben, kann die Synthese von Insulin eine übergeordnete Rolle für die gewebespezifische Steuerung der POZ spielen. Eine späte letzte Mahlzeit kann diesbezüglich ebenfalls zu abnormen Rhythmen von Stoffwechselformonen führen. Bereits nachgewiesen wurden ein verringerter nächtlicher Anstieg von Leptin sowie eine Phasenverschiebung von Ghrelin, Cortisol und ebenfalls Insulin durch nächtliche Mahlzeiten (Meléndez-Fernández et al. 2023). Eine frühe Abendmahlzeit kann dementsprechend zu einer besseren Schlafqualität beitragen, indem der Insulinspiegel zur Schlafenszeit konstant auf niedrigem Niveau besteht und der gastrointestinale Trakt in einen passiven Zustand übergeht. Nahrungsmittel mit einem hohen glykämischen Index kurz vor der Schlafenszeit beeinflussen die Insulindynamik stärker (abhängig von der glykämischen Last) und könnten dadurch die Schlafqualität verringern (Grummon et al. 2021; Sato et al. 2014; Afaghi et al. 2007). Die vorliegende Korrelation der Hypothese 5 unterstützt diese Argumentation. Leichte Mahlzeiten sind demzufolge kurz vor der Schlafenszeit akzeptabel, schwere Mahlzeiten führen jedoch zu vermehrten Schlafunterbrechungen (Iao et al. 2021).

Die Stoffwechselformöostase betrachtend sollte die letzte Mahlzeit so geplant werden, dass eine Magenentleerung zum Zeitpunkt der Schlafenszeit vorliegt. Die durchschnittliche Verdauungszeit nach der Nahrungsaufnahme beträgt für gewöhnlich zwei bis vier Stunden. Die Verdauungszeit erhöht sich jedoch mit steigender Menge und schwerer Verdaulichkeit der Nahrungsmittel. Insbesondere große Mahlzeiten und schwerverdauliche Lebensmittel (z.B. Fleisch, Bohnen und Rohkost) sind dementsprechend am späten Abend hinsichtlich der Verdauungszeit als möglicher Stressor für den Schlaf anzusehen und haben das Potenzial die zirkadianen Schlaf-Wach-Rhythmen zu stören. Der Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme kann somit nicht als absoluter Wert angegeben werden. Zudem kann eine stärkere Belastung des Magen-Darm-Traktes durch größere, nächtliche Mahlzeiten nicht nur zu einer Stimulierung der POZ führen, sondern auch durch den gastroösophagealen Reflux für nächtliches Erwachen verantwortlich gemacht werden (Chung et al. 2020). Das

Konsumieren von Nahrungsmitteln innerhalb der beschriebenen Verdauungszeit kann zu einer unvollständigen digestiven Zersetzung führen und infolge mit dem Schlaf interferieren. (Gupta et al. 2022; Iao et al. 2021; Chung et al. 2020; Reynolds et al. 2017; Spaeth et al. 2013)

Die Nahrungsaufnahme und der zirkadiane Schlaf-Wach-Rhythmus haben aus dieser Perspektive antagonistische Wirkweisen. Ein Anstieg der Melatoninkonzentration führt zu einer Herabsetzung der Körperkerntemperatur und einer Stimulierung des Parasympathikus. Die Nahrungsaufnahme führt im Gegensatz dazu zu einer Steigerung der Körperkerntemperatur und eine Stimulierung des Sympathikus (Miranda-Riestra et al. 2022; Xie et al. 2019). Der Zubereitungsprozess einer verspäteten Mahlzeit könnte zudem in einer vermehrten Absorption von Licht und Wärme, folglich einer Chrono-Störung, führen (Boege et al. 2021).

Es ist zu erkennen, dass es jedoch Ausnahmen in dem Effekt der letzten Nahrungsaufnahme geben kann. So zeigen die Ergebnisse einer aktuellen Studie, dass ein Abendessen 1,5 Stunden vor der Schlafenszeit bei Leistungssportlern (junge Rugby-Sportler) zu einer besseren Schlafqualität und Schlafeffizienz führt, als ein Abendessen 3,5 Stunden vor der Schlafenszeit (Lehmann et al. 2023). Korrespondierend wurde durch eine internationale Übersichtsarbeit festgestellt, dass eine unzureichende Aufnahme von Makronährstoffen weniger als zwei Stunden vor der Schlafenszeit eine negative Auswirkung auf die Schlafqualität von Leistungssportlern besitzt (Doherty et al. 2019).

5.1.4 Regelmäßige Mahlzeit

Entgegen einer Vielzahl von Studienergebnissen der letzten vier Jahre konnte diese Studie einen Zusammenhang zwischen der Regelmäßigkeit der Nahrungsaufnahme und der Schlafqualität feststellen (McStay et al. 2021; Kalam et al. 2021; Ezpeleta et al. 2023; Cienfuegos et al. 2022; Gabel et al. 2019). Die positive Korrelation zwischen der tagesrhythmischen Regelmäßigkeit der Aufstehzeit sowie der Schlafenszeit und der Schlafqualität in der vorliegenden Studie unterstützt den Bezugsrahmen, nachdem die Regelmäßigkeit ein ausschlaggebender Faktor ist. Regelmäßige Gewohnheiten nehmen folglich eine primäre Rolle in der Schlafqualität ein.

Eine japanische Studie konnte attestierend bereits zeigen, dass irreguläre Mahlzeiten unter der Woche und am Wochenende negativ mit der Schlafqualität und der Schlafdauer korrelieren (Tahara et al. 2021). Eine weitere französische Studie belegt,

dass die regelmäßige Einnahme einer Mahlzeit (tägliches Frühstück: 07:30 Uhr, Mittagessen: 12:30 Uhr und Abendessen: 19:30 Uhr) in Verbindung mit wenigen Proteinen und vielen Kohlehydraten den Schlaf verbessern kann (Saidi et al. 2022). Eine Kombination aus maximal zwei bis drei regelmäßigen Mahlzeiten pro Tag, inklusive einem Frühstück, welches bereits einen hohen Anteil des Tagesenergiebedarfs deckt, und regelmäßigen Fastenperioden können weiterhin die zirkadiane Rhythmik, Stressresistenz und Darmmikrobiota positiv beeinflussen (Paoli et al. 2019).

Andererseits zeigen mehrere neue Studien, dass das intermittierende Fasten, mit seinem täglich wiederholenden Rhythmus, keinen signifikanten Einfluss auf die Schlafqualität oder Schlafdauer von übergewichtigen Menschen mit Schlafproblemen besitzt (McStay et al. 2021; Kalam et al. 2021; Ezpeleta et al. 2023; Cienfuegos et al. 2022; Wilkinson et al. 2019; Xie et al. 2022). Der Studienansatz des intermittierenden Fastens kann jedoch dahingehend kritisiert werden, dass einige Studien nicht überwachen, zu welcher Uhrzeit das Zeitfenster der Nahrungsaufnahme beginnt und wie regelmäßig innerhalb des Zeitfensters gegessen wird bzw. wie viele Zwischenmahlzeiten gegessen werden (Kalam et al. 2021; Xie et al. 2022). Ebenfalls zu kritisieren ist die späte Anfangszeit des Esszeitfensters in drei Studien, welche erst zum Nachmittag zwischen 12 Uhr und 15 Uhr angefangen sind und dadurch den Insulin-Rhythmus verändert haben könnten (Cienfuegos et al. 2022; Lowe et al. 2020; Ezpeleta et al. 2023). Da das TRE meist mit einer Kalorienrestriktion verbunden ist, kann darüber hinaus nicht ausgeschlossen werden, dass die Kalorienrestriktion und eine damit verbundene geringere Aktivität oder eine unzureichende Nährstoffaufnahme für die Ergebnisse verantwortlich sind. Die langfristigen passiven Effekte der TRE betrachtend, haben die gesichteten Studien zudem keine ausreichende Studienlänge.

Die enge Beziehung zwischen der Insulinsynthese bzw. -resistenz und der Schlafqualität ist jedoch paradox zu den nicht signifikanten Unterschieden. Die meisten TRE-Interventionen belegen einen positiven Einfluss auf die Gewichts- und Blutzuckerregulation, kardiometabolisch relevante Biomarker und den Zeitabstand der Nahrungsaufnahme zur Schlafenszeit. Dieser Einfluss besteht unerheblich vom gewählten TRE-Tageszyklus (Parr et al. 2022; Simon et al. 2022). Dazu kann die deregulierende Kohlenhydratoxidation ebenso wie der Blutzuckerspiegel während des Schlafes durch eine TRE gesenkt werden (Yoshitake et al. 2023). Attestierend kann

eine Schlafreduktion auf vier Stunden für eine Woche die Insulinresistenz, ähnlich einer leichten Diabeteserkrankung, erhöhen und eine Hyperglykämie verursachen (Nathan 2015).

5.1.5 Selbsterfüllende Prophezeiung

Nicht jede Störung des Schlaf-Wach-Rhythmus kann einzig und allein auf eine licht- oder nahrungsbedingte Chrono-Störung zurückgeführt werden. Ein breiterer, mehrdimensionaler Ansatz zur Untersuchung der Schlafqualität und Schlafhomöostase in Verbindung mit den Verhaltens- und Umweltfaktoren ist daher notwendig. Insgesamt können neben der Chrono-Störung viele weitere physische, psychische, soziale und behaviorale Einflussfaktoren zu einer verminderten Schlafqualität führen (RKI 2022).

Bezüglich der psychischen Einflussfaktoren hat die vierte Dimension bzw. das zwölfte Item des CNQ die subjektive Einschätzung (Suggestion) zum Einfluss der Mahlzeit auf den Schlaf abgefragt, um das Phänomen der selbsterfüllenden Prophezeiung darzustellen. Es wurde eine signifikante Korrelation zwischen einer hohen Suggestion und einer schlechteren Schlafqualität ($r=0,294$; $p<0,001$) gefunden. Demnach besitzen die TN, die subjektiv den Gedanken verfolgen, dass der Zeitpunkt der Mahlzeiten ihre Einschlaf- bzw. Durchschlafqualität beeinflusst, eine schlechtere Schlafqualität.

Diese Ergebnisse werden durch den aktuellen Forschungsstand verifiziert. Eine Studie zeigt, dass Menschen, die unter einem Schlafproblem leiden, eine höhere kognitive Erregung vor der Schlafenszeit besitzen als Menschen ohne Schlafproblem (Kalmbach et al. 2018). Die messbare kognitive Verarbeitung des Tages- und Nachtverlaufs bzw. die Reflektion eigener Verhaltensweisen (Essverhalten), stehen ebenso wie dysfunktionalen Überzeugen (Katastrophisierung) im Zusammenhang mit Schlafproblemen und auch Depressionen (Kalmbach et al. 2019). Die dysfunktionale Überzeugung, dass ein bestimmtes Essverhalten den Schlaf beeinflussen könnte, sorgt in diesem Fall für einen zusätzlichen psychischen Stressor vor der Schlafenszeit, welcher die Einschlaf- und Durchschlafqualität durch verschiedene Stresshormone beeinträchtigen kann (Garde et al. 2011). Die kognitiven Muster dieser Menschen begünstigen sich gegenseitig und verstärken so die Unfähigkeit, gesund zu schlafen oder die Wahrscheinlichkeit, an Depressionen zu erkranken (Kalmbach et al. 2019).

In diesem Fall besitzen die negativen erfahrungsbedingten Gedankengänge einen negativen Einfluss auf den Schlaf, ohne einen dahinterliegenden physischen Hintergrund zu besitzen (Brasure et al. 2015). Die kognitive Inanspruchnahme überwindet folglich den physischen Bedarf der Schlafhomöostase. Folglich könnte eine kombinierte Strategie aus strukturierten, edukativen Maßnahmen, sokratischer Befragung und kognitiver Verhaltenstherapie, mit dem Ziel negative Überzeugungen bzw. Denkmuster zu erfassen und umzukehren, dabei helfen, den schlafstörenden Faktor der selbsterfüllenden Prophezeiung zu beseitigen (Edinger et al. 2021; Wong et al. 2017).

5.1.6 Einfluss des BMI, Bildung, Beruf und Wohnort

Der aktuelle Forschungsstand aus verschiedenen Ländern zeigt, dass Menschen mit einem hohen BMI tendenziell öfter von Schlafproblemen und einer niedrigeren Schlafqualität betroffen sind. Menschen mit Schlafproblemen bzw. einem unzureichenden Schlaf besitzen zudem eine ungünstigere Ernährungsqualität und Kalorienzufuhr als Menschen, die länger als sieben Stunden schlafen. Es existiert dementsprechend ein bidirektionaler Zusammenhang. (Jansen et al. 2020; Pattnaik et al. 2022; Pot 2018). Auch Kinder sind hiervon betroffen und reagieren bei schlechtem Schlaf beispielsweise mit emotionalen Essattacken und einer stärkeren körperlichen Reaktion auf Nahrungsmittel (Miller et al. 2019).

In der vorliegenden Studie wurde keine signifikante Korrelation zwischen dem BMI und der Schlafqualität oder Schlafdauer festgestellt. Die signifikant positive Korrelation zwischen dem BMI und dem Zeitabstand sowie der Regelmäßigkeit des Abendessens könnte jedoch zeigen, dass Menschen mit einem höheren BMI dazu tendieren, durch ein kleineres Zeitfenster der Nahrungsaufnahme weniger Kalorien zu sich zu nehmen (Intervallfasten) bzw. es vermeiden, vor der Schlafenszeit noch etwas zu verzehren. Die invers interpretierte Schlussfolgerung, dass kleinere Zeitfenster der Nahrungsaufnahme zu einem höheren BMI führen, konnte bereits in anderen Studien widerlegt werden. (Kim und Song 2023; Templeman et al. 2020; Wilkinson et al. 2019). Im Zusammenhang mit dem Intervallfasten kann noch nicht gesagt werden, ob die positiven Effekte auf die Gesundheit und den Schlaf mit der verringerten Kalorienaufnahme, dem Gewichtsverlust oder der Reduktion des Esszeitraumes begründet werden können (Queiroz et al. 2021).

Darüber hinaus konnte in der vorliegenden Studie keine signifikante Korrelation zwischen dem Schlaf und dem Effekt der Bildung, des Berufs und des Wohnortes gefunden werden. Diese Faktoren sind jedoch keineswegs zu vernachlässigen (RKI 2022; Pot 2018).

5.2 Methodenkritik und Limitation

Die vorliegende Studie mit ihrer Methode der quantitativen empirischen Feldforschung weist ein moderates Risiko für eine Verzerrung der Ergebnisse auf. Die hier gewählte Stichprobe ist, in Bezug auf das Durchschnittsalter und den Bildungsgrad, nicht repräsentativ für die allgemeine deutsche Bevölkerung unter 59 Jahren (Destatis 2020).

Die Anzahl der TN von $n=225$ sowie der Ausschluss von Schichtarbeitenden kann als positiv angesehen werden, wohingegen größtenteils die Akquisition der TN (willkürliche Stichprobe) und die nur eingeschränkte Verblindung der TN und des Versuchsleiters zu möglichen Selektions-Bias bzw. systemischen Fehlern vor und während der Beantwortung der Fragebögen geführt haben könnten. Die Tatsache, dass die TN die Hypothesen der vorliegenden Studie nicht kannten (Verblindung), könnte jedoch die Verzerrung der Antworten im Bezug auf das Bias der sozialen Erwünschtheit und den persönlichen Zusammenhang zwischen dem Frühstück / Abendessen und dem Schlaf verringert haben.

Auch wenn der SQS-Fragebogen international zu anderen Fragebögen wie dem PSQI validiert ist, besteht aufgrund der subjektiven Einschätzung der Schlafqualität (ggf. abhängig vom aktuellen Gemütszustand, Erinnerungsvermögen und der Tageszeit) eine weitere Fehlerquelle. Eine aktuelle Übersichtsarbeit zeigt, dass nur eine niedrige Korrelation zwischen subjektiven und objektiven Methoden der Schlafqualitätsmessung in früheren Studien festgestellt werden konnte (Yoshitake et al. 2023). Eine Ergänzung der SQS durch eine objektive Schlafqualitätsmessung, wie die Polysomnographie, könnte folglich diese Fehlerquelle verringern.

Die Einschränkungen beziehen sich ebenso auf die Reliabilität sowie Validität des neu erstellten Fragebogen CNQ. Der CNQ weist einige Einschränkungen auf. Demnach wurden ernährungsbezogene Variablen, wie die Größe und die Zusammensetzung bzw. Qualität der Mahlzeiten, nicht abgefragt. Da dies jedoch individuell unterschiedliche Auswirkungen haben kann (im Bezug auf das Geschlecht, die

Körpergröße, Körperzusammensetzung und den Stoffwechsel) ist eine Erhebung dieser Daten wiederum mit hohen Fehlern verbunden.

Darüber hinaus hat keine Abfrage weiterer Lebensstilfaktoren wie Ruhe- und Bewegungsphasen oder der Nikotin-, Koffein- und Alkoholkonsum stattgefunden, obwohl diese ebenfalls bestimmende Faktoren des Schlafes sind (RKI 2022). So zeigt eine Übersichtsarbeit, dass eine Begrenzung des Konsums von Nikotin, Alkohol und Koffein auf mindestens vier Stunden vor dem Schlafengehen zu einem besseren Schlaf führen kann (Pattnaik et al. 2022). Weiterhin können die Jahreszeit, Urlaubszeiten, unregelmäßige Tagesabläufe und kürzlich veränderte Ernährungsgewohnheiten die Ergebnisse verfälschen.

Die vorliegende Studie hat zudem keine Kategorisierung der TN nach Chronotypen bzw. der persönlichen zirkadianen Präferenz durchgeführt. Es hat diesbezüglich folglich keine Aufteilung der Stichprobe nach Morgen- oder Abendtypen stattgefunden. Die mangelnde Korrelationen zwischen der Schlafenszeit und der Schlafqualität könnte darauf zurückgeführt werden, dass ein Zwischen- oder Abendtyp mit einer späten Schlafenszeit besser zurecht kommt, als ein Morgentyp und andersherum (Vitale und Weydahl 2017).

Des Weiteren sind eindeutige Schlussfolgerungen bei TN, die bei Studienbeginn eine gesunde Schlafdauer und keine klinische Schlaflosigkeit aufwiesen wesentlich schwieriger zu messen. Es bestand nur wenig Spielraum für eine Verbesserung der Messgrößen.

Schließlich können alternative Erklärungsansätze für die festgestellten Korrelationen nicht ausgeschlossen werden. Wie bereits beschrieben, können umgekehrte Kausalitäten von der Schlafqualität bzw. -dauer auf die Nahrungsaufnahme bestehen (vgl. 5.1.2).

6 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend können die Ergebnisse der vorliegenden Studie weitere Evidenz für den relevanten Einfluss der ernährungsgesteuerten POZ auf die Schlafqualität hervorbringen.

Weiterhin können die Ergebnisse einen Nachweis für den negativen Einfluss einer Nahrungsaufnahme kurz vor der individuellen Schlafenszeit auf die Schlafqualität abbilden. Die Regelmäßigkeit kann im Gegensatz dazu einen positiven Einfluss auf die Schlafqualität hervorbringen. Insbesondere im Bezug auf die Nahrungsaufnahme und die Schlafenszeit konnten Korrelationen gefunden werden. Zuletzt konnte der hohe Stellenwert der Suggestion zum Essverhalten und der Schlafqualität erkannt werden. Bezogen auf die primären Forschungsfragen konnte jedoch keine positive Korrelation zwischen einer tageszeitlich frühen Frühstückszeit oder Abendmahlzeit und der Schlafqualität oder -dauer gefunden werden. Grundlegend darf dabei nicht unerwähnt bleiben, dass die vorliegenden Ergebnisse sich hauptsächlich auf gesunde, junge Frauen und Männer unter 45 Jahren beziehen. Ebenso ist die Schlafqualität abhängig von multidimensionalen Faktoren, welche nur schwer durch eine Studie darstellbar sind. Der Zusammenhang zwischen der Ernährung und dem Schlaf ist darüber hinaus reziprok. Metabolische Muster sind teilabhängig von dem zirkadianen Rhythmus. Eine Stimulierung des Metabolismus beeinflusst entgegengesetzt die Oszillation der POZ.

6.1 Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse

Die Diskussion zeigt, dass die Auswirkungen des Zeitpunktes der Nahrungsaufnahme immer noch stark umstritten sind und es auch aktuell noch widersprüchliche Studienergebnisse gibt. Zusammengenommen kann jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit gesagt werden, dass eine außerordentliche Verschiebung der Zeitpunkte der Nahrungsaufnahme zu einer Veränderung der Schlafqualität führen kann.

Insgesamt kann gesagt werden, dass der zirkadiane Rhythmus im menschlichen Körper ubiquitär ist. Jeder Prozess des Körpers ist direkt oder indirekt durch die aktive Verarbeitung der Zeitgeber gesteuert. Der Einfluss des zirkadianen Rhythmus auf den Schlaf liegt in der komplexen biologischen Vernetzung des Gehirns mit den POZ.

Viele Studienergebnisse zeigen eine molekulare bzw. chronobiologische Veränderung der POZ und endokrinen Einflussfaktoren durch ein zeitlich verschobenes

Essverhalten. Eine starke nächtliche Insulindynamik aufgrund später bzw. nächtlicher Mahlzeiten kann folglich zu einer Chrono-Störung beitragen. Zudem sprechen viele indirekte Langzeitfaktoren einer kontrollierten frühen Nahrungsaufnahme von Menschen mit Übergewicht für einen positiven Einfluss auf die Schlafqualität und -dauer.

Die signifikanten Korrelationen zwischen der Regelmäßigkeit der Nahrungsaufnahme und dem BMI sowie der Schlafqualität bestätigen die vorherrschende Meinung, dass ein regelmäßiger Konsum der Hauptmahlzeiten und Tagesablauf für einen gewichtsreduzierenden und damit schlaffördernden Lebensstil förderlich ist. Diese Studie zeigt insbesondere, dass das Entrainment des zirkadianen Rhythmus stärker durch die Regelmäßigkeit als durch die Uhrzeit der Nahrungsaufnahme und des Schlaf-Wach-Rhythmus beeinflusst wird. Inwieweit dies jedoch den zentral gesteuerten Schlaf-Wach-Rhythmus des SCN und die Schlafhomöostase beeinflusst, ist bisher nicht zu definieren. Die zentrale Frage bleibt, in welchem Maße die ernährungsregulierte Produktion von schlafhemmenden Hormonen in den POZ einen Einfluss auf die lichtabhängige Produktion vom schlaffördernden Melatonin im SCN besitzt, sowie in welchem Maße die POZ die Melatoninproduktion beeinträchtigen. Zum heutigen Zeitpunkt stellt das frühzeitliche Intermittierende Fasten (eTRE) eine eingeschränkt wirkungsvolle aber leicht umzusetzende Ernährungsmethode für Patienten mit Schlafstörungen dar. Die Regelmäßigkeit hat dabei wahrscheinlich einen größeren Einfluss als die Uhrzeit (vorausgesetzt diese Uhrzeit befindet sich nicht in der eigentlichen Schlafenszeit).

6.2 Schlussfolgerung

Die Chrono-Nutrition könnte nicht nur zu einer Verbesserung der allgemeinen Volkskrankheiten beitragen, sondern auch zu einer Verbesserung der Schlafqualität. Auch wenn die Umstellung der Nahrungsaufnahme vielen Menschen aufgrund ihres Alltags schwer zu fallen scheint (s. hohe Dropout Rate in TRE-Studien), könnte das TRE für andere wiederum eine einfache Art sein, die Kalorienaufnahme zu begrenzen und gleichzeitig ihrem Körper eine längere Fastenperiode zu bieten.

Die Diskrepanz zwischen dem Schlafwissen der Menschen und ihrem derzeitigen Schlafverhalten spricht für eine individuell und gesellschaftlich zu geringe Wertschätzung des Schlafes bzw. einer ungesunden Beziehung zum Schlaf. Insgesamt braucht Deutschland eine verstärkte Aufklärung, Vorbeugung und leicht zugängliche

Therapiemöglichkeiten für Schlafstörungen, um die aktuelle Tendenz aufzuhalten. Schlaftherapeuten sollten am Anfang einer Therapie die selbsterfüllende Prophezeiung positiv stimmen, um dysfunktionale Gedankengänge zu verhindern.

6.3 Ausblick auf zukünftige Forschungen

Zukünftige Studien sollten sich bei ihren Interventionen auf die Regelmäßigkeit der Mahlzeiten und einen Abstand der letzten Mahlzeit von mehr als einer Stunde vor der Schlafenszeit konzentrieren. Eine mögliche Aufteilung der TN nach Chronotypen könnte ebenfalls interessante Unterschiede im Bezug auf die Auswirkungen der Chrono-Nutrition aufzeigen. Ebenso wäre eine psychische Intervention zu dysfunktionalen Überzeugungen zum Essverhalten und dem Schlaf sinnvoll, um unser Verständnis der Beziehung zwischen der Psyche und dem Schlaf zu verbessern. Zukünftige Studien sollten sich auf die Größe und Zusammensetzung der letzten Mahlzeit vor der Schlafenszeit konzentrieren, um die Auswirkungen der Abendmahlzeit besser erfassen zu können. Aktuelle Forschungsergebnisse verdeutlichen aufs Neue, dass ein optimales Zeitfenster der Nahrungsaufnahme bzw. der TRE noch nicht gefunden wurde bzw. nicht existiert und in künftigen Studien näher erforscht werden sollte. (Xie et al. 2022; Kim und Song 2023)

6.4 Handlungsempfehlung für die Praxis

Zum heutigen Tag gibt es keine alleinige beste Ernährungsstrategie, um den Schlaf zu fördern. Mögliche Ernährungsstrategien zur Steuerung einer zirkadian ausgerichteten Ernährung bestehen in Form der eTRE. Drei größere Mahlzeiten innerhalb von 10 bis 12 Stunden über den Tag verteilt können eine ausreichende Fastenzeit zwischen und nach den Mahlzeiten gewähren. Ein Großteil der Gesamtkalorien sollte in der ersten Hälfte des Tages bzw. vor dem Abend gegessen werden. Darüber hinaus sollten nächtliche große Mahlzeiten vermieden werden, insbesondere wenn das Frühstück ausgelassen wurde. Das allgemein hin bekannte Credo „Frühstücken wie ein Kaiser, Mittagessen wie ein Edelmann, Abendessen wie ein Bettelmann“ kann weiterhin verwendet werden, solange der körperliche Energiebedarf dies zulässt.

Danksagung

Zum Ende meiner Thesis möchte ich mich von ganzem Herzen bei allen bedanken, die mich bei der Datenerhebung und Verschriftlichung meiner Masterthesis unterstützt haben.

Vielen Dank an Alessandra Ventola für ihre Unterstützung bei dem Fragebogen.

Vielen Dank an Lea Borchert für ihre Unterstützung bei statistischen Fragen.

Vielen Dank an Anne Heilemann für die Korrektur und die wertvollen sprachlichen Tipps.

Großen Dank an meine Familie und besonders meine Mutter. Nur mit eurer lebenslangen Unterstützung konnte ich diese herausfordernde Aufgabe bewältigen.

Besonders möchte ich Alexander Smuda für seine persönliche und fachliche Kompetenz und Freundschaft in den letzten zwei Jahren des Masterstudiums danken. Ich hoffe auf viele weitere intellektuelle gemeinsame Diskussionen.

Schließlich möchte ich Herr Prof. Dr. rer. nat. habil. Christoph Böhmer danken für seine gelassene und gleichzeitig sehr kompetente wissenschaftliche Betreuung meiner Thesis.

Kleve, den 26.11.2023

N. Heilemann

Literaturverzeichnis

- Adolphus, Katie; Lawton, Clare L.; Champ, Claire L.; Dye, Louise (2016): The Effects of Breakfast and Breakfast Composition on Cognition in Children and Adolescents: A Systematic Review. In: *Advances in Nutrition* 7 (3), 590–612.
- Afaghi, Ahmad; O'Connor, Helen; Chow, Chin Moi (2007): High-glycemic-index carbohydrate meals shorten sleep onset. In: *The American journal of clinical nutrition* 85 (2), S. 426–430.
- Al Abdi, Tamara; Andreou, Eleni; Papageorgiou, Alexia; Heraclides, Alexandros; Philippou, Elena (2020): Personality, Chrono-nutrition and Cardiometabolic Health: A Narrative Review of the Evidence. In: *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)* 11 (5), S. 1201–1210.
- Alonzo, Rea; Hussain, Junayd; Stranges, Saverio; Anderson, Kelly K. (2021): Interplay between social media use, sleep quality, and mental health in youth: A systematic review. In: *Sleep medicine reviews* 56, S. 101414.
- Andreani, Tomas S.; Itoh, Taichi Q.; Yildirim, Evrim; Hwangbo, Dae-Sung; Allada, Ravi (2015): Genetics of Circadian Rhythms. In: *Sleep medicine clinics* 10 (4), S. 413–421.
- Archer, Simon N.; Carpen, Jayshan D.; Gibson, Mark; Lim, Gim Hui; Johnston, Jonathan D.; Skene, Debra J.; Schantz, Malcolm von (2010): Polymorphism in the PER3 promoter associates with diurnal preference and delayed sleep phase disorder. In: *Sleep* 33 (5), S. 695–701.
- Ballesio, Andrea; Aquino, Maria Raisa Jessica V.; Kyle, Simon D.; Ferlazzo, Fabio; Lombardo, Caterina (2019): Executive Functions in Insomnia Disorder: A Systematic Review and Exploratory Meta-Analysis. In: *Frontiers in psychology* 10, S. 101.
- Balsalobre, Aurélio; Brown, Steven A.; Marcacci, Lysiane; Tronche, Francois; Kellendonk, Christoph; Reichardt, Holger M. et al. (2000): Resetting of circadian time in peripheral tissues by glucocorticoid signaling. In: *Science (New York, N.Y.)* 289 (5488), S. 2344–2347.
- Barbato, Giuseppe (2021): REM Sleep: An Unknown Indicator of Sleep Quality. In: *International journal of environmental research and public health* 18 (24).
- Barmer (2020): Analyse zu Schlafstörungen | BARMER. Teenager liegen nachts immer häufiger wach. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.barmer.de/presse/presseinformationen/pressearchiv/analyse-zu-schlafstoerungen-1059186>, zuletzt aktualisiert am 30.10.2023, zuletzt geprüft am 30.10.2023.
- Barrea, Luigi; Verde, Ludovica; Di Lorenzo, Cherubino; Savastano, Silvia; Colao, Annamaria; Muscogiuri, Giovanna (2023): Can the ketogenic diet improve our dreams? Effect of very low-calorie ketogenic diet (VLCKD) on sleep quality. In: *Journal of translational medicine* 21 (1), S. 479.
- Bass, Joseph (2012): Circadian topology of metabolism. In: *Nature* 491 (7424), S. 348–356.
- Bass, Joseph; Takahashi, Joseph S. (2010): Circadian integration of metabolism and energetics. In: *Science (New York, N.Y.)* 330 (6009), S. 1349–1354.
- Basse, Astrid L.; Nielsen, Karen N.; Karavaeva, Iuliia; Ingerslev, Lars R.; Ma, Tao; Havelund, Jesper F. et al. (2023): NAMPT-dependent NAD⁺ biosynthesis controls circadian metabolism in a tissue-specific manner. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 120 (14), e2220102120.
- Becker-Carus, Christian (2022): Schlaf im Dorsch Lexikon der Psychologie. Online verfügbar unter <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/schlaf>.
- Bedrosian, Tracy A.; Fonken, Laura K.; Nelson, Randy J. (2016): Endocrine Effects of Circadian Disruption. In: *Annual review of physiology* 78, S. 109–131.
- Begemann, Kimberly; Oster, Henrik (2021): Zirkadiane Uhren und Schlaf – nachgeschaltete Funktion oder Crosstalk? In: *Somnologie* 25 (2), S. 126–130.
- Berry, Richard B.; Brooks, Rita; Gamaldo, Charlene E.; Harding, Susan M.; Marcus, Carole; Vaughn, Bradley V. (2012): The AASM manual for the scoring of sleep and associated events. Rules, Terminology and

Technical Specifications. Illinois. Online verfügbar unter <http://aasm.org/resources/pdf/scoring-manual-preface.pdf>.

- Bertéus Forslund, H.; Torgerson, J. S.; Sjöström, L.; Lindroos, A. K. (2005): Snacking frequency in relation to energy intake and food choices in obese men and women compared to a reference population. In: *International journal of obesity (2005)* 29 (6), S. 711–719.
- Besedovsky, Luciana; Lange, Tanja; Haack, Monika (2019): The Sleep-Immune Crosstalk in Health and Disease. In: *Physiological reviews* 99 (3), S. 1325–1380.
- Billings, Martha E.; Hale, Lauren; Johnson, Dayna A. (2020): Physical and Social Environment Relationship With Sleep Health and Disorders. In: *Chest* 157 (5), S. 1304–1312.
- Binks, Hannah; E Vincent, Grace; Gupta, Charlotte; Irwin, Christopher; Khalesi, Saman (2020): Effects of Diet on Sleep: A Narrative Review. In: *Nutrients* 12 (4).
- Bishir, Muhammed; Bhat, Abid; Essa, Musthafa Mohamed; Ekpo, Okobi; Ihunwo, Amadi O.; Veeraraghavan, Vishnu Priya et al. (2020): Sleep Deprivation and Neurological Disorders. In: *BioMed research international* 2020, S. 5764017.
- Boege, Hedda L.; Bhatti, Mehreen Z.; St-Onge, Marie-Pierre (2021): Circadian rhythms and meal timing: impact on energy balance and body weight. In: *Current opinion in biotechnology* 70, S. 1–6.
- Boivin, Diane B.; Boudreau, Philippe; Kosmadopoulos, Anastasi (2022): Disturbance of the Circadian System in Shift Work and Its Health Impact. In: *Journal of biological rhythms* 37 (1), S. 3–28.
- Borbély, Alexander (2022): The two-process model of sleep regulation: Beginnings and outlook. In: *Journal of sleep research* 31 (4), e13598.
- Brasure, Michelle; MacDonald, Roderick; Fuchs, Erika; Olson, Carin M.; Carlyle, Maureen; Diem, Susan et al. (2015): Management of Insomnia Disorder. Rockville (MD).
- Buysse, Daniel J. (2014): Sleep Health: Can We Define It? Does It Matter? In: *Sleep* 37 (1), S. 9–17.
- Cajochen, Christian (2020): Schlafregulation. In: *Springer Medizin Verlag GmbH & Springer Verlag GmbH*, 14.02.2020. Online verfügbar unter https://www.springermedizin.de/emedpedia/enzyklopaedie-der-schlafmedizin/schlafregulation?epediaDoi=10.1007%2F978-3-642-54672-3_194, zuletzt geprüft am 18.10.2023.
- Carskadon, Mary A.; Dement, William C. (2011): Principles and Practice of Sleep Medicine 5th edn. ed MH Kryger et al. St. Louis: Elsevier Saunders.
- Chamorro, Rodrigo; Basfi-Fer, Karen; Sepúlveda, Bernardita; Fariás, Rut; Rojas, Pamela; Carrasco, Fernando et al. (2022): Meal timing across the day modulates daily energy intake in adult patients with type 2 diabetes. In: *European journal of clinical nutrition* 76 (10), S. 1470–1477.
- Chang, Zon-Shuan; Boolani, Ali; Conroy, Deirdre A.; Dunietz, Tom; Jansen, Erica C. (2021): Skipping breakfast and mood: The role of sleep. In: *Nutrition and health* 27 (4), S. 373–379.
- Chellappa, Sarah L.; Qian, Jingyi; Vujovic, Nina; Morris, Christopher J.; Nedeltcheva, Arlet; Nguyen, Hoa et al. (2021): Daytime eating prevents internal circadian misalignment and glucose intolerance in night work. In: *Science advances* 7 (49), eabg9910.
- Chen, Shuang; Sun, Long; Zhang, Changlu (2021): Adaptation and validity of the Sleep Quality Scale among Chinese drivers. In: *PloS one* 16 (11), e0259813.
- Chung, Nikola; Bin, Yu Sun; Cistulli, Peter A.; Chow, Chin Moi (2020): Does the Proximity of Meals to Bedtime Influence the Sleep of Young Adults? A Cross-Sectional Survey of University Students. In: *International journal of environmental research and public health* 17 (8).
- Cienfuegos, Sofia; Gabel, Kelsey; Kalam, Faiza; Ezpeleta, Mark; Pavlou, Vicky; Lin, Shuhao et al. (2022): The effect of 4-h versus 6-h time restricted feeding on sleep quality, duration, insomnia severity and obstructive sleep apnea in adults with obesity. In: *Nutrition and health* 28 (1), S. 5–11.

- Crispim, Cibele Aparecida; Zimberg, Ioná Zalcman; dos Reis, Bruno Gomes; Diniz, Rafael Marques; Tufik, Sérgio; Mello, Marco Túlio de (2011): Relationship between food intake and sleep pattern in healthy individuals. In: *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine* 7 (6), S. 659–664.
- DAG (2019): BMI. Deutsche Adipositas Gesellschaft. Online verfügbar unter <https://adipositas-gesellschaft.de/bmi/>, zuletzt aktualisiert am 26.10.2023, zuletzt geprüft am 26.10.2023.
- DAK (2017): Müdes Deutschland: Schlafstörungen steigen deutlich an. DAK-Gesundheitsreport. Online verfügbar unter https://www.dak.de/dak/bundesthemen/muedes-deutschland-schlafstoerungen-steigen-deutlich-an-2108960.html#/, zuletzt aktualisiert am 30.10.2023, zuletzt geprüft am 30.10.2023.
- Damiola, Francesca; Le Minh, Nguyet; Preitner, Nicolas; Kornmann, Benoît; Fleury-Olela, Fabienne; Schibler, Ueli (2000): Restricted feeding uncouples circadian oscillators in peripheral tissues from the central pacemaker in the suprachiasmatic nucleus. In: *Genes & development* 14 (23), S. 2950–2961.
- Darroudi, Susan; Sharifan, Payam; Sadeghzadeh, Parastoo; Namjou, Negin; Zamiri Bidary, Mohammad; Zamani, Parvin et al. (2021): Overweight and Obesity are Potential Risk Factors for Disrupted Nocturnal Sleep in Iranian Adults: A Cross-Sectional Study. In: *International Journal of Public Health* 66, 633183.
- De Mairan (1729): Observation botanique. In: *Histoire de l'Academie Royale des Sciences Paris*. Online verfügbar unter <https://cir.nii.ac.jp/crid/1573105975426983936>.
- Deboer, Tom (2018): Sleep homeostasis and the circadian clock: Do the circadian pacemaker and the sleep homeostat influence each other's functioning? In: *Neurobiology of sleep and circadian rhythms* 5, S. 68–77.
- Deng, Nanfu; Kohn, Taylor P.; Lipshultz, Larry I.; Pastuszak, Alexander W. (2018): The Relationship Between Shift Work and Men's Health. In: *Sexual medicine reviews* 6 (3), S. 446–456.
- Destatis (2020): Bevölkerung im Alter von 15 Jahren und mehr nach allgemeinen und beruflichen Bildungsabschlüssen nach Jahren. Statistisches Bundesamt, zuletzt aktualisiert am 26.11.2020, zuletzt geprüft am 31.08.2023.
- Doerr, John P.; Hirscher, Verena; Riemann, Dieter; Voderholzer, Ulrich (2010): Störungen des Tiefschlafs und psychische Erkrankungen. In: *Der Nervenarzt* 81 (3), S. 347–354.
- Doherty, Rónán; Madigan, Sharon; Warrington, Giles; Ellis, Jason (2019): Sleep and Nutrition Interactions: Implications for Athletes. In: *Nutrients* 11 (4).
- Drakatos, Panagis; O'Regan, David; Liao, Yingqi; Panayiotou, Constantinos; Higgins, Sean; Kabiljo, Renata et al. (2023): Profile of sleep disturbances in patients with recurrent depressive disorder or bipolar affective disorder in a tertiary sleep disorders service. In: *Scientific reports* 13 (1), S. 8785.
- Duffy, Jeanne F.; Cain, Sean W.; Chang, Anne-Marie; Phillips, Andrew J. K.; Münch, Mirjam Y.; Gronfier, Claude et al. (2011): Sex difference in the near-24-hour intrinsic period of the human circadian timing system. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108 Suppl 3 (Suppl 3), S. 15602–15608.
- Edinger, Jack D.; Arnedt, J. Todd; Bertisch, Suzanne M.; Carney, Colleen E.; Harrington, John J.; Lichstein, Kenneth L. et al. (2021): Behavioral and psychological treatments for chronic insomnia disorder in adults: an American Academy of Sleep Medicine systematic review, meta-analysis, and GRADE assessment. In: *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine* 17 (2), S. 263–298.
- Eichele, Gregor; Oster, Henrik (2007): Chronobiologie: Das genetische Netzwerk der zirkadianen Uhr koordiniert die Wechselwirkung zwischen Lebewesen und Umwelt. Forschungsbericht 2007 - Max-Planck-Institute für biophysikalische Chemie. Online verfügbar unter <https://www.mpg.de/318255/forschungsSchwerpunkt2>, zuletzt aktualisiert am 18.10.2023, zuletzt geprüft am 18.10.2023.
- Ezpeleta, Mark; Gabel, Kelsey; Cienfuegos, Sofia; Kalam, Faiza; Lin, Shuhao; Pavlou, Vasiliki; Varady, Krista A. (2023): Alternate-Day Fasting Combined with Exercise: Effect on Sleep in Adults with Obesity and NAFLD. In: *Nutrients* 15 (6).

- Fernandez, Robert W.; Wei, Kimberly; Wang, Erin Y.; Mikalaukaite, Deimante; Olson, Andrew; Pepper, Judy et al. (2020): Cellular Expression and Functional Roles of All 26 Neurotransmitter GPCRs in the *C. elegans* Egg-Laying Circuit. In: *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience* 40 (39), S. 7475–7488.
- Flanagan, Alan; Bechtold, David A.; Pot, Gerda K.; Johnston, Jonathan D. (2021): Chrono-nutrition: From molecular and neuronal mechanisms to human epidemiology and timed feeding patterns. In: *Journal of neurochemistry* 157 (1), S. 53–72.
- Foster, Russell G.; Hankins, Mark W. (2007): Circadian vision. In: *Current biology : CB* 17 (17), 746-751.
- Franzago, Marica; Alessandrelli, Elisa; Notarangelo, Stefania; Stuppia, Liborio; Vitacolonna, Ester (2023): Chrono-Nutrition: Circadian Rhythm and Personalized Nutrition. In: *International Journal of Molecular Sciences* 24 (3).
- Frau, Roberto; Traccis, Francesco; Bortolato, Marco (2020): Neurobehavioural complications of sleep deprivation: Shedding light on the emerging role of neuroactive steroids. In: *Journal of neuroendocrinology* 32 (1), e12792.
- Fultz, Nina E.; Bonmassar, Giorgio; Setsompop, Kawin; Stickgold, Robert A.; Rosen, Bruce R.; Polimeni, Jonathan R.; Lewis, Laura D. (2019): Coupled electrophysiological, hemodynamic, and cerebrospinal fluid oscillations in human sleep. In: *Science (New York, N.Y.)* 366 (6465), S. 628–631.
- Gabel, Kelsey; Hoddy, Kristin K.; Burgess, Helen J.; Varady, Krista A. (2019): Effect of 8-h time-restricted feeding on sleep quality and duration in adults with obesity. In: *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme* 44 (8), S. 903–906.
- Gamble, Karen L.; Berry, Ryan; Frank, Stuart J.; Young, Martin E. (2014): Circadian clock control of endocrine factors. In: *Nature reviews. Endocrinology* 10 (8), S. 466–475.
- Garde, Anne Helene; Albertsen, Karen; Persson, Roger; Hansen, Ase Marie; Rugulies, Reiner (2011): Bi-directional associations between psychological arousal, cortisol, and sleep. In: *Behavioral sleep medicine* 10 (1), S. 28–40.
- Gill, Shubhroz; Panda, Satchidananda (2015): A Smartphone App Reveals Erratic Diurnal Eating Patterns in Humans that Can Be Modulated for Health Benefits. In: *Cell metabolism* 22 (5), S. 789–798.
- Godos, Justyna; Grosso, Giuseppe; Castellano, Sabrina; Galvano, Fabio; Caraci, Filippo; Ferri, Raffaele (2021): Association between diet and sleep quality: A systematic review. In: *Sleep medicine reviews* 57, 101430.
- Grandner, Michael (Hg.) (2019): *Sleep and Health*. San Diego: Elsevier Science & Technology.
- Grandner, Michael; Jackson, Nicholas; Gerstner, Jason R.; Knutson, Kristen L. (2013): Dietary nutrients associated with short and long sleep duration. Data from a nationally representative sample. In: *Appetite* 64, S. 71–80.
- Grummon, Anna H.; Sokol, Rebecca L.; Lytle, Leslie A. (2021): Is late bedtime an overlooked sleep behaviour? Investigating associations between sleep timing, sleep duration and eating behaviours in adolescence and adulthood. In: *Public health nutrition* 24 (7), S. 1671–1677.
- Gupta, Charlotte C.; Vincent, Grace E.; Coates, Alison M.; Khalesi, Saman; Irwin, Christopher; Dorrian, Jillian; Ferguson, Sally A. (2022): A Time to Rest, a Time to Dine: Sleep, Time-Restricted Eating, and Cardiometabolic Health. In: *Nutrients* 14 (3).
- Gwin, Jess A.; Leidy, Heather J. (2018): Breakfast Consumption Augments Appetite, Eating Behavior, and Exploratory Markers of Sleep Quality Compared with Skipping Breakfast in Healthy Young Adults. In: *Current Developments in Nutrition* 2 (11), nzy074.
- Hafner, Marco; Stepanek, Martin; Taylor, Jirka; Troxel, Wendy M.; van Stolk, Christian (2017): Why Sleep Matters-The Economic Costs of Insufficient Sleep: A Cross-Country Comparative Analysis. In: *Rand health quarterly* 6 (4), S. 11.
- Halberg, Franz (1963): Circadian (about twenty-four-hour) rhythms in experimental medicine. In: *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 56 (4), S. 253–257.

- Hannemann, Peter (2018): Endlich wieder ausgeschlafen. Schlafapnoe-Syndrom und Schnarchen. 5th ed. Göttingen: Cuvillier Verlag.
- Haraguchi, Atsushi; Komada, Yoko; Inoue, Yuichi; Shibata, Shigenobu (2019): Correlation among clock gene expression rhythms, sleep quality, and meal conditions in delayed sleep-wake phase disorder and night eating syndrome. In: *Chronobiology international* 36 (6), S. 770–783.
- Harris, Carlee; Czaja, Krzysztof (2023): Can Circadian Eating Pattern Adjustments Reduce Risk or Prevent Development of T2D? In: *Nutrients* 15 (7).
- Harvey, Allison G.; Stinson, Kathleen; Whitaker, Katriina L.; Moskovitz, Damian; Virk, Harvinder (2008): The Subjective Meaning of Sleep Quality: A Comparison of Individuals with and without Insomnia. In: *Sleep* 31 (3), S. 383–393.
- Hastings, Michael H.; Reddy, Akhilesh B.; Maywood, Elizabeth S. (2003): A clockwork web: circadian timing in brain and periphery, in health and disease. In: *Nature reviews. Neuroscience* 4 (8), S. 649–661.
- Henry, Christiani Jeyakumar; Kaur, Bhupinder; Quek, Rina Yu Chin (2020): Chrononutrition in the management of diabetes. In: *Nutrition & diabetes* 10 (1), S. 6.
- Hertenstein, Elisabeth; Feige, Bernd; Gmeiner, Tabea; Kienzler, Christian; Spiegelhalter, Kai; Johann, Anna et al. (2019): Insomnia as a predictor of mental disorders: A systematic review and meta-analysis. In: *Sleep medicine reviews* 43, S. 96–105.
- Hirota, Tsuyoshi; Fukada, Yoshitaka (2004): Resetting mechanism of central and peripheral circadian clocks in mammals. In: *Zoological science* 21 (4), S. 359–368.
- Hirshkowitz, Max; Whiton, Kaitlyn; Albert, Steven M.; Alessi, Cathy; Bruni, Oliviero; DonCarlos, Lydia et al. (2015): National Sleep Foundation's updated sleep duration recommendations: final report. In: *Sleep health* 1 (4), S. 233–243.
- Hou, Tianfei; Wang, Chanung; Joshi, Shreyas; O'Hara, Bruce F.; Gong, Ming C.; Guo, Zhenheng (2019): Active Time-Restricted Feeding Improved Sleep-Wake Cycle in db/db Mice. In: *Frontiers in neuroscience* 13, S. 969.
- Howell, Andrew J.; Digdon, Nancy L.; Buro, Karen; Sheptycki, Amanda R. (2008): Relations among mindfulness, well-being, and sleep. In: *Personality and Individual Differences* 45 (8), S. 773–777.
- Husse, Jana; Leliavski, Alexei; Oster, Henrik (2013): Zirkadiane Uhren in Gehirn und Peripherie: biologische Funktion und Relevanz für die Klinik. In: *Deutsche medizinische Wochenschrift (1946)* 138 (10), S. 493–496, zuletzt geprüft am 18.10.2023.
- Hutchison, Amy T.; Regmi, Prashant; Manoogian, Emily N. C.; Fleischer, Jason G.; Wittert, Gary A.; Panda, Satchidananda; Heilbronn, Leonie K. (2019): Time-Restricted Feeding Improves Glucose Tolerance in Men at Risk for Type 2 Diabetes: A Randomized Crossover Trial. In: *Obesity (Silver Spring, Md.)* 27 (5), S. 724–732.
- Hutka, Peter; Krivosova, Michaela; Muchova, Zuzana; Tonhajzerova, Ingrid; Hamrakova, Andrea; Mlynceková, Zuzana et al. (2021): Association of Sleep Architecture and Physiology with Depressive Disorder and Antidepressants Treatment. In: *International Journal of Molecular Sciences* 22 (3).
- Iao, Su I.; Jansen, Erica; Shedden, Kerby; O'Brien, Louise M.; Chervin, Ronald D.; Knutson, Kristen L.; Dunietz, Galit Levi (2021): Associations between bedtime eating or drinking, sleep duration and wake after sleep onset: findings from the American time use survey. In: *The British Journal of Nutrition* 127 (12), S. 1–10.
- Jansen, Erica C.; Prather, Aric; Leung, Cindy W. (2020): Associations between sleep duration and dietary quality: Results from a nationally-representative survey of US adults. In: *Appetite* 153, 104748.
- Jehan, Shazia; Zizi, Ferdinand; Pandi-Perumal, Seithikurippu R.; Wall, Steven; Auguste, Evan; Myers, Alyson K. et al. (2017): Obstructive Sleep Apnea and Obesity: Implications for Public Health. In: *Sleep medicine and disorders : international journal* 1 (4).
- John, Bindu; Marath, Usha; Valappil, Sumathi Palghat; Mathew, Deepa; Renjitha, Mercy (2022): Sleep Pattern Changes and the Level of Fatigue Reported in a Community Sample of Adults During COVID-19 Pandemic. In: *Sleep and vigilance* 6 (2), S. 297–312.

- Kahlenborn, Walter; Keppner, Benno; Uhle, Christian (2018): Die Zukunft im Blick: Konsum 4.0: Wie Digitalisierung den Konsum verändert. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/fachbroschuere_konsum_4.0_barrierefrei_190322.pdf, zuletzt geprüft am 04.10.2023.
- Kalam, Faiza; Gabel, Kelsey; Cienfuegos, Sofia; Ezpeleta, Mark; Wiseman, Eric; Varady, Krista A. (2021): Alternate Day Fasting Combined with a Low Carbohydrate Diet: Effect on Sleep Quality, Duration, Insomnia Severity and Risk of Obstructive Sleep Apnea in Adults with Obesity. In: *Nutrients* 13 (1).
- Kalmbach, David A.; Cheng, Philip; Arnedt, J. Todd; Anderson, Jason R.; Roth, Thomas; Fellman-Couture, Cynthia et al. (2019): Treating insomnia improves depression, maladaptive thinking, and hyperarousal in postmenopausal women: comparing cognitive-behavioral therapy for insomnia (CBTI), sleep restriction therapy, and sleep hygiene education. In: *Sleep medicine* 55, S. 124–134.
- Kalmbach, David A.; Pillai, Vivek; Drake, Christopher L. (2018): Nocturnal insomnia symptoms and stress-induced cognitive intrusions in risk for depression: A 2-year prospective study. In: *PloS one* 13 (2), e0192088.
- Kecklund, Göran; Axelsson, John (2016): Health consequences of shift work and insufficient sleep. In: *BMJ (Clinical research ed.)* 355, i5210.
- Kesztyüs, Dorothea; Fuchs, Monika; Cermak, Petra; Kesztyüs, Tibor (2020): Associations of time-restricted eating with health-related quality of life and sleep in adults: a secondary analysis of two pre-post pilot studies. In: *BMC nutrition* 6 (1), S. 76.
- Kim, Bo Hye; Joo, Yena; Kim, Min-Seon; Choe, Han Kyoung; Tong, Qingchun; Kwon, Obin (2021): Effects of Intermittent Fasting on the Circulating Levels and Circadian Rhythms of Hormones. In: *Endocrinology and metabolism (Seoul, Korea)* 36 (4), S. 745–756.
- Kim, JinA; Song, YoonJu (2023): Early Time-Restricted Eating Reduces Weight and Improves Glycemic Response in Young Adults: A Pre-Post Single-Arm Intervention Study. In: *Obesity facts* 16 (1), S. 69–81.
- KKH (2022): Nicht nur zur Zeitumstellung: Deutschland schläft schlecht. Online verfügbar unter <https://www.kkh.de/presse/pressemeldungen/schlafstoerungen>, zuletzt aktualisiert am 02.10.2023, zuletzt geprüft am 02.10.2023.
- Klatt, Robert (2021): Schlafstörungen in Deutschland nehmen zu. In: *Forschung und Wissen*, 23.11.2021. Online verfügbar unter <https://www.forschung-und-wissen.de/nachrichten/medizin/schlafstoerungen-in-deutschland-nehmen-zu-13375529>, zuletzt geprüft am 30.10.2023.
- Kline, Christopher E. (2014): The bidirectional relationship between exercise and sleep: Implications for exercise adherence and sleep improvement. In: *American journal of lifestyle medicine* 8 (6), S. 375–379.
- Kline, Christopher E.; Hillman, Charles H.; Bloodgood Sheppard, Bonny; Tennant, Bethany; Conroy, David E.; Macko, Richard F. et al. (2021): Physical activity and sleep: An updated umbrella review of the 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee report. In: *Sleep medicine reviews* 58, 101489.
- Klösch, Gerhard (2020): Ermüdung und Arbeitsfähigkeit. Ursachen der Ermüdung und Strategien Zur Optimierung der Vigilanz. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin / Heidelberg.
- Klotter, Christoph (2014a): Ernährungspsychologie. In: Christoph Klotter (Hg.): *Fragmente einer Sprache des Essens. Ein Rundgang durch eine essgestörte Gesellschaft*. 1. Aufl. s.l.: Springer VS, S. 139–152.
- Klotter, Christoph (Hg.) (2014b): *Fragmente einer Sprache des Essens. Ein Rundgang durch eine essgestörte Gesellschaft*. 1. Aufl. s.l.: Springer VS.
- Kuhlman, Sandra J.; Craig, L. Michon; Duffy, Jeanne F. (2018): Introduction to Chronobiology. In: *Cold Spring Harbor perspectives in biology* 10 (9).
- Lamia, Katja A.; Storch, Kai-Florian; Weitz, Charles J. (2008): Physiological significance of a peripheral tissue circadian clock. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105 (39), S. 15172–15177.
- Leary, Eileen B.; Watson, Kathleen T.; Ancoli-Israel, Sonia; Redline, Susan; Yaffe, Kristine; Ravelo, Laurel A. et al. (2020): Association of Rapid Eye Movement Sleep With Mortality in Middle-aged and Older Adults. In: *JAMA neurology* 77 (10), S. 1241–1251.

- Lehmann, Lisa; Saidi, Oussama; Giacomoni, Magali; Del Sordo, Giovanna; Maso, Freddy; Margaritis, Irène; Duché, Pascale (2023): A Delayed Evening Meal Enhances Sleep Quality in Young Rugby Players. In: *International journal of sport nutrition and exercise metabolism* 33 (1), S. 39–46.
- Liew, Siaw Cheok; Aung, Thidar (2021): Sleep deprivation and its association with diseases- a review. In: *Sleep medicine* 77, S. 192–204.
- Lopes, Tássia do Vale Cardoso; Borba, Matheus Eduardo; Lopes, Raíssa do Vale Cardoso; Fisberg, Regina Mara; Lemos Paim, Samantha; Vasconcelos Teodoro, Vinicius et al. (2019): Eating Late Negatively Affects Sleep Pattern and Apnea Severity in Individuals With Sleep Apnea. In: *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine* 15 (3), S. 383–392.
- Lowe, Cassandra J.; Safati, Adrian; Hall, Peter A. (2017): The neurocognitive consequences of sleep restriction: A meta-analytic review. In: *Neuroscience and biobehavioral reviews* 80, S. 586–604.
- Lowe, Dylan A.; Wu, Nancy; Rohdin-Bibby, Linnea; Moore, A. Holliston; Kelly, Nisa; Liu, Yong En et al. (2020): Effects of Time-Restricted Eating on Weight Loss and Other Metabolic Parameters in Women and Men With Overweight and Obesity: The TREAT Randomized Clinical Trial. In: *JAMA internal medicine* 180 (11), S. 1491–1499.
- Lucassen, Eliane A.; Zhao, Xiongce; Rother, Kristina I.; Mattingly, Megan S.; Courville, Amber B.; Jonge, Lilian de et al. (2013): Evening chronotype is associated with changes in eating behavior, more sleep apnea, and increased stress hormones in short sleeping obese individuals. In: *PloS one* 8 (3), e56519.
- Luecken, Linda J.; Gallo, Linda C. (2008): Handbook of physiological research methods in health psychology. Los Angeles: Sage Publ.
- Ma, Xiumei; Chen, Qing; Pu, Yueli; Guo, Man; Jiang, Zongzhe; Huang, Wei et al. (2020): Skipping breakfast is associated with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis. In: *Obesity research & clinical practice* 14 (1), S. 1–8.
- Mallinson, David C.; Kamenetsky, Maria E.; Hagen, Erika W.; Peppard, Paul E. (2019): Subjective sleep measurement: comparing sleep diary to questionnaire. In: *Nature and science of sleep* 11, S. 197–206.
- Marcheva, Biliana; Ramsey, Kathryn Moynihan; Buhr, Ethan D.; Kobayashi, Yumiko; Su, Hong; Ko, Caroline H. et al. (2010): Disruption of the clock components CLOCK and BMAL1 leads to hypoinsulinaemia and diabetes. In: *Nature* 466 (7306), S. 627–631.
- Mason, Ivy C.; Grimaldi, Daniela; Reid, Kathryn J.; Warlick, Chloe D.; Malkani, Roneil G.; Abbott, Sabra M.; Zee, Phyllis C. (2022): Light exposure during sleep impairs cardiometabolic function. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 119 (12), e2113290119.
- Matsumoto, Takeshi; Chin, Kazuo (2019): Prevalence of sleep disturbances: Sleep disordered breathing, short sleep duration, and non-restorative sleep. In: *Respiratory investigation* 57 (3), S. 227–237.
- McStay, Mara; Gabel, Kelsey; Cienfuegos, Sofia; Ezpeleta, Mark; Lin, Shuhao; Varady, Krista A. (2021): Intermittent Fasting and Sleep: A Review of Human Trials. In: *Nutrients* 13 (10).
- Meléndez-Fernández, O. Hecmarie; Liu, Jennifer A.; Nelson, Randy J. (2023): Circadian Rhythms Disrupted by Light at Night and Mistimed Food Intake Alter Hormonal Rhythms and Metabolism. In: *International Journal of Molecular Sciences* 24 (4).
- Merton, Robert K. (1948): The Self-Fulfilling Prophecy. In: *The Antioch Review* 8 (2), S. 193.
- Miller, Alison L.; Miller, Sara E.; LeBourgeois, Monique K.; Sturza, Julie; Rosenblum, Katherine L.; Lumeng, Julie C. (2019): Sleep duration and quality are associated with eating behavior in low-income toddlers. In: *Appetite* 135, S. 100–107.
- Miranda-Riestra, Armida; Estrada-Reyes, Rosa; Torres-Sanchez, Erandis D.; Carreño-García, Silvia; Ortiz, Genaro Gabriel; Benítez-King, Gloria (2022): Melatonin: A Neurotrophic Factor? In: *Molecules (Basel, Switzerland)* 27 (22).
- Mohawk, Jennifer A.; Green, Carla B.; Takahashi, Joseph S. (2012): Central and peripheral circadian clocks in mammals. In: *Annual review of neuroscience* 35, S. 445–462.

- Naitoh, Paul; Kelly, Tamsin L.; Englund, Carl (1990): Health effects of sleep deprivation. In: *Occupational medicine (Philadelphia, Pa.)* 5 (2), S. 209–237.
- Nakajima, Kei (2018): Unhealthy eating habits around sleep and sleep duration: To eat or fast? In: *World Journal of Diabetes* 9 (11), S. 190–194.
- Nathan, David M. (2015): Diabetes: Advances in Diagnosis and Treatment. In: *JAMA* 314 (10), S. 1052–1062.
- NCSDR (1993): Wake up America: a national sleep alert. Hg. v. U.S. Department of Health and Human Services. National Commission on Sleep Disorder Research. Washington DC.
- NHLBI (2022): Your Sleep/Wake Cycle. Hg. v. N.I.H. Online verfügbar unter <https://www.nhlbi.nih.gov/health/sleep/sleep-wake-cycle>, zuletzt aktualisiert am 05.10.2023, zuletzt geprüft am 05.10.2023.
- Nogueira, Luciana F. R.; Pellegrino, Pollyanna; Cipolla-Neto, José; Moreno, Claudia R. C.; Marqueze, Elaine C. (2021): Timing and Composition of Last Meal before Bedtime Affect Sleep Parameters of Night Workers. In: *Clocks & Sleep* 3 (4), S. 536–546.
- NSF (2022): Get Healthy Sleep by Eating Right on Schedule. National Sleep Foundation, zuletzt aktualisiert am 22.12.2022, zuletzt geprüft am 20.09.2023.
- Ohayon, Maurice M. (2011): Epidemiological Overview of sleep Disorders in the General Population. In: *Sleep Med Res* 2 (1), S. 1–9.
- Oike, Hideaki; Oishi, Katsutaka; Kobori, Masuko (2014): Nutrients, Clock Genes, and Chrononutrition. In: *Current nutrition reports* 3 (3), S. 204–212.
- Oosterman, Johanneke E.; Kalsbeek, Andries; La Fleur, Susanne E.; Belsham, Denise D. (2015): Impact of nutrients on circadian rhythmicity. In: *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology* 308 (5), 337–350.
- Oster, Henrik; Damerow, Sebastian; Kiessling, Silke; Jakubcakova, Vladimira; Abraham, Diya; Tian, Jiong et al. (2006): The circadian rhythm of glucocorticoids is regulated by a gating mechanism residing in the adrenal cortical clock. In: *Cell metabolism* 4 (2), S. 163–173.
- Ou, Kaitong; Ma, Ning (2023): More Competition in Mind, Better Sleep at Night? The Mediating Role of Anxiety between Competitive Attitude and Sleep Quality. In: *International journal of environmental research and public health* 20 (4).
- Paoli, Antonio; Tinsley, Grant; Bianco, Antonino; Moro, Tatiana (2019): The Influence of Meal Frequency and Timing on Health in Humans: The Role of Fasting. In: *Nutrients* 11 (4).
- Parr, Evelyn B.; Devlin, Brooke L.; Hawley, John A. (2022): Perspective: Time-Restricted Eating-Integrating the What with the When. In: *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)* 13 (3), S. 699–711.
- Patel, Sonal A.; Velingkaar, Nikkhil; Makwana, Kuldeep; Chaudhari, Amol; Kondratov, Roman (2016): Calorie restriction regulates circadian clock gene expression through BMAL1 dependent and independent mechanisms. In: *Scientific reports* 6, 25970.
- Pattnaik, Harsha; Mir, Mikael; Boike, Sydney; Kashyap, Rahul; Khan, Syed Anjum; Surani, Salim (2022): Nutritional Elements in Sleep. In: *Cureus* 14 (12), e32803.
- Peter, Helga; Penzel, Thomas; Peter, Jörg Hermann; Peter, Jan Giso (2020): Enzyklopädie der Schlafmedizin. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer Nature Living Reference Medicine).
- Peuhkuri, Katri; Sihvola, Nora; Korpela, Riitta (2012): Diet promotes sleep duration and quality. In: *Nutrition research (New York, N.Y.)* 32 (5), S. 309–319.
- Phillips, Bert; Magan, Laura; Gerhardstein, Christop; Cecil, Bennet (1991): Shift work, sleep quality, and worker health: a study of police officers. In: *Southern medical journal* 84 (10), 1176–84, 1196.
- Phoi, Yan Yin; Keogh, Jennifer B. (2019): Dietary Interventions for Night Shift Workers: A Literature Review. In: *Nutrients* 11 (10).

- Pot, Gerda K. (2018): Sleep and dietary habits in the urban environment: the role of chrono-nutrition. In: *The Proceedings of the Nutrition Society* 77 (3), S. 189–198.
- Pot, Gerda K.; Almoosawi, Suzana; Stephen, Alison M. (2016): Meal irregularity and cardiometabolic consequences: results from observational and intervention studies. In: *The Proceedings of the Nutrition Society* 75 (4), S. 475–486.
- Pot, Gerda K.; Hardy, Rebecca; Stephen, Alison M. (2014): Irregular consumption of energy intake in meals is associated with a higher cardiometabolic risk in adults of a British birth cohort. In: *International journal of obesity (2005)* 38 (12), S. 1518–1524.
- Qian, Jingyi; Dalla Man, Chiara; Morris, Christopher J.; Cobelli, Claudio; Scheer, Frank A. J. L. (2018): Differential effects of the circadian system and circadian misalignment on insulin sensitivity and insulin secretion in humans. In: *Diabetes, obesity & metabolism* 20 (10), S. 2481–2485.
- Queiroz, Jéssica do Nascimento; Macedo, Rodrigo Cauduro Oliveira; Tinsley, Grant M.; Reischak-Oliveira, Alvaro (2021): Time-restricted eating and circadian rhythms: the biological clock is ticking. In: *Critical reviews in food science and nutrition* 61 (17), S. 2863–2875.
- Reed, David L.; Sacco, William P. (2016): Measuring Sleep Efficiency: What Should the Denominator Be? In: *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine* 12 (2), S. 263–266.
- Reppert, Steven M.; Weaver, David R. (2002): Coordination of circadian timing in mammals. In: *Nature* 418 (6901), S. 935–941.
- Reutrakul, Sirimon; van Cauter, Eve (2018): Sleep influences on obesity, insulin resistance, and risk of type 2 diabetes. In: *Metabolism: clinical and experimental* 84, S. 56–66.
- Reynolds, Amy C.; Paterson, Jessica L.; Ferguson, Sally A.; Stanley, Dragana; Wright, Kenneth P.; Dawson, Drew (2017): The shift work and health research agenda: Considering changes in gut microbiota as a pathway linking shift work, sleep loss and circadian misalignment, and metabolic disease. In: *Sleep medicine reviews* 34, S. 3–9.
- Richter, Kneginja; Rodenbeck, Andrea (2022): Aktuelle Entwicklungen in der Schlafforschung und Schlafmedizin – eine Einschätzung der AG „Chronobiologie“. In: *Somnologie* 26 (3), S. 152–154.
- RKI (2022): Soziale, gesundheitliche und umweltbedingte Einflussfaktoren auf Schlafprobleme von Jugendlichen und jungen Erwachsenen. Unter Mitarbeit von Petra Kolip, Ronny Kuhnert und Anke-Christine Saß. Hg. v. Robert Koch-Institut, zuletzt geprüft am 30.10.2023.
- Roenneberg, Till; Merrow, Martha (2016): The Circadian Clock and Human Health. In: *Current biology : CB* 26 (10), 432-443.
- Saidi, Oussama; Rochette, Emmanuelle; Del Sordo, Giovanna; Peyrel, Paul; Salles, Jérôme; Doré, Eric et al. (2022): Isocaloric Diets with Different Protein-Carbohydrate Ratios: The Effect on Sleep, Melatonin Secretion and Subsequent Nutritional Response in Healthy Young Men. In: *Nutrients* 14 (24).
- Samuelson, Gösta (2000): Dietary habits and nutritional status in adolescents over Europe. An overview of current studies in the Nordic countries. In: *European journal of clinical nutrition* 54 Suppl 1, 21-8.
- Sato, Miho; Murakami, Mariko; Node, Koichi; Matsumura, Ritsuko; Akashi, Makoto (2014): The role of the endocrine system in feeding-induced tissue-specific circadian entrainment. In: *Cell reports* 8 (2), S. 393–401.
- Satterfield, Briann C.; Killgore, William D.S. (2019): Sleep loss, executive function, and decision-making. In: Michael Grandner (Hg.): *Sleep and Health*. San Diego: Elsevier Science & Technology, S. 339–358.
- Schlack, R.; Hapke, U.; Maske, U.; Busch, M.; Cohrs, S. (2013): Häufigkeit und Verteilung von Schlafproblemen und Insomnie in der deutschen Erwachsenenbevölkerung: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 56 (5-6), S. 740–748.
- Scholz, Mathias (2009): Kleines Lehrbuch der Astronomie und Astrophysik. Band 1: Klassische Astronomie, zuletzt geprüft am 18.10.2023.

- Schomerus, Christof; Korf, Horst-Werner (2005): Mechanisms regulating melatonin synthesis in the mammalian pineal organ. In: *Annals of the New York Academy of Sciences* 1057, S. 372–383.
- Scott, Rebecca Q.; Rodríguez, Alcibíades J. (2023): Improving Quality of Sleep in Healthy Adults. In: *Curr Pulmonol Rep* 12 (2), S. 46–55.
- Sejbuk, Monika; Mirończuk-Chodakowska, Iwona; Witkowska, Anna Maria (2022): Sleep Quality: A Narrative Review on Nutrition, Stimulants, and Physical Activity as Important Factors. In: *Nutrients* 14 (9).
- Shahid, Azmeh; Wilkinson, Kate; Marcu, Shai; Shapiro, Colin M. (2012): Sleep Quality Scale (SQS). In: Azmeh Shahid, Kate Wilkinson, Shai Marcu und Colin M. Shapiro (Hg.): *STOP, THAT and One Hundred Other Sleep Scales*. New York, NY: Springer New York, S. 345–350.
- Simon, Stacey L.; Blankenship, Jennifer; Manoogian, Emily N. C.; Panda, Satchidananda; Mashek, Douglas G.; Chow, Lisa S. (2022): The impact of a self-selected time restricted eating intervention on eating patterns, sleep, and late-night eating in individuals with obesity. In: *Frontiers in nutrition* 9, 1007824.
- Sinz, Rainer (1980): Chronopsychophysiologie. Chronobiologie und Chronomedizin. Reprint 2021. Berlin, Boston: De Gruyter (Wissenschaftliche Taschenbücher, 217).
- Skene, Debra J.; Skornyakov, Elena; Chowdhury, Namrata R.; Gajula, Rajendra P.; Middleton, Benita; Satterfield, Briann C. et al. (2018): Separation of circadian- and behavior-driven metabolite rhythms in humans provides a window on peripheral oscillators and metabolism. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115 (30), S. 7825–7830.
- Solis-Navarro, Lilian; Masot, Olga; Torres-Castro, Rodrigo; Otto-Yáñez, Matías; Fernández-Jané, Carles; Solà-Madurell, Mireia et al. (2023): Effects on Sleep Quality of Physical Exercise Programs in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. In: *Clocks & Sleep* 5 (2), S. 152–166.
- Spaeth, Andrea M.; Dinges, David F.; Goel, Namni (2013): Effects of Experimental Sleep Restriction on Weight Gain, Caloric Intake, and Meal Timing in Healthy Adults. In: *Sleep* 36 (7), S. 981–990.
- Steele, Tyler A.; St Louis, Erik K.; Videnovic, Aleksandar; Auger, R. Robert (2021): Circadian Rhythm Sleep-Wake Disorders: a Contemporary Review of Neurobiology, Treatment, and Dysregulation in Neurodegenerative Disease. In: *Neurotherapeutics : the journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics* 18 (1), S. 53–74.
- St-Onge, Marie-Pierre; Mikic, Anja; Pietrolungo, Cara E. (2016a): Effects of Diet on Sleep Quality. In: *Advances in Nutrition* 7 (5), S. 938–949.
- St-Onge, Marie-Pierre; Roberts, Amy; Shechter, Ari; Choudhury, Arindam Roy (2016b): Fiber and Saturated Fat Are Associated with Sleep Arousals and Slow Wave Sleep. In: *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine* 12 (1), S. 19–24.
- Straif, Kurt; Baan, Robert; Grosse, Yann; Secretan, Béatrice; El Ghissassi, Fatiha; Bouvard, Véronique et al. (2007): Carcinogenicity of shift-work, painting, and fire-fighting. In: *The Lancet. Oncology* 8 (12), S. 1065–1066.
- Streim, Andreas (2019): Digitalisierung kommt in den deutschen Unternehmen an. In: *Bitkom e.V.*, 10.04.2019. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Digitalisierung-kommt-in-den-deutschen-Unternehmen-an>, zuletzt geprüft am 04.10.2023.
- Sun, Shi-Yu; Chen, Gui-Hai (2022): Treatment of Circadian Rhythm Sleep-Wake Disorders. In: *Current neuropharmacology* 20 (6), S. 1022–1034.
- Tahara, Y.; Makino, S.; Suiko, T.; Nagamori, Y.; Iwai, T.; Aono, M.; Shibata, S. (2021): Association between Irregular Meal Timing and the Mental Health of Japanese Workers. In: *Nutrients* 13 (8), S. 2775.
- Tahara, Yu; Shibata, Shigenobu (2013): Chronobiology and nutrition. In: *Neuroscience* 253, S. 78–88.
- Templeman, Iain; Gonzalez, Javier T.; Thompson, Dylan; Betts, James A. (2020): The role of intermittent fasting and meal timing in weight management and metabolic health. In: *The Proceedings of the Nutrition Society* 79 (1), S. 76–87.

- The Nobel Foundation (2017): The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2017. Online verfügbar unter <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2017/press-release/>, zuletzt aktualisiert am 11.10.2023, zuletzt geprüft am 12.10.2023.
- TK (2017): Schlaf gut, Deutschland. TK-Schlafstudie 2017. Hg. v. Techniker Krankenkasse. Online verfügbar unter <https://www.tk.de/resource/blob/2033604/118707bfcd95b0b1ccdaf06b30226ea/schlaf-gut-deutschland-data.pdf>, zuletzt aktualisiert am 30.10.2023.
- Tsang, Anthony H.; Astiz, Mariana; Friedrichs, Maureen; Oster, Henrik (2016): Endocrine regulation of circadian physiology. In: *The Journal of endocrinology* 230 (1), 1-11.
- Tsang, Anthony H.; Barclay, Johanna L.; Oster, Henrik (2014): Interactions between endocrine and circadian systems. In: *Journal of molecular endocrinology* 52 (1), 1-16.
- Van der Veen, Daan R.; Le Minh, Nguyet; Gos, Pascal; Arneric, Milica; Gerkema, Menno P.; Schibler, Ueli (2006): Impact of behavior on central and peripheral circadian clocks in the common vole *Microtus arvalis*, a mammal with ultradian rhythms. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103 (9), S. 3393–3398.
- Vasey, Clayton; McBride, Jennifer; Penta, Kayla (2021): Circadian Rhythm Dysregulation and Restoration: The Role of Melatonin. In: *Nutrients* 13 (10).
- Vasim, Izzah; Majeed, Chaudry N.; DeBoer, Mark D. (2022): Intermittent Fasting and Metabolic Health. In: *Nutrients* 14 (3).
- Vitale, Jacopo Antonino; Weydahl, Andi (2017): Chronotype, Physical Activity, and Sport Performance: A Systematic Review. In: *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* 47 (9), S. 1859–1868.
- Wams, Emma J.; Woelders, Tom; Marring, Irene; van Rosmalen, Laura; Beersma, Domien G. M.; Gordijn, Marijke C. M.; Hut, Roelof A. (2017): Linking Light Exposure and Subsequent Sleep: A Field Polysomnography Study in Humans. In: *Sleep* 40 (12).
- Wehrens, Sophie M. T.; Christou, Skevoulla; Isherwood, Cheryl; Middleton, Benita; Gibbs, Michelle A.; Archer, Simon N. et al. (2017): Meal Timing Regulates the Human Circadian System. In: *Current biology : CB* 27 (12), 1768-1775.
- Wicherski, Julia; Schlesinger, Sabrina; Fischer, Florian (2021): Association between Breakfast Skipping and Body Weight-A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Longitudinal Studies. In: *Nutrients* 13 (1).
- Wieden, Michael (2016): Chronobiologie im Personalmanagement. Wissen, wie Mitarbeiter ticken. 2., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Wilkinson, Michael J.; Manoogian, Emily N.C.; Zadourian, Adena; Lo, Hannah; Fakhouri, Savannah; Shoghi, Azarin et al. (2019): Ten-hour time-restricted eating reduces weight, blood pressure, and atherogenic lipids in patients with metabolic syndrome. In: *Cell metabolism* 31 (1), 92-104.
- Wong, Samuel Yeung-Shan; Zhang, De-Xing; Li, Carole Chi-Kwan; Yip, Benjamin Hon-Kei; Chan, Dicken Cheong-Chun; Ling, Yuet-Man et al. (2017): Comparing the Effects of Mindfulness-Based Cognitive Therapy and Sleep Psycho-Education with Exercise on Chronic Insomnia: A Randomised Controlled Trial. In: *Psychotherapy and psychosomatics* 86 (4), S. 241–253.
- Xia, Yunyan; Liang, Caihong; Kang, Junxin; You, Kai; Xiong, Yuanping (2023): Obstructive Sleep Apnea and Obesity Are Associated with Hypertension in a Particular Pattern: A Retrospective Study. In: *Healthcare* 11 (3).
- Xie, Yanling; Tang, Qingming; Chen, Guangjin; Xie, Mengru; Yu, Shaoling; Zhao, Jiajia; Chen, Lili (2019): New Insights Into the Circadian Rhythm and Its Related Diseases. In: *Frontiers in physiology* 10, S. 682.
- Xie, Zhibo; Sun, Yuning; Ye, Yuqian; Hu, Dandan; Zhang, Hua; He, Zhangyuting et al. (2022): Randomized controlled trial for time-restricted eating in healthy volunteers without obesity. In: *Nature Communications* 13.
- Yasumoto, Yuki; Hashimoto, Chiaki; Nakao, Reiko; Yamazaki, Haruka; Hiroshima, Hanako; Nemoto, Tadashi et al. (2016): Short-term feeding at the wrong time is sufficient to desynchronize peripheral clocks and

- induce obesity with hyperphagia, physical inactivity and metabolic disorders in mice. In: *Metabolism: clinical and experimental* 65 (5), S. 714–727.
- Yi, Hyeryeon; Shin, Kyungrim; Shin, Chol (2006): Development of the sleep quality scale. In: *Journal of sleep research* 15 (3), S. 309–316.
- Yilmaz, Dilek K.; Tanrikulu, Fatma; Dikmen, Yurdanur (2017): Research on Sleep Quality and the Factors Affecting the Sleep Quality of the Nursing Students. In: *Current Health Sciences Journal* 43 (1), S. 20–24.
- Yoshimura, Eiichi; Hatamoto, Yoichi; Yonekura, Satomi; Tanaka, Hiroaki (2017): Skipping breakfast reduces energy intake and physical activity in healthy women who are habitual breakfast eaters: A randomized crossover trial. In: *Physiology & behavior* 174, S. 89–94.
- Yoshitake, Rikako; Park, Insung; Ogata, Hitomi; Omi, Naomi (2023): Meal Timing and Sleeping Energy Metabolism. In: *Nutrients* 15 (3).
- Zagajewski, Jacek; Drozdowicz, Danuta; Brzozowska, Iwona; Hubalewska-Mazgaj, Magdalena; Stelmaszynska, Teresa; Laidler, Piotr M.; Brzozowski, Tomasz (2012): Conversion L-tryptophan to melatonin in the gastrointestinal tract: the new high performance liquid chromatography method enabling simultaneous determination of six metabolites of L-tryptophan by native fluorescence and UV-VIS detection. In: *Journal of physiology and pharmacology : an official journal of the Polish Physiological Society* 63 (6), S. 613–621.
- Zagajewski, Jacek; Wojcik-Grzybek, Dagmara; Brzozowski, Bartosz; Majka, Jaroslaw; Magierowski, Marcin; Placha, Wojciech et al. (2021): Simultaneous detection of melatonin and six metabolites of L-tryptophan pathway in rat gastric mucosa. In: *Journal of physiology and pharmacology : an official journal of the Polish Physiological Society* 72 (6).
- Zarrinpar, Amir; Chaix, Amandine; Panda, Satchidananda (2016): Daily Eating Patterns and Their Impact on Health and Disease. In: *Trends in endocrinology and metabolism: TEM* 27 (2), S. 69–83.
- Zhao, Mingxia; Tuo, Houzhen; Wang, Shuhui; Zhao, Lin (2020): The Effects of Dietary Nutrition on Sleep and Sleep Disorders. In: *Mediators of inflammation* 2020 (3142874).
- Zhou, Qionggui; Zhang, Ming; Hu, Dongsheng (2019): Dose-response association between sleep duration and obesity risk: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. In: *Sleep & breathing = Schlaf & Atmung* 23 (4), S. 1035–1045.

ANHANG

Anhang 1: Einleitung Online-Umfrage

Liebe(r) Teilnehmer(in),

hast du dich auch schon gefragt, ob dein jetziges Essverhalten einen Einfluss auf deinen Schlaf hat?!

Du kannst mir jetzt, im Rahmen meiner Masterarbeit, helfen, neue Daten zu sammeln und ggf. Lösungsstrategien für Menschen mit Schlafproblemen zu entwickeln.

Dich erwarten Fragen zu deinen Tagesgewohnheiten und zu deiner Schlafqualität. Du benötigst ca. 5 Minuten für alle Fragen. Alle Daten werden anonymisiert erhoben und streng vertraulich behandelt.

Für jede Teilnahme spende ich 50 Cent an die Kinderlachen e.V., um kranke und hilfsbedürftige Kinder in Deutschland gesünder und glücklicher zu machen:)

Außerdem kannst du optional das Testergebnis deiner Schlafqualitätsbefragung per E-Mail zugeschickt bekommen (eine Anonymisierung ist in diesem Fall jedoch nicht mehr möglich).

Vielen Dank, dass du deine Zeit in die Gesundheit anderer investierst.

Voraussetzung:

An dieser Befragung darf KEINE Person teilnehmen, die

- unter 18 oder über 59 Jahre alt ist,
- in Nachtschichten arbeitet oder
- schlaffördernde Medikamente nimmt

Falls keine der 3 Bedingungen auf dich zutrifft, wünsche ich dir jetzt viel Spaß beim Antworten.

Anhang 2: Soziodemographische Abfrage

Machen Sie bitte folgende Angaben zu Ihrer Person:

1. Geschlecht: <input type="radio"/> Männlich <input type="radio"/> Weiblich <input type="radio"/> Anderes	2. Alter in Jahren: <input type="radio"/> 18-29 <input type="radio"/> 30-45 <input type="radio"/> 46-59	3. Körpergröße in cm: <hr style="width: 100px; margin-left: 0;"/> (Format: 150)	4. Gewicht in kg: <hr style="width: 100px; margin-left: 0;"/> (Format: 50)
5. Höchster Bildungsabschluss <input type="radio"/> Grundschule <input type="radio"/> Hauptschule <input type="radio"/> Realschule <input type="radio"/> Fachabitur <input type="radio"/> Abitur <input type="radio"/> Bachelor <input type="radio"/> Master/Diplom <input type="radio"/> Promotion		6. Berufliche Situation <input type="radio"/> Schüler/Student(in) <input type="radio"/> Arbeitnehmer(in) <input type="radio"/> Selbstständig <input type="radio"/> Hausfrau(-mann) <input type="radio"/> Arbeitssuchend	7. Wohnort <input type="radio"/> Land (< 20.000 Einwoh.) <input type="radio"/> Kleinstadt (> 20.000) <input type="radio"/> Großstadt (>100.000)

Anhang 3: Chrono-Nutrition Questionnaire

Die folgenden Fragen beziehen sich auf deine Gewohnheiten **in den letzten 30 Tagen**. Lies die Fragen und kreuze die am besten zutreffende Antwort an.

Antwortmöglichkeiten:					
Selten: Gar nicht oder 1–3-mal pro Monat		Häufig: 3–5-mal pro Woche			
Manchmal: 1–2-mal pro Woche		Fast immer: 6–7-mal pro Woche			
Tagesstart:					
1	Wann bist du normalerweise aufgestanden?	Nur eine Uhrzeit angeben: (Format 00:00)			
2	Wie stark variierte deine Aufstehzeit an Arbeitstagen?	1 Std.	2 Std.	3 Std.	über 3 Std.
3	Wie viele Stunden nach dem Aufstehen hast du deine erste große Mahlzeit gegessen?	1 Std.	2 Std.	3 Std.	über 3 Std.
4	Wie stark variierte deine Frühstückszeit?	1 Std.	2 Std.	3 Std.	über 3 Std.
5	Wie oft hast du eine große Mahlzeit innerhalb der ersten Stunde nach dem Aufstehen gegessen?	Selten	Manchmal	Häufig	Fast immer
Tagesmitte:					
6	Wie oft hast du eine große Mahlzeit zum Mittag gegessen?	Selten	Manchmal	Häufig	Fast immer
Tagesende:					
7	Wann bist du normalerweise eingeschlafen?	Nur eine Uhrzeit angeben: (Format 00:00)			
8	Wie stark variierte deine Schlafenszeit an Arbeitstagen?	1 Std.	2 Std.	3 Std.	über 3 Std.
9	Wie viele Stunden vor dem Schlafen hast du deine letzte große Mahlzeit gegessen?	1 Std.	2 Std.	3 Std.	über 3 Std.
10	Wie stark variierte deine Abendmahlzeit?	1 Std.	2 Std.	3 Std.	über 3 Std.
11	Wie häufig hast du etwas in der letzten Stunde vor dem Schlafengehen gegessen?	Selten	Manchmal	Häufig	Fast immer
12	Hattest du das Gefühl, dass der Zeitpunkt deiner Mahlzeiten deinen Schlaf beeinflusst hat?	Selten	Manchmal	Häufig	Fast immer

Anhang 4: Sleep Quality Scale (deutsche Version)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf deinen Schlaf in den letzten 30 Tagen. Lies die Fragen und kreuze die am besten zutreffende Antwort an.

		Selten	Manchmal	Häufig	Fast immer
1	Ich habe Probleme beim Einschlafen.				
2	Ich falle in einen tiefen Schlaf.				
3	Ich wache im Schlaf auf.				
4	Ich habe Schwierigkeiten, wieder einzuschlafen, wenn ich mitten in der Nacht aufwache.				
5	Ich wache leicht durch Lärm auf.				
6	Ich drehe und wende mich.				
7	Ich schlafe nie wieder ein, wenn ich während des Schlafs aufgewacht bin.				
8	Ich fühle mich nach dem Schlaf erfrischt.				
9	Es fühlt sich unnötig an, nach dem Schlafen weiterzuschlafen.				
10	Schlechter Schlaf verursacht bei mir Kopfschmerzen.				
11	Schlechter Schlaf macht mich gereizt.				
12	Ich würde gerne nach dem Aufwachen mehr schlafen.				
13	Meine Schlafstunden sind ausreichend.				
14	Schlechter Schlaf macht mich appetitlos.				
15	Schlechter Schlaf macht es mir schwer zu denken.				
16	Ich fühle mich nach dem Schlaf munter.				
17	Schlechter Schlaf lässt mich das Interesse an der Arbeit oder an anderen verlieren.				
18	Meine Müdigkeit ist nach dem Schlaf gelindert.				
19	Schlechter Schlaf veranlasst mich, bei der Arbeit Fehler zu machen.				
20	Ich bin mit meinem Schlaf zufrieden.				
21	Schlechter Schlaf führt dazu, dass ich Dinge leichter vergesse.				
22	Schlechter Schlaf macht es mir schwer, mich bei der Arbeit zu konzentrieren.				
23	Schläfrigkeit beeinträchtigt mein tägliches Leben.				
24	Schlechter Schlaf lässt mich die Lust an allen Dingen verlieren.				
25	Ich habe Schwierigkeiten, aus dem Bett zu kommen.				
26	Schlechter Schlaf macht mich bei der Arbeit schnell müde.				
27	Nach dem Schlaf habe ich einen klaren Kopf.				
28	Schlechter Schlaf macht mein Leben qualvoll.				