

Aus dem Interdisziplinären Schlafmedizinischen Zentrum
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**“Der Schlaf von Orchestermusikern der Staatskapelle Berlin
anhand einer polysomnographischen Untersuchung“**

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Dipl. Mus.
Tina Antje Corin Hild

aus Gießen

Datum der Promotion: 27.02.2015

In Liebe und Dankbarkeit
meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Glossar	IV
Abstrakt	V
Abstract	VI
1 EINLEITUNG	1
1.1 Überblick	1
1.2 Schlaf und Schlafstörungen	2
1.2.1 Schlaf, Definition und Forschung	2
1.2.2 Schlafphysiologie	3
1.2.3 Schlafstörungen	9
1.3 Berufsmusiker	16
1.3.1 Beruf des Orchestermusikers	16
1.3.2 Belastungen eines Orchestermusikers	17
1.3.3 Anforderungen der Musiker von Blasinstrumenten	20
1.4 Berufsbedingte Schlafveränderungen	21
1.4.1 Schichtarbeit	21
1.4.2 Power Nap	21
1.4.3 Stress und Schlafdeprivation	22
1.5 Fragestellung und Forschungshypothesen	25
2 METHODEN	26
2.1 Studiendesign	26
2.2 Probandenkollektiv	26
2.3 Ablauf der Studie/Studienplan	27
2.4 Datenerhebung und Datenauswertung	28
2.4.1 Polysomnographie	28
2.4.2 Fragebögen	33
2.5 Statistische Datenanalyse	37
3 ERGEBNISSE	39
3.1 Probandenkollektiv und anthropometrische Daten	39
3.2 Schlaf der Musiker	42
3.2.1 Schlafarchitektur und Schlaflatenzen	42
3.2.2 Schlafdauer	43
3.2.3 Periodische Beinbewegungen	44
3.2.4 Körperlage	45

3.3	Schlafbezogene Atmung der Bläser und Streicher	47
3.3.1	Vergleich der Atmung zwischen Bläsern und Streichern	47
3.3.2	Vergleich der Atmung innerhalb der Bläsergruppe	50
3.4	Schlafeffizienz und Schlafqualität der Musiker	56
3.5	Chronotyp der Musiker (D-MEQ)	63
3.6	Tagesschläfrigkeit der Musiker (ESS)	64
3.7	Spezifische Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter (FEPS-II)	67
4	DISKUSSION	70
4.1	Methodendiskussion	70
4.1.1	Polysomnographie	70
4.1.2	Inhaltliche und methodische Limitationen der Studie	72
4.2	Schlaf der Musiker	73
4.2.1	Vergleich der Schlafparameter zwischen Musikern und Schlafgesunden	73
4.2.2	Schlafarchitektur und Schlaflatenzen	75
4.2.3	Schlafdauer	78
4.2.4	Periodische Beinbewegungen	78
4.2.5	Körperlage	79
4.3	Schlafbezogene Atmung der Bläser und Streicher	79
4.3.1	Vergleich der Atmung zwischen Bläsern und Streichern	79
4.3.2	Vergleich der Atmung innerhalb der Bläsergruppe	81
4.4	Schlafeffizienz und Schlafqualität der Musiker	87
4.4	Chronotyp der Musiker	90
4.5	Tagesschläfrigkeit der Musiker	91
4.6	Zusammenhänge zwischen den Fragebögen ESS, PSQI und D-MEQ	92
4.7	Spezifische Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter (FEPS-II)	93
4.8	Beantwortung der Fragestellung	95
4.9	Ausblick	96
5	LITERATURVERZEICHNIS	97
6	VERÖFFENTLICHUNGEN	111
7	LEBENS LAUF	112
8	EIDESSTÄTTLICHE VERSICHERUNG	114
9	DANKSAGUNG	115

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1	Einteilung der Schlafstörungen	10
Tabelle 1-2	Diagnosekriterien für das OSAS	12
Tabelle 2-1	Für die Studie relevante physiologische Parameter der Polysomnographie	31
Tabelle 2-2	Stanine schlafgesunder Frauen.....	37
Tabelle 2-3	Stanine schlafgesunder Männer	37
Tabelle 2-4	Stanine schlafgestörter Frauen	37
Tabelle 2-5	Stanine schlafgestörter Männer.....	37
Tabelle 3-1	Demographische Daten	39
Tabelle 3-2	Instrumentenaufteilung innerhalb der Bläsergruppe	40
Tabelle 3-3	Instrumentenaufteilung innerhalb der Streichergruppe	40
Tabelle 3-4	Spielgewohnheiten.....	40
Tabelle 3-5	Anamnestische Daten.....	41
Tabelle 3-6	Subjektive Wahrnehmung der aufgezeichneten Nacht.....	41
Tabelle 3-7	Daten zur Schlafarchitektur und den Schlaflatenzen der Musiker im Gesamtkollektiv.....	42
Tabelle 3-8	Daten zur Schlafarchitektur und den Schlaflatenzen der Bläser und Streicher	43
Tabelle 3-9	Die TIB, TST, SPT sowie die SE aller Musiker	44
Tabelle 3-10	Die TIB, TST, SPT sowie die SE der Bläser und Streicher.....	44
Tabelle 3-11	PLMS der Musiker im Gesamtkollektiv	44
Tabelle 3-12	PLMS der Bläser und Streicher.....	45
Tabelle 3-13	PSQI Ergebnisse innerhalb der Bläsergruppe	61
Tabelle 3-14	D-MEQ Ergebnisse innerhalb der Bläsergruppe.....	64
Tabelle 3-15	ESS Ergebnisse innerhalb der Bläsergruppe	64
Tabelle 3-16	FEPS-II Ergebnisse für die Merkmale „Fokussieren“ und „Grübeln“	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1	Signalmuster der Wach- und Schlafstadien.....	5
Abbildung 1-2	Idealtypisches Hypnogramm des Nachtschlafs	7
Abbildung 1-3	Ontogenetische Entwicklung des Schlafs.....	7
Abbildung 2-1	<i>SOMNOcheck 2 R&K</i> Gerät	28
Abbildung 2-2	Elektrodenpunkte für eine Polysomnographieaufzeichnung.....	29
Abbildung 2-3	Auswertungsfenster der Polysomnographie einer 30-Sekunden-Epoche mit der Software <i>SOMNOlab</i>	32
Abbildung 3-1	Körperlagen der Musiker im Gesamtkollektiv	45
Abbildung 3-2	Körperlagen der Bläser.....	46
Abbildung 3-3	Körperlagen der Streicher.....	46
Abbildung 3-4	Boxplots der Lagewechsel im Vergleich der Bläser mit den Streichern.....	47
Abbildung 3-5	AHI Varianzen der 17 Bläser	48
Abbildung 3-6	AHI Varianzen der 15 Streicher	48
Abbildung 3-7	Boxplots für AHI, HI, SP im Vergleich der Streicher mit den Bläsern	49
Abbildung 3-8	Boxplots des AHI der jeweiligen Instrumentengruppen	51
Abbildung 3-9	Boxplots des AHI in Rückenlage der jeweiligen Instrumentengruppen	52
Abbildung 3-10	Boxplots des HI der jeweiligen Instrumentengruppen	53
Abbildung 3-11	Boxplots des Schnarchanteils der jeweiligen Instrumentengruppen	54
Abbildung 3-12	Boxplots des Rückenlagenanteils für AHI <5 und AHI >5.....	55
Abbildung 3-13	Korrelation von AHI und BMI	56
Abbildung 3-14	Boxplots der SE PSG im Vergleich der Bläser mit den Streichern.....	57
Abbildung 3-15	Häufigkeitsverteilung der PSQI Ergebnisse	58
Abbildung 3-16	PSQI Ergebnisse aller Musiker im Balkendiagramm.....	59
Abbildung 3-17	PSQI Ergebnisse aller Musiker im Kreisdiagramm	59
Abbildung 3-18	PSQI Ergebnisse der Bläsergruppe	60
Abbildung 3-19	PSQI Ergebnisse der Streichergruppe	61
Abbildung 3-20	Darstellung der Schlafeffizienz	62
Abbildung 3-21	Korrelation der Schlafeffizienzen des PSQI-Fragebogens und der Polysomnographie.	62
Abbildung 3-22	D-MEQ Ergebnisse zum Chronotyp aller Musiker	63
Abbildung 3-23	Häufigkeitsverteilung der ESS Ergebnisse.....	65
Abbildung 3-24	ESS Ergebnisse aller Musiker im Kreisdiagramm	65
Abbildung 3-25	ESS Ergebnisse aller Musiker im Balkendiagramm	66
Abbildung 3-26	ESS der jeweiligen Instrumentengruppen	67

Abbildung 3-27	Häufigkeitsverteilung der FEPS–II Ergebnisse "Fokussieren"	68
Abbildung 3-28	Häufigkeitsverteilung der FEPS–II Ergebnisse "Grübeln"	68
Abbildung 4-1	Boxplots der Schlafparameter im Vergleich zwischen Musikern und Schlafgesunden.....	74

Glossar

AASM	American Academy of Sleep Medicine
AHI	Apnoe Hypopnoe Index
AI	Apnoe Index
AWZ	Auswertezeitraum
ASDS	American Sleep Disorders Association
bzw.	beziehungsweise
D-MEQ	Deutsche Fassung des Morningness–Eveningness Questionnaire
dB	Dezibel
EEG	Elektroenzephalogramm
EMG	Elektromyogramm
EOG	Elektrookulogramm
ESS	Epworth Sleepiness Scale
FNE	First Night Effect
h	Stunden
HI	Hypopnoe Index
Hz	Hertz
ICSD	International Classification of Sleep Disorders
MW	Mittelwert
NREM	Non–rapid eye movement sleep
OSAS	Obstruktives Schlafapnoe Syndrom
PLMS	Periodic limb movement in sleep
PSQI	Pittsburgh Schlafqualitätsindex
PTSD	Posttraumatic stress disorder
REM	Rapid eye movement sleep
RERA	Respiratory effort related arousal
SBAS	Schlafbezogene Atmungsstörung
SE	Schlafeffizienz
s	Sekunden
SL	Sleep onset latency
SD	Standardabweichung
SWS	Slow–wave sleep
TST	Total sleep time
WASO	Wake after sleep onset
ZNS	Zentralnervensystem

Abstrakt

Professionelle Orchestermusiker, insbesondere solche aus exzellenten Orchestern wie der „Staatskapelle Berlin“, sind einer außergewöhnlichen Arbeitsbelastung mit höchsten Anforderungen ausgesetzt. Um den Einfluss dieser Arbeitsbedingungen auf den Schlaf zu untersuchen, wurden polysomnographische Untersuchungen bei professionellen Orchestermusikern durchgeführt. Kürzlich veröffentlichte Studien begründen des Weiteren die Vermutung, dass moderates Training der oberen Atemwege durch Spielen eines Blasinstrumentes die Kollapsneigung der oberen Atemwege verringern und sich dies positiv auf eine OSA (Obstruktive Schlafapnoe) auswirken kann.^{1,2}

Bei 32 Musikern der Staatskapelle Berlin wurden kardiorespiratorische Polysomnographien in häuslicher Umgebung durchgeführt. Die Schlafparameter wurden mit Daten Schlafgesunder verglichen. Des Weiteren wurden die Atmungsparameter zwischen der Bläser- und der Streichergruppe sowie zwischen den unterschiedlichen Blasinstrumenten verglichen. Außerdem wurden die ESS (Epworth Sleepiness Scale), der PSQI (Pittsburgh Schlafqualitätsindex), der D-MEQ (Morningness Eveningness Questionnaire) sowie der FEPS-II („Fragebogen zur Erfassung spezifischer Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter“) erhoben. Signifikante Unterschiede zeigten sich bei den Musikern in einer längeren Tiefschlafphase ($p=0,003$), einer kürzeren REM-Phase ($p=0,011$), einer kürzeren Gesamtschlafzeit ($p=0,001$), sowie einer schlechteren Schlafeffizienz ($p=0,001$) und einer längeren Einschlaf latenz ($p=0,043$). Bei nur geringen Unterschieden in den Atmungsparametern zwischen Bläsern und Streichern sowie Holz- und Blechbläsern, zeigten sich im Vergleich zwischen Hoch- und Tiefdruckbläsern deutlich höhere Werte bei den Hochdruckbläsern, die anhand eines Anblasdrucks von über 40mmHg definiert worden sind. Der PSQI und die ESS lagen bei den Musikern jeweils im oberen Normbereich. Die Chronotypen waren vergleichbar mit den Daten aus der Normalbevölkerung³ und die Ergebnisse des FEPS-II lagen innerhalb der Stanine Schlafgesunder.

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse durch eine eingeschränkte Schlafeffizienz, eine verkürzte Gesamtschlafzeit mit verlängerter Einschlaf latenz darauf hin, dass der Schlaf von Berufsmusikern durch die fehlenden Entspannungsphasen nach spät abendlichen Diensten negativ beeinflusst wird. Überdies zeigen sich anhand einer verlängerten Tiefschlafphase kombiniert mit einer verkürzten REM-Schlafphase Zeichen einer Schlafdeprivation. Dies bekräftigt die Relevanz, eine Erholungsmöglichkeit für die Musiker im direkten Arbeitsumfeld zu schaffen. Zwischen Bläsern und Streichern konnten keine Unterschiede in den Atmungsparametern gemessen werden. Die Differenz der Tiefdruck- zu den Hochdruckbläsern lässt jedoch eine Ten-

denz erkennen, dass der Anblasdruck des Blasinstrumentes die Atmung beeinflusst. Dies lässt das Spielen eines Tiefdruckinstruments als einen protektiven Faktor für die Entstehung einer OSA vermuten. Zur Bekräftigung dieser These müssen größere Studien folgen.

Abstract

Professional musicians – especially musicians in first-class orchestras such as the “Berlin Staatskapelle” (Berlin State Orchestra) – perform at the highest level under demands for extraordinary accuracy. They are exposed to a high level of stress, when performing and rehearsing for concerts. It is so far unknown to which degree these demanding work habits affect their sleep. Based on recent studies playing a wind instrument might be a prosperous treatment to antagonize the collapsibility of the upper airway as well as protect against OSA (obstructive sleep apnea).^{1,2}

We investigated the sleep of 32 professional musicians of the “Berlin Staatskapelle” using cardiorespiratory polysomnography at home. We compared the sleep data of all musicians with those of a pool of healthy sleepers. Additionally, we investigated the sleep-related respiratory data by comparing the wind (WI) with the string instrument players (SI). Moreover we analyzed these data within the wind section. We undertook the PSQI (Pittsburgh Sleep Quality Index), the D-MEQ, the ESS (Epworth Sleepiness Scale) and the FEPS-II (“Fragebogen zur Erfassung spezifischer Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter”) to determine characteristics of patients suffering from insomnia. The musicians exhibited significant longer total sleep time ($p=0.001$), more slow-wave sleep (SWS) ($p=0.003$), less REM sleep ($p=0.011$), higher sleep latency (SL) ($p=0.043$) combined with a lower sleep efficiency index (SE) ($p=0.001$). No significant differences were found in comparison of the respiratory data between WI and SI, although the high-pressure WI, which have been defined, if the intraoral pressure for playing the instrument succeed 40mmHg, showed evidently higher values when compared with the low-pressure WI within the wind section. The mean value of the PSQI and the ESS were at the upper level of the normal range. The results of the D-MEQ were comparable to the data among the general population.³ The FEPS-II showed values similar to the stanine scores of healthy sleepers.

Shortened sleep duration, reduced SE, longer SL of the musicians favour the hypothesis that an ongoing high stress rate at night negatively affects the sleep of orchestra musicians. Moreover, our sleep data reflects changes in terms of chronic sleep deprivation based on an extended SWS period, combined with a reduced REM phase. Although no differences in the

respiratory data were found between SI and WI, playing a low–pressure instrument could be preventive with respect to OSA. In order to confirm this important finding, further studies considering higher sample sizes are necessary.

1 Einleitung

1.1 Überblick

Professionelle Musiker eines Sinfonieorchesters wie der Staatskapelle Berlin erbringen Hochleistungen auf ihren jeweiligen Instrumenten. Sie arbeiten auf höchstem Niveau und leisten dies in außerordentlicher Präzision. Dies erfordert ganz spezielle physische wie psychische Anforderungen. Daher werden sie immer wieder mit der Berufsgruppe der Leistungssportler verglichen. „*Profimusiker haben einen Knochen- und Muskeljob, vergleichbar dem eines Leistungssportlers*“ gab der Musikmediziner *Egbert Seidel* aus Weimar zu bedenken.⁴ Auch durch ihre ungewöhnlichen spät abendlichen Arbeitszeiten und extrem hohen Leistungs- sowie Konkurrenzdruck gehören sie einer besonderen Arbeitsgruppe an. In einer Studie zum Schlaf bei professionellen Tänzern konnten Veränderungen des Schlafs aufgezeigt werden.⁵ Es gilt daher zu vermuten, dass die besonderen Arbeitsanforderungen eines professionellen Orchestermusikers ebenfalls Auswirkungen auf den Schlaf und das Schlafverhalten aufweisen.

Das Spielen eines Blasinstrumentes wird als ein protektiver Faktor bei der Entwicklung einer Obstruktiven Schlafapnoe (OSA) diskutiert. Zwei Studien hierzu konnten erste Hinweise sammeln, dass moderates Training durch Spielen eines Didgeridoos, die Atmung im Schlaf günstig beeinflussen kann. So zeigte sich eine signifikante Verringerung des Apnoe–Hypopnoe–Indexes (Anzahl der Apnoe– und Hypopnoe–Episoden innerhalb einer Stunde Schlaf, AHI) sowie eine Verbesserung der Tagesschläfrigkeit der Probanden.^{1,2} Das positive Ergebnis dieser Studien lässt vermuten, dass das kontinuierliche Training der Muskulatur des Atemapparates durch das Spielen eines Blasinstrumentes ebenfalls einen günstigen Effekt auf die Atemaussetzer im Schlaf haben und damit eine schlafbezogene Atmungsstörung günstig beeinflussen kann. Die Berufsmusiker der „Staatskapelle Berlin“ unter diesem Gesichtspunkt betrachtend, führte zu der Hypothese, dass Orchestermusiker, die ein Blasinstrument spielen günstige Veränderungen der Atmungsparameter im Schlaf zeigen.

In einer weiteren Studie zu professionellen Orchestermusikern zeigte sich jedoch kein Unterschied im Vergleich zwischen den Bläsern und Streichern in Bezug auf Tagesmüdigkeit und das Schlafapnoerisiko, welches anhand eines standardisierten Fragebogens ermittelt wurde.⁶ Da bei dieser Studie ausschließlich Fragebögen mittels einer Online–Umfrage zum Einsatz kamen, fehlten bislang objektivierbare Daten. Mit der vorliegenden Untersuchung wird diese Lücke geschlossen. Es wurden erstmals objektivierbare polysomnographische Daten zur

Bestimmung des AHI erhoben und diese zwischen den Bläsern und Streichern eines professionellen Orchesters verglichen.

Diese Arbeit hat zum Ziel, polysomnographische Schlafparameter der Berufsgruppe professioneller Orchestermusiker mit denen einer altersentsprechenden Vergleichsgruppe Schlafgesunder zu vergleichen. Ebenfalls soll der Einfluss der regelmäßigen leistungsorientierten Übungen der Atemmuskulatur durch das Spielen eines Blasinstrumentes auf die Atmungsparameter aus der Polysomnographie evaluiert werden. Für die Untersuchung wurde der Schlaf von 32 Bläsern und Streichern der Staatskapelle Berlin mittels einer polysomnographischen Untersuchung aufgezeichnet. Die polysomnographischen Daten aller Berufsmusiker wurden mit denen einer vergleichbaren altersentsprechenden Gruppe Schlafgesunder verglichen. Außerdem wurden die Daten der Atmungsparameter aus der Gruppe der Bläser mit denen der Streicher verglichen. Ergänzt wurde dies durch Daten aus vier standardisierten Fragebögen zur Schlafqualität (PSQI), Tagesmüdigkeit (ESS) und zum Chronotyp (D-MEQ) sowie durch den Fragebogen zur Erfassung spezifischer Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter (FEPS-II).

1.2 Schlaf und Schlafstörungen

1.2.1 Schlaf, Definition und Forschung

Der Schlaf übt eine große Faszination auf die Menschheit aus. Gleichzeitig gehört er zu den alltäglichen Dingen des Lebens, schläft doch der Mensch ein Drittel seines Lebens.⁷ Es existieren Aufzeichnungen aus Ägypten 2000 v. Chr., in welchen der Schlaf einem „...echte[n] Gotteserlebnis“ gleichgestellt wird.⁸ Als „das höchste der Genüsse“ wird er durch Goethe bewertet und Schopenhauer fasst seine Bedeutung mit dem Satz „Der Schlaf ist für den ganzen Menschen, was das Aufziehen für die Uhr“ zusammen.⁸ Doch was macht den Schlaf aus? Ethymologisch stammt das Wort Schlaf aus dem gotischen „sleps“ und dem altmittelhochdeutschen Wort „slaf“ und bedeutet „schlapp werden“ oder „schlaff werden“. Dieses Verständnis vom Schlaf als ein passiver Zustand hält sich bis in das 20. Jahrhundert hinein.⁹ Michael Feld schrieb 2013 in der Zeitschrift „Schlaf“ auf die Frage: „Was ist Schlaf?“: „Schlaf ist eine durch verschiedene Besonderheiten gekennzeichnete Phase der Erholung, Reparatur und Regeneration des Organismus.“¹⁰

Als der erste Schlafforscher wird Nathaniel Kleitmann bezeichnet, der 1925 in Chicago ein erstes Schlaflabor errichtete, in dem er den Schlaf aus einem physiologischen Blickwinkel untersuchte. Einen entscheidenden Meilenstein in der Schlafforschung stellte allerdings 1929 die

Einleitung

Entdeckung des Elektroenzephalogramms (EEG) durch *Hans Berger* aus Jena dar.¹¹ Erst hierdurch konnte eine Aufzeichnung der kortikalen elektrischen Aktivität ermöglicht und damit der Grundstein für die Schlafaufzeichnung bereitet werden. Einen weiteren wichtigen Durchbruch brachten *Aserinsky und Kleitmann*¹² 1953 mit der Entdeckung des REM (rapid eye movement) Schlafes. Dieser zeigte entgegen der bislang angenommenen Theorie, der Schlaf sei ein passiver aktivitätsloser Zustand, eine besonders hohe Aktivität der Augenbewegung, eine hochfrequente Hirnaktivität sowie einen erhöhten Blutdruck und Puls. Daher wurde er ab dato als „paradoxe Schlaf“ bezeichnet. Als dann *Gastaut et al.*¹³ 1965 in ihrer Untersuchung von Apnoen bei Patienten mit Pickwick-Syndrom die Aufzeichnung der Atmung mit der EEG-Aufzeichnung kombinierten, hielt die moderne Polysomnographie als wichtigstes diagnostisches Instrument Einzug in die Schlafforschung. Mit dieser Möglichkeit der umfangreichen Schlafaufzeichnung hat sich diese noch junge Disziplin der Somnologie in den letzten Jahrzehnten enorm weiterentwickeln und immer mehr Erkenntnisse über den Schlaf erlangen können.

1.2.2 Schlafphysiologie

1.2.2.1 Schlafregulation

Der Schlaf ist ein Körperzustand, welcher an einen 24-Stunden-Rhythmus gekoppelt auftritt. Die zwei Hauptphasen, Non-REM (Non Rapid Eye Movement)-Schlaf und REM-Schlaf bilden zusammen mit dem Wachzustand die drei grundlegenden Funktionszustände des Zentralnervensystems (ZNS) und der Körperfunktionen.¹⁴

Die Regulation des Schlafes ist ein Zusammenspiel aus einem zirkadianen und einem homöostatischen System. Jedes einzelne kann unabhängig vom anderen zum Schlaf führen. Die Interaktion zwischen dem zirkadianen und homöostatischen System wurde in einem Zwei-Prozess-Modell zusammenfassend dargestellt. Im homöostatischen System nimmt ein Prozess S unabhängig von der Tageszeit mit Länge des Wachzustands exponentiell zu, bis er im Schlaf wieder auf ein tiefes Ursprungsniveau absinkt. Im zirkadianen System bestimmt der Prozess Z die Einschlafneigung abhängig von der jeweiligen Tageszeit, unabhängig vom Wach- oder Schlafzustand. Es ist in der Literatur vom zirkadianen Schlafdruck die Rede, welcher während der Schlafperiode zur Nacht die höchste Ausprägung hat.¹⁵

Aus Untersuchungen in abgeschirmten Schlafbunkern ist bekannt, dass der Schlaf-Wach-Rhythmus einen genetisch determinierten¹⁶ von der Umgebung unabhängigen endogenen Zeitgeber besitzt, welcher von *Aschoff und Wever*¹⁷ in ihrem frühen Isolationsversuch bei durchschnittlichen 25,1 Stunden gemessen wurde. Zu diesem zählen u. a. Stoffwechselforgänge,

Einleitung

Hormonfreisetzung, Blutdruck und Körperkerntemperatur. Einen chronobiologisch wichtigen Rhythmusgeber stellt die Körperkerntemperatur dar. Sie hat einen direkten Einfluss auf die Schlafneigung. Mit Erreichen des Temperaturmaximums ist die Einschlafneigung am höchsten.¹⁸ Ebenso spielen bestimmte Transmittersysteme an verschiedenen Hirnarealen zu einem komplexen Gesamtbild der Schlafregulation zusammen.

Die Funktion des Schlafes, insbesondere der verschiedenen Schlafphasen, konnte bis heute noch nicht endgültig geklärt werden. Es existieren hierzu unterschiedliche Theorien, die jedoch keinen Gegenstand dieser Arbeit darstellen. Erwähnt bleibt, dass der NREM–Schlaf eine besondere Aufgabe in der Zellregeneration besitzt. So kann der Tiefschlafanteil in der Nacht durch vorangehende körperliche Bewegung erhöht werden. Der REM–Schlaf spielt indes eine zentrale Rolle in der Gedächtniskonsolidierung sowie im emotionalen Gedächtnis. Dies wird untermauert mit der Beobachtung, dass eine REM–Deprivation zu deutlich verminderter Gedächtnisleistung in der darauffolgenden Wachphase führte.¹⁹ Ebenfalls zeigte sich in Studien eine Erhöhung des REM–Schlafes nach emotionalem Stress.²⁰ Es gilt heute als belegt, dass nicht nur während des REM–Schlafes geträumt wird sondern in allen Schlafphasen Träume auftreten. Diese unterscheiden sich jedoch in ihrer Qualität. Am lebhaftesten und gefühlsbetontesten werden sie während der REM–Phase empfunden.⁷

1.2.2.2 Schlafarchitektur

Die Schlafarchitektur kann anhand von Messungen der Hirnaktivität mittels EEG sowie von Messungen der Augenbewegungen durch das Elektrookulogramm (EOG) und der Muskelaktivität am Kinn durch ein Elektromyogramm (EMG) dargestellt werden. Aufgrund von Form, Amplitude und Frequenz der Signalkurven können verschiedene Signalmuster unterschieden werden. Diese wurden anhand von fünf verschiedenen Stadien erstmals durch *Rechtschaffen und Kales*²¹ charakterisiert. Der NREM–Schlaf teilt sich in zwei Leichtschlafstadien (Stadium 1 und 2) und in zwei Tiefschlafstadien (Stadium 3 und 4), welche aufgrund ihres charakteristischen EEG–Musters auch als „slow–wave sleep“ (SWS) bezeichnet werden. (Die Nomenklatur des NREM–Schlafes mit den Stadien 1–4 wurde durch *Rechtschaffen und Kales*²¹ geprägt und 2006 von der AASM durch N1 und N2 als Leichtschlafstadien und N3 als Tiefschlafstadium zusammengefasst und ersetzt.) Im Folgenden werden die Leichtschlafstadien mit S1 und S2 (Stadium 1 und 2) und die Tiefschlafstadien mit SWS (slow–wave sleep) bezeichnet. Die für jedes Stadium charakteristischen EEG–Muster werden in der **Abbildung 1–1** dargestellt und nachfolgend erläutert.

Einleitung

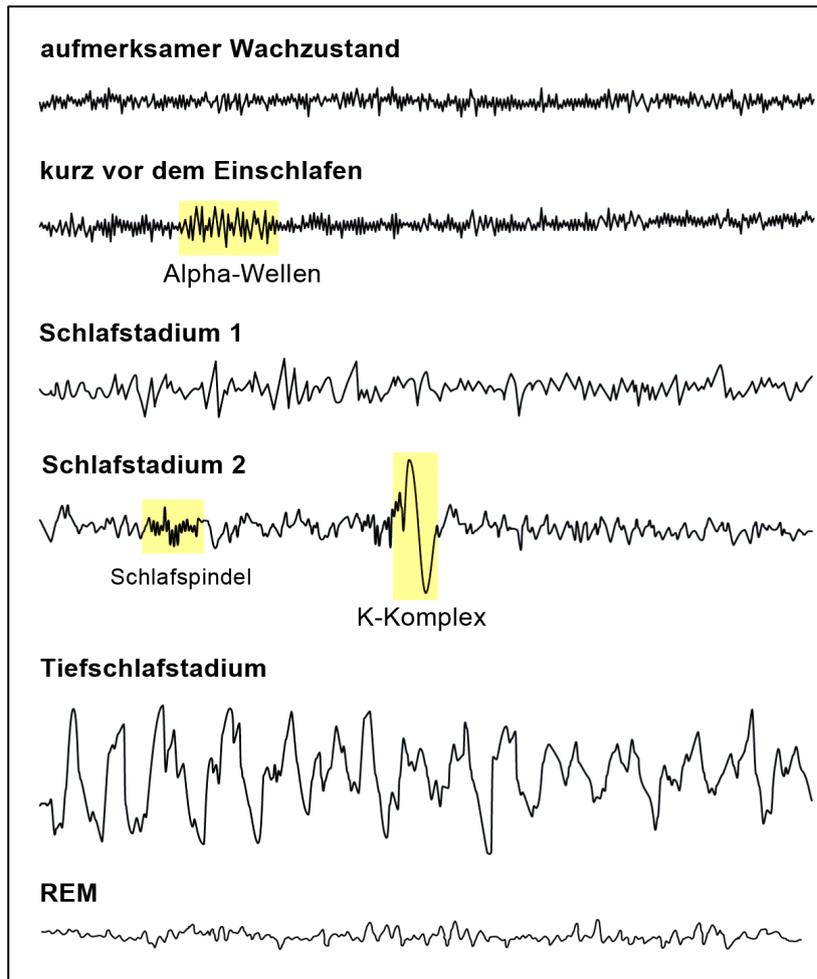


Abbildung 1-1 Signalmuster der Wach- und Schlafstadien: Wach, kurz vor dem Einschlafen, Schlafstadien S1 und S2, Tiefschlafstadium SWS und REM-Schlafstadium im EEG

Wachphase

Die Wachphase zeigt im EEG Alpha-Wellen (Frequenz 8–13Hz) oder Beta-Wellen (Frequenz 14–20Hz). Beim Scannen der Umgebung finden sich hier schnelle Augenbewegungen oder Leseaugenbewegungen. Bei geschlossenen Augen zeigt das EOG keine Augenbewegungen. Die Muskelspannung ist hoch.

Schlafstadium 1

Im Schlafstadium 1 (S1) dominieren niedrigamplitudige Wellen mit gemischten Frequenzen vermehrt im Thetabereich (Frequenz 4–7Hz). Zwischen den immer weniger werdenden Alpha-Wellen treten singuläre Vertexwellen (scharf konturierte Wellen <0,5s) und langsame Augenbewegungen auf. Die Muskelspannung verringert sich.

Schlafstadium 2

Das Schlafstadium 2 (S2) des NREM-Schlafes ist durch das Auftreten von Schlafspindeln (Folge abgrenzbarer Wellen von 11-16Hz >0,5s) und K-Komplexen (biphasische hochamplifizierte Wellen >0,5s) charakterisiert.¹⁴ Die Schlafspindeln können durch Blockierung der Verbindung zum Kortex die Weckschwelle erhöhen.²² Die Muskelspannung sinkt weiter.

Tiefschlafstadium

Im Tiefschlafstadium (slow-wave sleep, SWS) zeigen sich Deltawellen (Frequenz 0,5–2Hz) im EEG. Der Deltawellenanteil erhöht sich allmählich von <20% bis hin zu 50%. Hier befindet sich die Weckschwelle auf dem höchsten Niveau. Es treten keine Augenbewegungen auf bei weiter sinkender Muskelspannung. Herzfrequenz, Blutdruck und Atemminutenvolumen befinden sich hier auf ihrem niedrigsten Niveau.²³

REM-Schlafstadium

Charakteristisch für den REM-Schlaf sind die namensgebenden episodisch auftretenden schnellen Augenbewegungen (irreguläre Wellen mit scharfen Spitzen <500ms). Häufig treten vor der REM Episode Sägezahnwellen auf (Frequenz 2–6Hz). Das EEG zeigt gemischte Frequenzen ähnlich denen in S1 im Alpha-, Beta- und Thetabereich. Der Blutdruck und die Herzfrequenz steigen. Durch die vorherrschende Muskelatonie werden die Bewegungen während der meist lebhaft empfundenen Träume im REM-Stadium unterdrückt.

Der Schlaf verläuft in festen NREM-REM Abfolgen mit einer Zykluslänge von 90 Minuten. In einer Nacht werden durchschnittlich vier bis sechs einzelne Schlafzyklen durchlaufen.⁹ Die idealtypische Abfolge (siehe **Abbildung 1–2**) beginnt nach der Einschlafzeit mit den Leichtschlafstadien S1 und S2. Darauf folgt das Tiefschlafstadium (SWS) sowie erneut das Stadium S2. Am Ende jedes Zykluses steht die REM-Phase. Während das Stadium S1 im Durchschnitt nur ca 5% der Schlafperiodenzeit (SPT) einnimmt, trägt das darauffolgende Stadium S2 mit insgesamt 45–55% zu einem Großteil der Schlafzeit bei. Der SWS macht zusammen insgesamt 15-25% der SPT aus. Der Anteil des REM-Schlafes beträgt 20–25%.¹⁹ Jedoch sind die einzelnen Stadien in ihrer Länge nicht immer gleich. Zu Beginn dominieren die NREM-Anteile mit den Leicht- und Tiefschlafstadien, während mit Zunahme der Schlafzeit die REM-Anteile an Länge zunehmen. Das Maximum an NREM-Schlaf findet sich somit im ersten Drittel des Gesamtschlafes und das Maximum an REM-Schlaf im letzten Drittel.²⁴

Einleitung

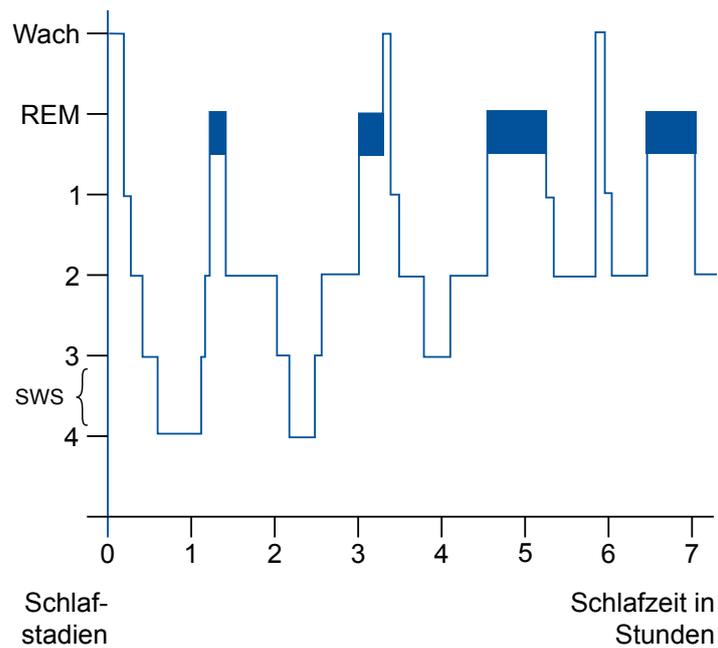


Abbildung 1-2 Idealtypisches Hypnogramm des Nachtschlafs eines gesunden Erwachsenen. 1 und 2: Leichtschlafstadien, 3 und 4: Tiefschlafstadium SWS²⁵

Betrachtet man die gesamte Lebensspanne eines Menschen, nimmt in der ontogenetischen Entwicklung des Schlafes der Anteil des REM-Schlafes sowie der Tiefschlafanteil zugunsten der Leichtschlafstadien im Laufe des Lebens ab.²⁶ (siehe **Abbildung 1-3**)

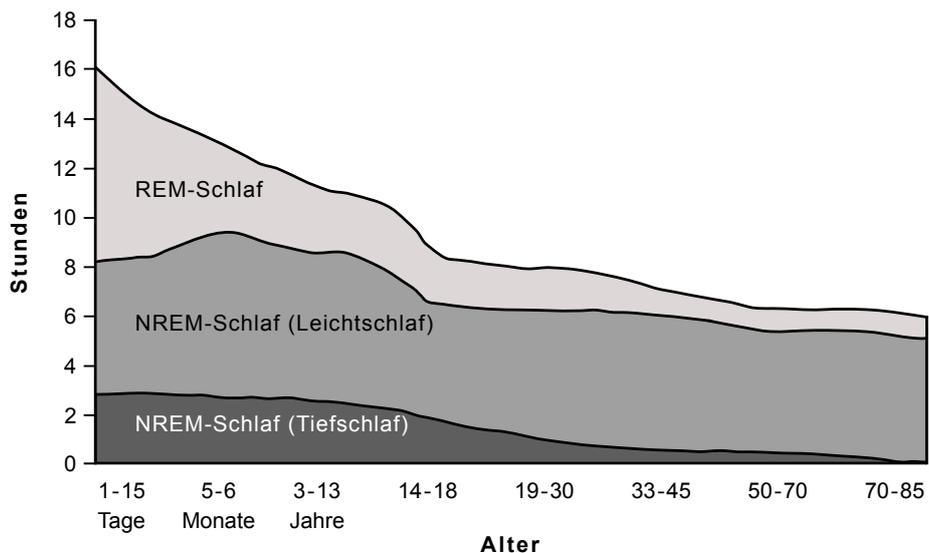


Abbildung 1-3 Ontogenetische Entwicklung des Schlafes. Dargestellt wird die kontinuierliche Reduktion des REM-Schlafes sowie des Gesamtschlafes während einer Lebensspanne.²⁶

Einleitung

Durch eine allmähliche Atemzugreduktion wird im NREM–Schlaf mit zunehmender Schlaftiefe ein vermindertes Atemminutenvolumen beobachtet. Zwei Gründe werden in der Literatur dafür diskutiert. Es fehlt der verhaltensinduzierte Atemantrieb während des Schlafes, sodass ein ausschliesslich metabolisch regulierter Atemantrieb im Schlaf existiert. Allerdings ist dieser im Schlaf mit einem verringerten hypoxischen Atemantrieb sowie einer höheren CO₂–Schwelle im Vergleich zum Wachzustand verändert. Außerdem führt der Verlust des Muskeltonus zur Erhöhung des Atemwiderstandes. Besonders verstärkt ist der Muskeltonusabfall während des REM–Schlafes, in welchem es daher verstärkt zu irregulären Atmungsmustern kommen kann.¹⁹

Während sich die Schlafdauer im intraindividuellen Vergleich sehr stabil verhält, zeigt der interindividuelle Vergleich große Unterschiede.¹⁹ Die Schlafdauer variiert je nach Alter, Geschlecht, Jahreszeit sowie zirkadianer Phase des Individuums. Ebenso spielen genetische Komponenten eine Rolle.²⁷ In einer Studie von *Steptoe et al.*²⁸ von 2006 lag die durchschnittliche Schlafdauer in Deutschland bei 7,39h bei den Männern und 7,6h bei den Frauen. Dies betraf 63% der Studienpopulation. 21% jedoch waren extreme Kurzschläfer von unter 7h und 16% extreme Langschläfer von über 8h Schlaf pro Nacht. In einer umfangreichen Studie aus Japan zeigte sich eine durchschnittliche Schlafdauer von 7,5h bei Männern und 7,1h bei Frauen. Bei einer Studiendauer von über 10 Jahren wurde ein Zusammenhang von Schlafdauer und Mortalität untersucht. Hier konnte die geringste Mortalität bei einer Schlafdauer von 7h pro Nacht gemessen werden.^{9,29} Daneben untersuchte eine britische Studie den Zusammenhang von Schlafdauer und subjektiver Lebensqualität wie Freude, Erfolg, Energie. Hier zeigte sich, dass die Probanden mit 8–8,9h Schlaf glücklicher und zufriedener sind.³⁰

Neben der Schlafdauer konnten zudem Unterschiede im jeweiligen Leistungsmaximum eines Individuums aufgezeigt werden. Unterschieden werden Morgentyp, Intermediumentyp und Abendtyp.³¹ Die Maxima der zirkadianen Rhythmik, wie Körpertemperatur, Katecholamin-ausschüttung und mentale Leistungsfähigkeit, sind bei Morgentypen am frühen Tage anzusiedeln während sie bei Abendtypen langsamer ansteigen und später am Tage auftreten.³² Die Verteilung der Chronotypen in der Bevölkerung stellt sich nach einer Arbeit von *Roenneberg et al.*³ annähernd normal verteilt dar, mit dem Hauptanteil an Normaltypen und nur einem sehr geringen Anteil an extremen Typen mit weniger als 5%. Hierbei zeigt sich ein leichtes Übergewicht an Spättypen.

1.2.3 Schlafstörungen

1.2.3.1 Einteilung der Schlafstörungen

Schlafstörungen sind eine weit verbreitete Erkrankung. Laut Umfragen leiden 25% der Erwachsenen an Schlafstörungen und 10% erleben ihren Schlaf als nicht erholsam.⁹ Doch wann spricht man von einem gestörten Schlaf? Es existiert bislang keine einheitliche Definition von gesundem bzw. gestörtem Schlaf. *Bernd Sanner* spricht in seinem Buch von „gutem Schlaf...
wenn sich der Schläfer tags darauf ausgeruht und wach fühlt“.³³ Dem entgegengesetzt bezeichnet er den Schlaf als gestört, wenn der Schläfer nachts häufig aufwacht und sich tagsüber unausgeruht, müde, unkonzentriert oder vermindert leistungsfähig empfindet. Menschen mit Schlafstörungen leiden tagsüber unter Tagesschläfrigkeit, Leistungsdefiziten und emotionaler Labilität gekennzeichnet durch Nervosität, Gereiztheit und Aggressivität sowie depressiver Verstimmung.

Da kein einheitliches Klassifikationssystem für Schlafstörungen existierte, vereinbarte die *ASDA (American Sleep Disorders Association, heute AASM, American Academy of Sleep Medicine)* im Jahre 1990 eine definierte Klassifikation, die *ICSD (International Classification of Sleep Disorders)*. Die schlafbezogenen Erkrankungen werden in dieser *ICSD* nicht wie zuvor nach Symptomen, sondern nach ihren ätiopathogenetischen Gesichtspunkten eingeteilt. Aufgrund des großen Wissenszuwachses der schlafmedizinischen Erkrankungen wurde 2005 die *ICSD-2* als Neuauflage verabschiedet. Die Einteilung in acht Kategorien ist in **Tabelle 1-1** dargestellt.

Als schlafbezogene Atmungsstörungen werden Störungen der Atmung während des Schlafes bezeichnet, wodurch der Schlaf gestört und damit seine Funktion beeinträchtigt wird. Nachfolgend treten Tagesmüdigkeit bzw. Tagesschläfrigkeit auf. Gemäß der *ICSD-2*³⁴ werden das Zentrale Schlafapnoesyndrom, das Obstruktive Schlafapnoesyndrom (OSAS), die schlafbezogenen Hypoventilations- und Hypoxämiesyndrome bzw. die hypoxämischen Syndrome bei internistischen/neurologischen Erkrankungen und andere schlafbezogene Atmungsstörungen unterschieden.³⁴ Im Folgenden wird auf das Obstruktive Schlafapnoesyndrom (OSAS) näher eingegangen.

Tabelle 1-1 Einteilung der Schlafstörungen in acht Kategorien gemäß *ICSD-2*³⁴

Schlafstörungen gemäß ICSD-2	
I.	Insomnien
II.	Schlafbezogene Atmungsstörungen
III.	Hypersomnien zentralen Ursprungs, nicht bedingt durch Störungen der zirkadianen Rhythmik, schlafbezogener Atmungsstörungen oder andere Gründe für einen gestörten Nachtschlaf
IV.	Störungen der zirkadianen Rhythmik
V.	Parasomnien
VI.	Schlafbezogene Bewegungsstörungen
VII.	Einzelne Symptome, Normvarianten und ungelöste Fragestellungen
VIII.	Andere Schlafstörungen

1.2.3.2 Obstruktive Schlafapnoesyndrom

1.2.3.2.1 Definition und Epidemiologie

Das Schlafapnoesyndrom ist eine chronische Erkrankung, welche durch wiederholte Episoden von apnoischen und hypopnoischen Obstruktionen der oberen Atemwege im Pharynxbereich während des Schlafes gekennzeichnet ist.³⁵ Die apnoischen Phasen gehen mit einer Sauerstoffentsättigung von mindestens 3% einher und werden durch ein Arousal beendet. In der Regel sind solche obstruktiven Apnoen 10–60 Sekunden lang und definieren einen kompletten Verschluss (mindestens um 75%) der oberen Atemwege. Sind die Atemwege für mindestens 10 Sekunden um mehr als 50% und weniger als 75% verlegt, spricht man von einer Hypopnoe.³⁶ Der Schweregrad der Erkrankung wird anhand des AHI (Apnoe–Hypopnoe–Index) angegeben. Der AHI bezeichnet die Summe der Apnoen und Hypopnoen pro Stunde Schlaf. Eine leichte Ausprägung findet sich bei einem AHI von 5–14/h, eine mittelschwere von 15–30/h und eine schwere von >30/h Schlaf.³³ Die Prävalenz von OSAS beträgt zur Zeit ungefähr zwischen 3–7% bei Männern mittleren Alters und 2–5% bei Frauen mittleren Alters.³⁷ Wobei hier eine große Dunkelziffer angenommen wird.³⁸ Die Prävalenz steigt mit zunehmendem Alter und ist bei Patienten mit Komorbiditäten erhöht.

1.2.3.2.2 Ätiopathogenese

Zu den Risikofaktoren, die zum OSAS prädisponieren, zählen neben familiärer Prädisposition das Alter, männliches Geschlecht, Übergewicht, Adipositas, Alkohol, Rauchen, Frauen nach der Menopause und nasopharyngeale Einengungen wie Adenoide, Mandelhyperplasie oder konstitutionelle kraniofasziale Abnormitäten.¹⁹

Welche Pathogenese spielt bei dem Kollaps der Atemwege eine Rolle? Neben den oben genannten prädisponierenden Faktoren konvergieren hierbei verschiedene Parameter. Zum einen differiert die individuelle Lumenweite der oberen Atemwege, weshalb ein Kollaps bei anatomisch bedingtem engen Lumen begünstigt werden kann. Zum anderen nimmt die neurale Aktivierung der Pharynxmuskulatur im Schlaf physiologisch ab, wodurch deren Muskelspannung sinkt und es im Schlaf schneller zu einem Kollaps der Atemwege kommen kann.³⁹ Die Kollapsneigung des Pharynx kann durch den kritischen Verschlussdruck vorhergesagt werden. Wird im Wachzustand nur durch sehr stark negative Werte der Pharynx zum Kollaps gebracht, befindet sich im Schlaf der kritische Verschlussdruck beim gesunden Nicht-Schnarcher bei $-13\text{cmH}_2\text{O}$ und beim Schnarcher bei $-7\text{cmH}_2\text{O}$. Weitere Faktoren wie Fetteinlagerungen im Rachenbereich bei Adipositas, Rückverlagerung des Unterkiefers, vergrößerte Adenoide, eine zu große Uvula können einen Kollaps ebenso begünstigen.¹⁹

1.2.3.2.3 Symptomatik

Das Leitsymptom des OSAS ist die Tagesschläfrigkeit mit eingeschränkter Lebensqualität, unabhängig von der Schlafdauer. Vom Partner wird häufig lautes Schnarchen mit Unterbrechungen durch Atemstillstände berichtet. Die explosionsartig wieder einsetzende Atmung nach einem Atemstillstand und das damit verbundene kurzzeitige Erwachen wird von den Patienten nicht wahrgenommen oder erinnert. Außerdem klagen die Patienten über allgemeine Symptome, die auf einen unerholsamen Schlaf hindeuten, wie erhöhte Reizbarkeit, Konzentrationsstörungen, reaktive depressive Verstimmung, morgendlicher Kopfschmerz und Potenzprobleme bei männlichen Patienten. Ebenfalls typisch sind nächtliches Schwitzen und unruhiger Schlaf.¹⁹ Durch den im Schlaf sowie am Tage erhöhten Sympatikononus besteht ein erhöhtes Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen.³⁴ Das OSAS als unabhängiger Risikofaktor für arterielle Hypertonie ist durch mehrere Studien gut belegt. Ebenfalls werden Zusammenhänge mit Herzrhythmusstörungen, koronarer Herzerkrankung, Linksherzinsuffizienz, Apoplex, pulmonaler Hypertonie und Diabetes mellitus beschrieben.^{40,41}

1.2.3.2.4 Diagnostik

Neben einer ausführlichen Anamnese inklusive einer Schlafanamnese und Fragebögen sollten weiterführende Untersuchungen durchgeführt werden. Diese bestehen aus einer Bluttestung, EKG, Lungenfunktionstestung, Röntgen–Thorax und einer HNO–ärztlichen Untersuchung. Für die apparative Diagnostik wird nach der neuen „S3–Leitlinie“ vorerst bei bestehender hoher Prätestwahrscheinlichkeit eine 6–Kanal–Polygraphie empfohlen. Zeigt sich diese unauffällig, ist – auch zum Ausschluss einer schlafbezogenen Atmungsstörung – die kardiorespiratorische Polysomnographie Mittel der Wahl.⁴² Die kardiorespiratorische Polysomnographie (siehe Methoden 2.3.1) setzt sich aus einem EEG, EKG, EOG und einem EMG zusammen. Zusätzlich aufgezeichnet werden Blutoxygenierung, nasale und orale Atemflüsse sowie die Atemanstrengung abdominal und thorakal. Eine OSAS kann sicher diagnostiziert werden ab einem AHI von >15/h(TST).

Tabelle 1-2 Diagnosekriterien für das OSAS bei Erwachsenen nach der *ICSD–2–Klassifikation*. Gefordert sind A+B+D oder C+D³⁴

A	<p>Anamnese</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ungewollte Einschlafepisodes während Wachheit, Tagesmüdigkeit, nicht erholsamer Schlaf oder Insomnie 2. Nächtliches Erwachen mit Atemstillstand, Erstickungsanfällen, Schnappen nach Luft. 3. Durch Bettpartner beobachtetes lautes Schnarchen oder Atemstillstände im Schlaf
B	<p>Polysomnographie</p> <p>≥ 5 respiratorische Ereignisse/h [Apnoen, Hypopnoen, RERA (Respiratory Effort Related Arousal)] mit Atemanstrengung bei jedem respiratorischen Ereignis</p>
C	<p>Polysomnographie</p> <p>≥ 15 respiratorische Ereignisse/h [Apnoen, Hypopnoen, RERA] mit Atemanstrengung bei jedem respiratorischen Ereignis</p>
D	<p>Erkrankungen nicht besser beschrieben durch andere Schlafstörung, eine internistische oder neurologische Erkrankung, Medikamenten-/Drogengebrauch.</p>

Die **Tabelle 1–2** zeigt die Diagnosekriterien nach der *ICSD–2–Klassifikation*. Weitere Faktoren um den Schweregrad des OSAS einzuschätzen sind die Bestimmung der durchschnittlichen Entsättigung während einer Apnoephase sowie das Auftreten von Schlaf–Fragmentierungen aufgrund von Weckreaktionen (Arousals), die auf die Apnoe folgen.⁴⁰

1.2.3.2.5 Therapie

Neben der zentralen Überdruckbeatmungstherapie sollten zunächst konservative und prophylaktische Maßnahmen ergriffen werden. Da die Adipositas Grad III ein wichtiger Entstehungsfaktor der OSAS darstellt, spielt hier die Gewichtsreduktion eine entscheidende Rolle.¹⁹ Bei geringer Ausprägung des OSAS sollte zunächst, die Aufklärung über Schlafhygiene, einen stabilen Schlaf–Wach–Rhythmus sowie der Verzicht auf Nikotin, Alkohol und große Mahlzeiten vor dem Zubettgehen im Vordergrund stehen. Kommt es jedoch zu Einschränkungen in den täglichen Anforderungen mit Gefahr einer erhöhten Unfallneigung und Folgeerkrankungen, sind weitere Therapiemaßnahmen erforderlich.

1.2.3.2.6 Positivdrucktherapie (PAP)

*Sullivan et al.*⁴³ erzielten 1981 in einer Studie mit OSAS–Patienten erstmals positive Effekte mittels Überdrucktherapie. Daraufhin konnte sich diese Therapie zu der heute weltweit effektivsten Therapiemaßnahme des OSAS etablieren.⁴⁴ Es wird dem Patienten hierbei kontinuierlich ein Positivdruck (CPAP) über eine Nasen–Maske oder Nasen–Mund–Maske appliziert. Da der Druck in den oberen Atemwegen durch diese Therapie im positiven Bereich gehalten wird, kann ein Kollaps der Atemwege während der Nacht vermieden werden. In Studien konnten durch eine regelmäßige Nutzung von CPAP Verbesserungen der Tagessymptomatik nachgewiesen werden.^{44,45} Die Therapie führte zur Reduktion von Tagesmüdigkeit, Steigerung der Leistungsfähigkeit am Tage, Reduktion von Arbeitsunfällen und Verkehrsunfällen⁴⁴. Außerdem konnten dadurch Apnoen, Hypopnoen sowie Schnarchen in der Nacht während des Maskenbetriebs vermieden werden. Dieser positive Effekt der Positivdrucktherapie zeigt sich in der Studie von *Weaver et al.*⁴⁶ direkt abhängig von ihrer Nutzungsdauer, welcher erst ab einer Zeit von 4 bis 7,5h/Nacht deutlich wird. Die Langzeitstudie von *Marin et al.*⁴⁷ zeigte ein geringeres Risiko an kardiovaskulären Ereignissen bei Patienten mit OSAS, welche mit CPAP therapiert wurden und *Norman et al.*⁴⁸ bewiesen eine signifikante Reduzierung des Blutdrucks in der Nacht und am Tage unter CPAP–Therapie.

Die größte Schwierigkeit in der Überdrucktherapie bleibt jedoch die Compliance (Therapiebereitschaft des Patienten, das CPAP–Gerät zu nutzen). Aufgrund der Nebenwirkungen, wie etwa lokale Hautirritationen und Reizung der Konjunktiven bzw. Druckstellen im Gesicht, zeigt sich eine hohe Rate an Patienten, die das PAP–Gerät als störend empfinden und nicht die notwendige Nutzungsdauer und Regelmäßigkeit einhalten. Um den Tragekomfort und damit die Compliance zu erhöhen wurden Warmluftbefeuchter, Maskenoptimierung mit individuellen Masken, Geräteoptimierung und psychologische Betreuung eingesetzt. Modifi-

zierte Geräte wie die automatische CPAP–Therapie (APAP), die Bi–Level–Therapie und die Therapie mit expiratorischer Druckentlastung („Pressure Relief“) sollen durch individuelle Druckeinstellungen das Ausatmen erleichtern und dadurch den Tragekomfort erhöhen.⁴⁴ Die CPAP Therapie stellt jedoch keine kausale Therapie des OSAS dar und zeigt einzig während des Maskenbetriebs ihre Wirkung. Viele Patienten suchen deshalb alternative Therapieoptionen, welche einerseits komfortabler sind und andererseits kurative Ansätze verfolgen.

1.2.3.2.7 Nicht–CPAP–Therapie

Neben der apparativen CPAP–Therapie existieren alternative Therapieoptionen mit konservativen und medikamentösen sowie chirurgischen Ansätzen. Medikamentöse Therapieansätze werden zur Zeit bei unzureichender Studienlage nicht empfohlen.

Gewichtsreduktion

Zu den konservativen Therapieoptionen zählt unter anderem, wie oben erwähnt, die Gewichtsreduktion. Diese wird insbesondere als prophylaktische Maßnahme bei adipösen Patienten empfohlen, um einen wichtigen Risikofaktor auszuschalten.

Positionstherapie

Ein weiterer Ansatz ist die Positionstherapie. Mit der Annahme, dass die meisten Apnoen in Rückenlage auftreten verfolgt man hier die These, durch laterale Körperlage während des Schlafs die Apnoe– und Hypopnoe–Phasen zu reduzieren. Die Studienlage zeigt eine Unterlegenheit gegenüber der CPAP–Therapie. Die Positionstherapie sollte daher nur bei ausgewählten Patienten angewendet und der Erfolg sorgsam überwacht werden.⁴⁹

Unterkieferprotrusionsschiene (UPS)

Die Unterkieferprotrusionsschiene (UPS) ist als intraorales Hilfsmittel eine effektive Alternative zur CPAP–Therapie. Sie sorgt durch Vorschub des Unterkiefers dafür, den retroglossalen Raum zu vergrößern und die Kollapsneigung zu verringern.⁴⁹ Empfohlen wird die UPS bei Patienten mit mildem OSAS, insbesondere bei jüngeren, normgewichtigen, weiblichen Patienten und männlichen Patienten mit positionsbezogenem OSAS.⁵⁰ Auch falls eine CPAP–Therapie bei Patienten mit schwerem OSAS nicht ausreichend akzeptiert wird, kann die UPS eine Therapiealternative darstellen.

Chirurgische Therapieoptionen

Sind vergrößerte Rachenmandeln ursächlich für ein OSAS, kann die Tonsillektomie erfolgreich sein. Des Weiteren existieren chirurgische Methoden, welche das Ziel verfolgen, den Raum der oberen Atemwege zu vergrößern, hierzu zählt u. a. die Uvulopalatopharyngoplastie (UPPP). Aufgrund der geringen Erfolgsrate, der hohen Komplikationsrate mit Langzeitnebenwirkungen

und des geringen Effekts auf das OSAS, findet dieser Eingriff nur bei ausgewählten Einzelfällen Verwendung.⁴⁹ Bei einer maxillo-mandibulären Osteotomie (MMO) wird der Ober- und Unterkiefer nach vorne verlagert, wodurch sich der retrolinguale Raum vergrößert. In Bezug auf das OSAS bei Obstruktion des Zungengrundes zeigten sich in Studien sehr gute Ergebnisse, so dass dieser Eingriff nach Abwägung der Risiken und des Nutzens bei ausgewählten Patienten eingesetzt werden kann.⁴⁹

Stimulation der Pharynxmuskulatur

Da die Pharynxmuskulatur eine Schlüsselrolle in der Pathophysiologie des Schlafapnoesyndroms einnimmt, stellt die Stimulation dieser Muskeln, insbesondere des Musculus genioglossus als stärkster Dilatator der oberen Atemwege, den Mittelpunkt verschiedener neuer Studien dar. Die randomisierte placebo-kontrollierte doppelt-verblindete Studie von *Randerath et al.*⁵¹ zeigte lediglich eine Verbesserung des Schnarchens nach Zungenmuskeltraining durch Elektrostimulation am Tage ohne Veränderung des AHI.

Erste Ergebnisse eines erfolgreich implantierten Zungenschrittmachers, der das Zurückfallen der Zunge während des Schlafes verhinderte, zeigen sich jedoch positiv. Nach anfänglichen Problemen der Therapie durch Störungen des Schlafs der Probanden durch die Stimulation, zeigen sich nun erste positive Ergebnisse. So konnten u. a. *Strollo et al.*⁵² in ihrer kürzlich veröffentlichten Kohortenstudie eine signifikante Verbesserung der Ausprägung des OSAS nach Elektrostimulation aufzeigen.

In eine ähnliche Richtung zielt der Therapieansatz von *Puhan et al.*¹ aus Zürich, die eine Studie zum Training der Muskulatur der oberen Atemwege durchführten. Das Training sollte durch tägliches Didgeridoo-Spielen erzielt werden. Hierbei zeigte sich eine Verminderung des AHI nach einem Training von durchschnittlich 5,6h/Woche über vier Monate. Eine ähnliche Untersuchung wurde 2012 durch *Alberts und Laier-Groeneveld*² durchgeführt. Fünf Probanden erhielten einen Didgeridoo Workshop und wurden nach sechs Monaten Spielpraxis erneut polygraphisch untersucht. Zusätzlich wurde ein ESS- und PSQI-Fragebogen eingesetzt. Hier zeigte sich eine Reduktion der AHI-Werte um 3–12/h sowie eine Reduktion der ESS- und PSQI Punktwerte um 0–5 Punkte.² Aufgrund der positiven Ergebnisse der Schweizer Studie erhält die Didgeridoo Therapie, von *A. Suarez* gegründet, auch über Zürich hinaus immer mehr Zuspruch. Ebenfalls positive Effekte konnten *Guimarães et al.*⁵³ in ihrer randomisierten Studie mit oropharyngealem Muskeltraining gegen Placebo-Therapie aufzeigen. Auch hier stellte sich eine Reduktion des AHI nach Training sowie Verbesserung der Tagesschläfrigkeit und des Schnarchens dar.

Die positiven Effekte der Studien gaben Anlass, das Training der betreffenden Muskelgruppen weiter zu untersuchen, um die Symptome des OSAS zu lindern. In der vorliegenden Studie wurde an die Ergebnisse von *Puhan et al.*¹ und *Alberts und Laier–Groeneveld*² angeknüpft. Der AHI professioneller Blasinstrumentenspieler wurde mit dem AHI der Streichergruppe aus demselben Orchester untersucht und verglichen.

1.3 Berufsmusiker

1.3.1 Beruf des Orchestermusikers

Im Jahre 2010 arbeiteten nach Angaben des Deutschen Musikrates 120.000 professionelle Musiker in Deutschland, von denen 18.198 Menschen als Instrumental- und Orchestermusiker angestellt waren.⁵⁴

Ein Sinfonieorchester besteht aus durchschnittlich 50–100 Musiker einer hierarchisch strukturierten Gruppe, das zusammen mit dem Dirigenten ein Werk bearbeitet. Ein Sinfonieorchester besteht aus einem fünfstimmigen Streicherensemble (Violine 1–2, Viola, Violoncello, Kontrabass) jeweils zweistimmig besetzten Holzbläsern mit Flöte, Klarinette, Oboe und Fagott, mindestens zwei Hörnern, den ebenfalls zweistimmig besetzten Blechbläsern mit Trompete, Posaune und Tuba sowie dem Schlagwerk. Erwähnenswert ist, dass die Streicher grundsätzlich mehrfach und die Bläser solistisch besetzt sind. Das Repertoire des Orchesters der „Staatskapelle Berlin“ besteht vorwiegend aus Opernliteratur aus. Während einer Oper, die ein abendfüllendes Werk mit solistisch sowie chorisches gesungener Handlung darstellt, spielt das Orchester in einem Orchestergraben vor der Bühne, um von dort den musikalischen Rahmen der Operninszenierung vorzugeben.

Die Arbeit als Berufsmusiker in einem Orchester zeichnet sich durch vielfältige allerdings auch unregelmäßige Aufgaben aus, welche zu außergewöhnlichen Belastungen führen. Der Arbeitstag eines Orchestermusikers beinhaltet neben regelmäßigen ausgedehnten Proben am Vor- und Nachmittag, durchschnittlich 4x/Woche Konzerte und Operaufführungen. Zwischen der Probe und der Vorstellung am Abend bleibt kaum Zeit für persönliches Üben, zusätzliche Lehrtätigkeit oder Ruhepausen. Denn zusätzlich zu den Pflichtdiensten erteilen viele Orchestermusiker privaten Instrumentalunterricht, was zudem eine logistische Herausforderung darstellt. Ebenfalls kommt es durch regelmäßige Tourneen ins Ausland zu einer außerordentlichen Belastung im sozialen und familiären Bereich sowie zu einem erhöhten Dienstpensum während der Tournee. Der unregelmäßige Tages- und Arbeitsrhythmus mit Diensten am Abend und insbesondere an Wochenenden, stellt zudem eine große

Belastungsquelle dar.

Nach Tarifvertrag hat ein Orchestermusiker bis zu 10 Dienste pro Woche zu je 2,5 bis 3 Stunden abzuleisten, welche in Form von Konzerten grundsätzlich auch am Wochenende stattfinden können.⁵⁵ Die Vorbereitungszeit für Instrumentenpflege (z. B. Rohrbau von Oboisten) oder privates Üben muss, mit Ausnahmen, außerhalb der Pflichtdienste stattfinden. Die Essenz der Arbeit eines Orchestermusikers beschreibt der Fagottist des *Concentus Musicus* Wien, *M. Turkovi* gegenüber der *Frankfurter Allgemeine Zeitung* mit den Worten: „... von jedem Einzelnen wird totale Unterordnung bei gleichzeitig hundertprozentigem seelischem und körperlichem Einsatz und höchste Kunstleistung erwartet“.⁵⁶

1.3.2 Belastungen eines Orchestermusikers

Die Arbeit des Orchestermusikers in einem weltbekannten Orchester wie der Staatskapelle Berlin ist in besonderer Weise einer herausragenden Leistung verpflichtet. Dies führt zu großem Leistungsdruck, verbunden mit einem hohen Arbeitspensum der Musiker.

Die Belastungen eines Berufsmusikers setzen sich aus den physikalischen Umgebungsfaktoren sowie den psychophysiologischen Belastungsfaktoren zusammen. Zu den physikalischen Umgebungsfaktoren zählen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Beleuchtung im Orchestergraben sowie Lautstärkepegel. Trägt die falsche Temperatur und Luftfeuchtigkeit oder eine schlechte Beleuchtung „nur“ zu erhöhter Ermüdung und damit verbundener Leistungseinbuße bei, können die erhöhten Schallpegel, die innerhalb des Orchesters auftreten zu ernsthaften Schädigungen im Innenohrbereich führen.⁵⁷ Der große Lärmpegel während einer Operaufführung entsteht hauptsächlich durch die Menge an Musikern, Opernsängern und Chorsängern auf der Bühne, zudem werden Mitwirkende in manchen Inszenierungen, z. B. durch Gewehrschüsse in der Oper „*Der Freischütz*“ von *Carl Maria von Weber*, zusätzlich belastet. Dadurch werden kurzzeitig Lärmpegel von 160–180dB erreicht⁵⁸, was die menschliche Schmerzgrenze von 130dB deutlich übersteigt.⁵⁹ Zudem kann es – kommt solch ein Schuss unvorbereitet – gegebenenfalls zu Knalltraumata führen.

Die Ergebnisse einer Untersuchung zu den individuellen Schalldruckpegelbelastungen der Instrumentengruppen im Orchester, welche unter anderem von der Schweizer Unfallversicherung *SUVA*, Luzern durchgeführt wurde, weisen für die Musiker eines Opernorchesters während einer Aufführung je nach Funktion und Sitzplatz im Orchester Belastungen zwischen durchschnittlich 86dB (Cellisten) und 95dB (Blechbläser) auf.⁶⁰ Ähnliche Belastungswerte konnten auch *Schmidt et al.*⁶¹ in ihrer Studie aufzeigen. Die differenzierten Messungen vor beiden Ohren zeigten bei den Streichern vor ihrem linken Ohr eine um 4,6dB höhere Exposition.

Einleitung

Als die Hauptbelastung des Orchestermusikers definierten *Schmidt et al.*⁶¹ allerdings das eigene Instrument. Während eines spätromantischen Werkes von *Rachmaninoff* konnten *Haider und Groll-Knapp*⁶² vor den Sitzplätzen der Blechbläser sogar durchschnittlich 128 dB messen. Diese Werte übersteigen den nach der EG–Arbeitsschutzrichtlinie festgelegten oberen Auslösewert von 85dB teilweise deutlich.⁶³ Hierbei ist besonders die Dauerbelastung über einen langen Zeitraum gesundheitsgefährdend. Die höchste durchschnittliche Dauerbelastung, bezogen auf 40 Arbeitsstunden pro Woche, wurde in einer Schweizer Studie bei Posaunisten mit 95 dB gemessen. Aber auch bei Orchestergeigern wurden hierbei Werte von durchschnittlich 93 dB vor dem linken Ohr im Falle einer Dauerbelastung festgestellt.⁶⁴

Um die psychophysiologischen Belastungsfaktoren eines Orchestermusikers darzustellen, wurden in verschiedenen Studien die Pulsfrequenzen während des Spielens gemessen. Der Vergleich während einer Probe und einer Konzertaufführung zeigt hierbei einen deutlichen Pulsanstieg bei einer Aufführung, was hier auf eine steigende psychische Anspannung deuten lässt. *Schmale und Schmidke*⁵⁷ beschrieben in ihren Untersuchungen zu Berufsmusikern beispielhaft die Pulsmessungen bei einem Klarinettenisten, bei dem sich während der Probe eine Pulsfrequenz von 20 Schlägen und während der Aufführung von 47 Schlägen über dem Ruhepulsniveau zeigte. Ein ähnliches Ergebnis fanden ebenfalls *Iñesta et al.*⁶⁵ in ihrer Studie 2008, indem sie bei einer Pianistin während eines wichtigen Konzertauftrittes beim Spiel durchschnittliche Pulsfrequenzwerte von 175/min maßen, mit einem Spitzenwert von über 194/min.⁶⁵ Nach einer Klassifikation von *Åstrand und Rodahl*⁶⁵ 1985, welche die physische Anstrengung basierend auf Pulsfrequenzen darstellt, sind diese hohen Werte der Musiker mit dem physischen Anstrengungslevel „sehr stark“ einzuordnen. Hierbei gelten Pulsfrequenzen von 90/min als „milde Anstrengung“ bis hin zu 170/min als „extrem starke Anstrengung“.⁶⁵ In einer Veröffentlichung von *Looser et al.*⁶⁶ wurde ein positiver Zusammenhang von dem gemessenen Kortisolspiegel mit der Herzfrequenz sowie ein negativer Zusammenhang mit der Herzfrequenzvariabilität während Situationen, die mit einem hohen Stressniveau einhergingen, nachgewiesen. Dies spricht dafür, dass Musiker – insbesondere Solisten – während einer Aufführung einen ausgesprochen hohen Stresslevel erreichen. Besonders die psychischen Stressfaktoren spielen hierbei eine Rolle. Im Vergleich der Streicher– mit der Bläsergruppe zeigten sich die Auswirkungen psychischer Stressfaktoren nach Untersuchungen von *Schmale und Schmidke*⁵⁷ in einem ausgeprägteren Maße bei der Bläsergruppe. Dies könnte auf die Zusatzbeanspruchung durch die grundsätzlich solistische Besetzung der Bläser, verbunden mit Angst vor Fehlleistungen, zurückzuführen sein. Die Untersuchung von *Ferstl*⁶⁷ konnte die extreme Anstrengung professioneller Musiker anhand von Messungen durch Hautwiderstand,

Einleitung

Hautpotential und EMG bestätigen. Hier zeigten Ergebnisse der vegetativ–emotionalen, neural–kognitiven und motorisch–muskulären Prozesse, dass neben der starken Anspannung während eines Auftritts, die Fähigkeit der gezielten Entspannung während und nach einer Anspannungsphase von entscheidender Bedeutung für die Leistungsfähigkeit ist. Es lindert die Auftrittsangst der Musiker und wirkt sich somit stressreduzierend aus.

In Untersuchungen zu der Persönlichkeitsstruktur von Orchestermusikern wurden die Eigenschaften eines typischen Musikers als introvertierter, sensibler, emotional instabiler, misstrauischer und ängstlicher im Vergleich zu der Durchschnittsbevölkerung beschrieben.⁶⁸ Lampenfieber ist in der Berufsgruppe der darstellenden Künste mit 47% am stärksten bei Musikern ausgeprägt, während zum Beispiel der betroffene Anteil der Tänzer bei nur 35% liegt.⁶⁹ Als Folge von Lampenfieber stehen Konzentrationsstörungen, Zittern und beschleunigter Puls im Vordergrund der Beschwerden, wobei die Ausprägungen je nach Berufserfahrung und Geschlecht differieren. Fürchtet sich der Berufsanfänger eher vor falschen Tönen, befürchtet der erfahrene Profi durch Stolpern oder Händezittern unangenehm aufzufallen. Ein gewisses Maß an Erregung jedoch ist notwendig, um aussergewöhnliche Leistung zu erbringen. Das *Yerkes–Dodson–Gesetz* von 1908 beschreibt die Abhängigkeit von Erregung und Leistung durch eine umgekehrt–U–förmige Kurve, wonach erst mit einer gewissen Erregung die höchst mögliche Leistung erreicht werden kann, diese dann allerdings rapide abnimmt bei weiter steigender Erregung.⁷⁰

Aufgrund der hohen körperlichen und psychischen Belastung eines Profimusikers, treten häufig auch berufsbedingte Erkrankungen unter Musikern auf, die jedoch durch den hohen Konkurrenzdruck gegenüber den Kollegen oft tabuisiert werden.⁵⁴ Es existieren hierzu unterschiedliche Studien, welche jedoch durch die große Dunkelziffer berufsbedingter Erkrankungen und die damit verbundenen methodischen Schwierigkeiten – wie es *C. Spahn*⁵⁴ in ihrem Buch zur Musiker Medizin beschreibt – zu keiner einheitlichen Aussage über die Prävalenz von berufsbedingten Erkrankungen bei Musikern kommen können. Dennoch kann der Anteil der relevanten gesundheitlichen Beschwerden mit bis zu 80% angenommen werden. Hierzu zählen Schmerzen des Bewegungssystems, welche häufig zu chronischen Schmerzsyndromen und psychischen Beeinträchtigungen wie beispielsweise der Auftrittsangst führen. Die typischen Anforderungen an einen Berufsmusiker stellen Koordination, Flexibilität, Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit, Präzision und Beweglichkeit dar.⁵⁴

Als die Belastungsfaktoren des Arbeitsfeldes eines Orchestermusikers können somit zusammenfassend die unregelmäßigen Arbeitszeiten, die Furcht vor Fehlleistungen in der Öffentlichkeit, der Zwang zur Einordnung in ein Arbeitsteam, die psychische Daueranspannung

während der gesamten Tätigkeitszeit, die soziale Spannung innerhalb des Orchesters mit hohem Konkurrenzdruck und nicht zuletzt die technische Schwierigkeit des aufzuführenden Werkes gesehen werden.⁵⁷

1.3.3 Anforderungen der Musiker von Blasinstrumenten

Die verschiedenen Blasinstrumente innerhalb eines Orchesters weisen in Bezug auf Mundstück, Blasansatz und Tonerzeugung große Unterschiede auf. Studien hierzu zeigen, wie es beim Musiker durch die sehr unterschiedlichen Anforderungen zu körperlichen Veränderungen sowie Beschwerden beim Instrumentalspiel kommen kann. Das Spiel auf Blasinstrumenten erfordert eine angemessene Druckerzeugung, eine präzise Kontrolle des Luftflusses sowie eine ausreichend vorhandene Lungenfunktion. Durch diese Anforderungen können bei regelmäßigem Blasinstrumentenspiel verschiedene Veränderungen und Erkrankungen hervorgerufen werden. So erwähnten *Kreuter et al.*⁷¹ in ihrem Review zu den pneumologischen Aspekten des Blasinstrumentenspiels als musikbezogene Erkrankungen bei Bläsern u. a. Hämoptysen, Laryngozele und nicht zuletzt die häufig beschriebene velopharyngeale Insuffizienz. Diese Erkrankungen können bei Bläsern vermehrt beobachtet werden und scheinen im Zusammenhang mit den notwendigen Anforderungen in Druckerzeugung und Atmung zu stehen.

Die häufig vermutete Veränderung in der Lungenfunktion bei professionellen Blasinstrumentalisten wird allerdings widersprüchlich diskutiert. Während *Bouhuys et al.*⁷² in ihrer Studie zur Lungenfunktion, Anblasdruck und Blutgasveränderungen bei Musikern eines Blasinstruments eine erhöhte Vitalkapazität bei professionellen Blechbläsern im Vergleich zu Laienmusikern aufzeigten, beschreiben *Kreuter et al.*⁷¹, dass eine Beeinflussung der Lungenfunktion durch das Spielen von Blasinstrumenten nicht endgültig belegt werden kann.

Seit der Arbeit von *Bouhuys et al.*⁷² widmeten sich unterschiedliche Studien der Messung von Anblasdrücken verschiedener Blasinstrumente. *Fuks und Sundberg*⁷³ führten 1996 eine systematische Untersuchung zu den intraoral gemessenen Drücken während des Blasinstrumentenspiels durch. Hierzu wurden drei in Dynamik und Anforderung differierende Spielsituationen bei jeweils zwei Spielern pro Instrument nachgestellt.⁷³ Nach den Untersuchungen von 1975⁷⁴ und 1999⁷⁵ zur Akustik und Instrumentenphysiologie der Flöte und Trompete, fasste auch *Fletcher*⁷⁶ schliesslich in seiner Studie „*The physiological demands of wind instrument performance*“ die physiologischen Unterschiede in der Druckerzeugung von verschiedenen Blasinstrumenten während sehr lautem und leisem Spiel in Form von Druckmesskurven zusammen. Die Messdaten der Anblasdrücke der Orchesterblasinstrumente aus den Studien von *Fletcher*⁷⁶ und *Fuks und Sundberg*⁷³ werden in der vorliegenden Untersuchung

eingesetzt, um die Bläser in zwei Gruppen aufzuteilen: die sogenannte Hochdruck- und Tiefdruckgruppe. (siehe Kapitel 3.3.2)

1.4 Berufsbedingte Schlafveränderungen

Die Berufsmusiker zählen u. a. zu einer Berufsgruppe, die einem hohen Stresslevel ausgesetzt ist. Durch die häufig wechselnden Arbeitszeiten, gehören sie zu einer Arbeitsgruppe mit Schicht- und Nachtarbeit. Dies kann Schlafdeprivation und einen verschobenen Schlaf-Wach-Rhythmus zur Folge haben. Da das Prinzip des „Power Naps“ unter Berufsmusikern verbreitet ist, wird zusätzlich neben der Schichtarbeit und der Schlafdeprivation in einem kurzen Abschnitt auf den aktuellen Forschungsstand des „Power Naps“ eingegangen.

1.4.1 Schichtarbeit

Schichtarbeit ist Arbeit zu ungewöhnlichen Zeiten oder zu wechselnden Tageszeiten im Sinne von Wechselschichtsystemen. In der Europäischen Union liegt der Anteil von Schichtarbeit aller Erwerbstätigen bei 20%.⁷⁷ Als Nachtarbeit ist laut Bundesgesetz das Arbeiten zwischen 22.00 Uhr bzw. 23.00 Uhr und 05.00 Uhr bzw. 06.00 Uhr definiert. Ein Nachtschicht-Arbeitnehmer arbeitet in diesem Zeitraum mindestens zwei Stunden in 48 Nächten im Kalenderjahr.⁷⁸ Aufgrund der späten Opernaufführungen treffen daher die Kriterien für Nachtarbeit für Berufsmusiker eines Opernorchesters zu.

Durch die Desynchronisation der zirkadianen biologisch geprägten Rhythmik des Schichtdienstes kann es zu gesundheitlichen Beschwerden und sozialen Belastungen kommen. Es werden dadurch nicht nur die gewohnten Tages- und Nachtzeiten verschoben, sondern auch die Schlafzeit am Tage durch Lärm, Tageslicht und höhere Temperaturen gestört.⁷⁹ Dadurch verkürzt sich der Schlaf am Tage und die Schlafdeprivation und deren Folgen verstärken sich. Ein großer Anteil (10–90% der Schichtarbeiter mit Nachtdienst)⁸⁰ berichtet von Schlaf-Wach-Störungen, Müdigkeit und Leistungsminderung am Tage. Ein weiterer Gesichtspunkt betrifft das soziale Umfeld. So beschreibt *Knauth*⁸¹ eine zunehmende soziale Isolation durch fortwährende Nachtdienste.

1.4.2 Power Nap

In empirischen Studien konnte ein ausgeprägtes Leistungstief um die Mittagszeit (13Uhr) beobachtet werden. Diese Müdigkeit kann durch einen sogenannten „Power Nap“ überwunden werden. Ein „Power Nap“ bezeichnet ein kurzes Nickerchen von ca. fünf bis 20 Minuten, ohne in den Tiefschlaf zu gelangen und fördert darauffolgend die Konzentrationsfähigkeit am Tage, insbesondere nach vorherigem Schlafmangel.⁸² Untersuchungen zur Wirkung der Nickerchen in

Abhängigkeit auf ihre Länge zeigten, dass ein kurzer „Power Nap“ (<15 Minuten) nachfolgend eine direkte Konzentrationssteigerung nach sich zieht, welche ca. 1–3h anhalten kann. Bei einem längeren Nap (>30 Minuten) besteht dagegen direkt nachfolgend eine erhöhte Schläfrigkeit. Jedoch kann später die Konzentration für mehrere Stunden erhöht sein.⁸³

*Asaoka et al.*⁸⁴ konnten allerdings in einer kürzlich veröffentlichten Studie keine großen Effekte in Bezug auf Fehlermanagement und Fehlerbeurteilung eines einstündigen Naps während einer langen Wachphase im Sinne einer Nachtschicht finden. Der richtige Zeitpunkt sowie die genaue Länge und Tiefe, die für einen „Power Nap“ während einer Wachphase nötig sind, so dass sich dieser günstig auf Schläfrigkeit und Konzentrationsfähigkeit auswirkt, bleiben weiterhin ungeklärt.

1.4.3 Stress und Schlafdeprivation

Mit dem Begriff „Stress“ wird eine Alarmbereitschaft des Organismus bezeichnet, welche durch unterschiedliche Auslöser („Stressoren“) zu unterschiedlichsten Reaktionen im Körper führen kann, um diesen in erhöhte Leistungsbereitschaft zu bringen. *H. Seyle*⁸⁵ definierte und prägte den Begriff „Stress“ als eine „nicht-spezifische neuroendokrine Antwort des Organismus‘ nahezu jeden Organsystems“ [the non-specific neuroendocrine response of the body ...].⁸⁵ Bis heute ist „Stress“ ein unscharf definierter Begriff und bezeichnet sowohl die eigentliche Alarmreaktion des Körpers als Antwort auf einen Stressor sowie verschiedene Stressoren und Stimuli selbst.

Eine Stressreaktion des Körpers ist individuell und multifaktoriell begründet. Sie wird sowohl durch die neurohumorale Hypothalamus–Hypophysen–Nebennierenachse als auch durch das autonome Nervensystem bestimmt und betrifft nahezu die gesamte Hömoostase des Organismus‘. Neben einer genetischen Komponente beeinflussen u. a. Umweltfaktoren und die individuelle Coping–Kapazität die Auswirkungen auf Stress. In der Studie von *Weber et al.*⁸⁶ konnte eine bessere Anpassungsfähigkeit und Entspannung nach erlebten Stressereignissen mit einer hohen Herzfrequenzvariabilität und einem höheren vagalen Tonus assoziiert werden. Bei Menschen mit einer hohen Herzfrequenzvariabilität kann man daher von einer besseren Coping–Kapazität ausgehen. *Hall et al.*⁸⁷ konnten Veränderungen der Herzfrequenzvariabilität im Schlaf u. a. anhand einer Erhöhung der sympathotonen Aktivität nach akutem Stress nachweisen. So zeigte sich eine Reduktion der hohen parasympathischen Aktivität während des NREM–Schlafs und eine weitere Erhöhung der hohen sympathischen Aktivität während des REM–Schlafs verbunden mit erhöhten Weckreaktionen.⁸⁷ Dabei konnten in Studien mit Ratten verschiedene Stressfaktoren unterschiedliche Auswirkungen auf den Schlaf zeigen.^{88,89} Diesen Schlafveränderungen liegen differenzierte neurohumorale Reaktionsabläufe zugrunde. Hierzu

zählen die Neurotransmitter Noradrenalin bzw. Acetylcholin und GABA, die Neuropeptide wie ACTH und Prolactin sowie letztendlich die zu den Steroidhormonen zählenden Glukokortikoide.^{20,90-92}

Akuter Stress aktiviert im Gegensatz zu chronischem Stress verschiedene Coping-Mechanismen, welche das Schlafmuster verändern. Chronischer Stress hingegen führt mit der Zeit zur Verminderung dieser Coping-Mechanismen. So zeigte sich bei Probanden mit erhöhtem „Burn-Out“-Risiko eine verminderte Regenerationsfähigkeit der schlechten Schlafqualität, gekennzeichnet durch erhöhte Arousals im Schlaf.⁹³ Zusammenfassend zeigen sich negative Auswirkungen auf den Schlaf nach akutem und chronischem Stress. Umgekehrt kann aber auch ein Schlafmangel Stressreaktionen provozieren und zu Veränderung des Schlafs führen.

In verschiedenen experimentellen Studien konnten die Folgen einer akuten sowie chronischen Schlafdeprivation beobachtet werden. Es wird hierbei der komplette Schlafentzug von der Schlafrestriktion unterschieden. Beim Schlafentzug wird die Schlafzeit auf eine bestimmte kürzere Zeit beschränkt, während bei der Schlafrestriktion bestimmte Schlafphasen künstlich unterdrückt werden.⁹⁴ Als Folgen auf Schlafentzug konnten in der nachfolgenden Wachphase neben einer verlängerten Reaktionszeit, Einbußen im Kurzzeitgedächtnis und dysphorische Stimmungsveränderungen nachgewiesen werden.⁹⁵ In neuen epidemiologischen Studien wurde Schlafdeprivation im Zusammenhang mit erhöhtem BMI⁹⁶, erhöhtem kardiovaskulären Risiko⁹⁷ sowie erhöhtem Blutdruck⁹⁸, vermehrt auftretenden Verkehrsunfällen und erhöhter Mortalität²⁹ beschrieben. Ebenso zeigten Untersuchungen zu Stoffwechseleränderungen nach Schlafentzug einen erhöhten Kortisolspiegel am Abend⁹⁹, eine geringere Glukosetoleranz¹⁰⁰ sowie einen erhöhten Leptinspiegel⁹⁹ und daraus resultierend ein erhöhtes Risiko für Typ 2 Diabetes mellitus.¹⁰¹ Diese metabolischen Veränderungen konnten sogar schon nach mildem Schlafentzug (1,5h unter der gewöhnlichen Schlafdauer) gemessen werden.¹⁰² Außerdem zeigte sich in Studien eine negative Affektion des Immunsystems⁹⁴ mit einer messbaren Erhöhung der Entzündungsparameter⁹⁷. Ebenfalls negativ wirkt sich der Schlafentzug auf die Gedächtnisleistung und das Erlernen neuer Dinge aus. Ein vollständiger Schlafentzug für 24 Stunden nach einer Übung verhindert das Lernen fast vollständig.⁵⁹

Elektroenzephalografisch können verschiedene Kompensationsmechanismen beobachtet werden, welche durch Veränderungen der Schlafarchitektur gekennzeichnet sind. In experimentellen Studien mit komplettem Schlafentzug zeigte sich eine Zunahme des Deltaschlafs in Abhängigkeit von der Länge der vorhergehenden Wachheit.¹⁰³ Diese Kompensation trat unmittelbar nach einem Schlafentzug auf, was auf eine besondere Bedeutung des Tiefschlafs für die Lebenserhaltung schliessen lässt. In den darauffolgenden Nächten kommt es zu einer

Einleitung

Erhöhung des REM–Schlaf–Anteils, welcher auch als REM–Rebound bezeichnet wird.⁹⁴ In Untersuchungen zur Verarbeitung emotionaler Belastungen und Stress, spielt der REM–Schlaf eine zentrale Rolle. Probanden zeigten nach einer Nacht mit REM–Schlaf–Deprivation eine schlechtere Adaption auf Angst auslösende Stimuli während eines Filmes.¹⁰⁴ Hierdurch bildet sich die regenerative und stabilisierende Funktion des Schlafes ab, da Schlafentzug die Anfälligkeit für Stress erhöht.

Als ein bedeutender Effekt wurde in Studien neben einer verminderten REM–Latenz und einer erhöhten REM–Schlafdichte der erhöhte REM–Schlafanteil als Reaktion auf psychische Belastung und damit einhergehende erhöhte Kortisolwerte gemessen. Dies zeigte sich unter anderem in Studien mit depressiven Patienten und Cushing Patienten.¹⁰⁵ *Vandekerckhove und Cluydts*¹⁰⁶ beschrieben die Veränderungen von emotional belastenden Ereignissen auf den Schlaf in Form von vermehrten Arousals (Weckreaktionen im Schlaf) und Erwachen aus dem REM–Schlaf sowie einer veränderten REM–Latenz, einer erhöhten REM–Dichte und REM–Schlaflänge. Eine generell erhöhte WASO (wake after sleep onset) mit einer schlechten Schlafeffizienz konnten *Habukawa et al.*¹⁰⁷ in einer Studie mit PTSD (Posttraumatic Stress Disorder) erkrankten Patienten darstellen. Neben verschiedenen Veränderung im REM–Schlaf kommt es demnach nach einem akuten Stressereignis ebenfalls zu einer schlechten Schlafeffizienz sowie einer erhöhten WASO.

Mit Kenntnis und unter Berücksichtigung der Schlafveränderungen, welche nach Schlafdeprivation, durch einen erhöhten Stresslevel zur Nacht und durch einen verschobenen Schlaf–Wach–Rhythmus – wie oben beschrieben – beobachtet wurden, konnten für die vorliegende Untersuchung von Berufsmusikern die nachfolgenden Forschungshypothesen erstellt werden. Als ein weiterer wichtiger Untersuchungsschwerpunkt bezieht sich die zweite Hypothese auf die Atmung im Vergleich zwischen den Bläsern und den Streichern.

1.5 Fragestellung und Forschungshypothesen

1. Wie stellt sich die Schlafarchitektur professioneller Orchestermusiker, die hohen psychischen und physischen Anforderungen ausgesetzt sind, im Vergleich zur altersentsprechenden Vergleichsgruppe Schlafgesunder dar?

Hypothese: Die Schlafarchitektur professioneller Orchestermusiker ist im Vergleich zu Schlafgesunden im Sinne einer Schlafdeprivation verändert.

2. Ist die Atmung von professionellen Orchestermusikern eines Blasinstruments, im Vergleich zu denen eines Streichinstruments verändert?

Hypothese: Professionelle Orchestermusiker eines Blasinstruments haben einen niedrigeren Apnoe-Hypopnoe-Index und schnarchen weniger als die eines Streichinstruments.

3. Wie lange und wie gut schlafen professionelle Berufsmusiker, die einem unregelmäßig verschobenen Schlaf-Wach-Rhythmus ausgesetzt sind?

Hypothese: Professionelle Orchestermusiker zeigen eine verkürzte Gesamtschlafzeit bei subjektiv sowie objektiv eingeschränkter Schlafqualität.

2 Methoden

2.1 Studiendesign

Die Planung und Durchführung der vorliegenden klinischen Studie geschah im Sinne einer explorativen Studie. Im Fokus steht eine quantitative Analyse umfangreichen Datenmaterials. Diese setzt sich zusammen aus der Erhebung polysomnographischer Daten von Berufsmusikern in Verknüpfung mit Ergebnissen aus vier standardisierten Fragebögen sowie aus unserem Schlaflabor gewonnene polysomnographische Daten Schlafgesunder als Vergleichsgruppe. Im Vorfeld wurden drei Hypothesen aufgestellt.

Bei der Analyse der Daten wurde grundsätzlich zweiteilig vorgegangen. Dabei wurden in einem ersten Teil die Schlafparameter Schlafgesunder mit denen der Berufsmusiker verbunden und vergleichend dargestellt. In einem zweiten Teil wurden die Atmungsparameter zwischen Bläsern und Streichern verglichen und überdies die Atmungsparameter der verschiedenen Blasinstrumente einzeln betrachtet sowie die Gruppen Blech- und Holzbläser, Tiefdruck- und Hochdruckbläser gebildet und miteinander verglichen. Zur Aufstellung der Ausgangshypothesen wurden hierfür die Ergebnisse der Studien von *Puhan et al.*¹, *Alberts und Laier-Groeneveld*² sowie *Brown et al.*⁶ herangezogen, die in der vorliegenden Studie erneut überprüft und sinnvoll ergänzt werden sollen. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Charité Universitätsmedizin geprüft und als unbedenklich eingestuft (EA1/066/099).

2.2 Probandenkollektiv

Die Rekrutierung erfolgte aus den aktiven Berufsmusikern, die zum Zeitpunkt der Studie der Staatskapelle Berlin angehörten. Die Probanden wurden durch Aushänge in der Staatsoper und Informationsveranstaltungen während der Proben zur Teilnahme eingeladen. Der Zeitraum umfasste insgesamt 2,5 Jahre von Juni 2009 bis Dezember 2011. Aufgrund diverser Konzerttourneen sowie Spielzeitpausen des Orchesters, unterlag die Terminfindung und Rekrutierung zeitweise erschwerten Bedingungen. Des Weiteren wurde eine einheitliche Größe der Gruppen Streicher und Bläser bei der Rekrutierung angestrebt.

An der Studie nahmen insgesamt 34 Probanden teil, davon neun Frauen und 25 Männer. Das mittlere Alter betrug $41,2 \pm 9,1$ Jahre und einem Body-Mass-Index (BMI) von im Mittel $24,1\text{kg/m}^2$ mit einer Standardabweichung von $3,3\text{kg/m}^2$. Alle Studienteilnehmer wurden vor Beginn der Messung über die Studie und damit verbundene Untersuchungen ausführlich

aufgeklärt und gaben ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme mit der Option, jederzeit ohne Anführung von Gründen die Studie verlassen zu können.

Einschlusskriterien: aktives Orchestermitglied der Staatskapelle Berlin im Zeitraum 2009–2011; Spieler eines Blas- oder Streichinstruments; Alter zwischen 18–65 Jahre; Probanden nach mündlicher und schriftlicher Aufklärung

Ausschlusskriterien: bekannte Schlaf-Wach-Rhythmus-Störungen; bekannte Pathologien der oberen Atemwege; bekannte Pathologien, die zu Störungen des normalen (im Vergleich zum gesunden) Schlaf-Wach-Rhythmus' führen können (z. B. Diabetes, Epilepsie, kardiovaskuläre Erkrankungen); bekannte oder während der Studie auftretende psychiatrische/neurologische, internistische oder psychologische Erkrankungen/Störungen, die die Compliance beeinträchtigen; den Schlaf beeinflussende Medikamenteneinnahme

2.3 Ablauf der Studie/Studienplan

Der Ablauf der Studie zur Erhebung der polysomnographischen und subjektiven Daten aus Fragebögen erfolgte nach folgender Reihenfolge:

1. Die Probanden wurden nach mündlicher Einverständniserklärung bei Terminfindung darüber aufgeklärt, eine Stunde vor dem Zubettgehen und eine Stunde nach dem Aufstehen für die Verkabelung des Polysomnographiegerätes einzuplanen. Der Messtermin sollte an einem freien Abend mit Möglichkeit zum Ausschlafen am nächsten Morgen für die Probanden stattfinden.
2. Vor der Messung wurden die Probanden über den Ablauf der Studie und die Polysomnographie ausführlich aufgeklärt und unterschrieben eine Einverständniserklärung.
3. Es wurde eine ausführliche Anamnese bezüglich Eigen-, Familien-, Medikamenten-, Alkohol-, Nikotin-, Allergie- und Sozialanamnese erhoben.
4. Die Verkabelung der Probanden wurde von jeweils einer Fachkraft (insgesamt zwei unterschiedliche Fachkräfte im Studienverlauf) bei den Probanden zuhause durchgeführt.
5. Die Polysomnographieaufzeichnung der Probanden erfolgte in heimischer Umgebung im gewohnten Bett.
6. Die Abkabelung wurde nach vorheriger Anleitung am folgenden Morgen von den Probanden selbst durchgeführt.

Methoden

7. Jeder Proband füllte nach der Messung zusätzlich vier standardisierte Fragebögen zu Schlafqualität, Tagesmüdigkeit, Schlafstörungen und zum Chronotyp aus.
8. Alle Daten wurden sorgfältig geprüft und in Excel® und SPSS® zur statistischen Auswertung eingegeben und berechnet.
9. Eine Zusammenfassung der persönlichen Auswertung jedes einzelnen Probanden wurde an die Musiker verschickt.

2.4 Datenerhebung und Datenauswertung

2.4.1 Polysomnographie

Die Erhebung der objektiven Schlafparameter erfolgte durch die standardisierte Messmethode einer Polysomnographie (PSG). Diese wurde mit dem portablen Gerät *SOMNOcheck 2 R&K* der Firma *Weinmann* jeweils in heimischer Umgebung der Probanden durchgeführt.



Abbildung 2-1 *SOMNOcheck 2 R&K* Gerät

Mit dem *SOMNOcheck 2 R&K* Gerät wurden folgende Biosignale abgeleitet:

- Zwei EEG-Kanäle (C3-A2, C4-A1) mit einer zusätzlichen Elektrode zur elektrischen Referenz (Z) nach dem internationalen 10:20 System nach *Jasper*¹⁰⁸. Die Hirnströme wurden mit Goldelektroden zur Bestimmung der Schlafstadien nach *Rechtschaffen und Kales*²¹ aufgezeichnet.

Methoden

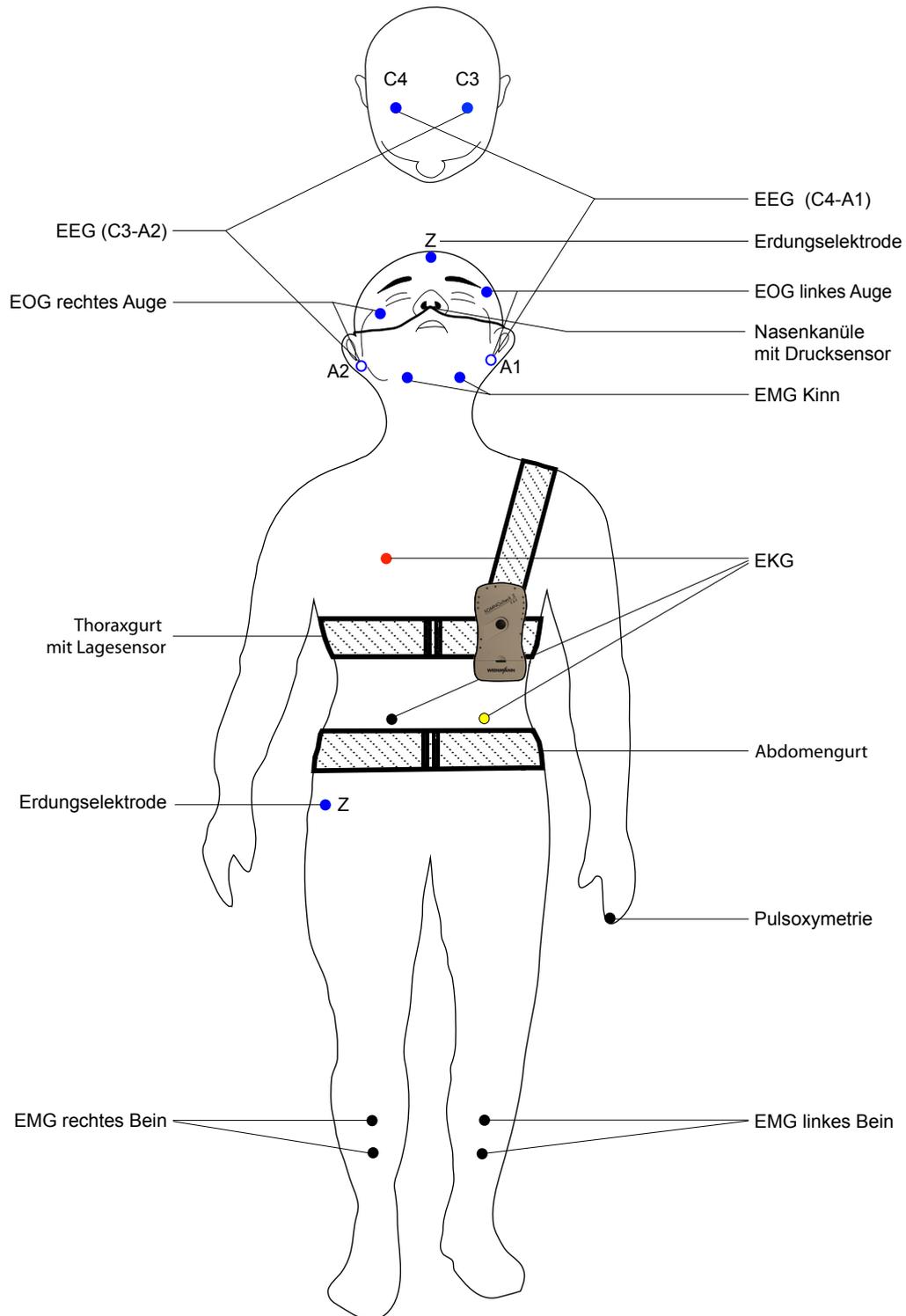


Abbildung 2-2 Elektrodenpunkte für eine Polysomnographieaufzeichnung mittels *SOMNOcheck 2 R&K* von *Weinmann*.

- Zwei EOG-Kanäle zur Registrierung der Augenbewegungen anhand der Potentialdifferenzen von Retina und Cornea. Für die elektrische Referenz wurden jeweils die A1- und A2-Elektroden verwendet.

Methoden

- Zwei Kinn–EMG–Kanäle zur Registrierung der Muskelaktivität am Kinn. Es dient zusammen mit den EEG–Signalen zur Unterscheidung der Schlafstadien.²¹
- Zwei Tibialis–EMG–Kanäle zur Registrierung der Muskelaktivität der Beine. Es dient der Diagnostik periodischer Beinbewegungen im Schlaf.
- EKG–Kanäle in Anlehnung an die Einthoven–Ableitung mittels drei Extremitätenableitungen sowie einer Erd–Elektrode als elektrische Referenz zur Aufzeichnung der Herzaktivität und des Herzrhythmus.
- Nasenkanüle zur Registrierung des oronasalen Atemflusses anhand Druckdifferenzen sowie zur Bestimmung von Schnarchgeräuschen anhand nasaler Fluktuationen.
- Brust– und Abdomengurt mit integriertem piezoelektronischen Sensor als Messdetektor zur Aufzeichnung der Atemanstrengung sowie Differenzierung zwischen Brust– und Bauchatmung.
- Pulsoxymetrie–Sensor zur Bestimmung der Pulsfrequenz und Sauerstoffsättigungsmessung im peripheren Blut.
- Lagesensoren innerhalb des Gerätes zur Registrierung der Körperlage.

Die zur Auswertung der PSG–Daten verwendeten Parameter werden in **Tabelle 2–1** aufgelistet.

Methoden

Tabelle 2-1 Für die Studie relevante physiologische Parameter der Polysomnographie³⁶

Parameter	Bezeichnung	Bedeutung	Einheit
Licht AUS	Licht aus Uhrzeit	Zeit, wann der Proband sich zum Schlafen hinlegte	h:min
Licht AN	Licht an Uhrzeit	Zeit, wann der Proband aufstand	h:min
TIB	„time in bed“ Gesamtzeit im Bett	Zeitspanne von Licht AUS bis Licht AN Zeit	min
TST	„total sleep time“ Gesamtschlafzeit	Netto-Schlafspanne ohne Wachphasen innerhalb des Aufnahmezeitraumes	min
AWZ	Auswertezeitraum	Zeitspanne der Auswertungszeit	min
SL	„sleep onset latency“ Einschlaflatenz	Zeitspanne von Licht AUS bis zum Beginn der ersten Schlafphase, die mindestens 30 Sekunden andauert	min
REM Latenz	REM Schlaflatenz	Zeitspanne vom Beginn der ersten Schlafphase bis zur ersten Epoche im Stadium REM	min
WASO	„wake after sleep onset“ Wach nach Schlafbeginn	Zeitspanne aller WACH Stadien während des Aufnahmezeitraumes ohne die Einschlaflatenz	min
SE	„sleep efficiency index“ Schlafeffizienz Index	Quotient aus der Gesamtschlafzeit und der Aufnahmezeit [TST/TIB x 100]	%
WACH	Wachzeit	Gesamtzeit aller WACH-Episoden	min
REM	„rapid eye movement“ Episode der schnellen Augenbewegungen	Gesamtzeit aller REM-Episoden	min
S1	„non-REM sleepstage 1“ Nicht-REM Schlafstadium 1	Gesamtanteil aller Nicht REM 1-Episoden innerhalb der TST [S1/TST x 100]	%
S2	„non-REM sleepstage 2“ Nicht-REM Schlafstadium 2	Gesamtanteil aller Nicht REM 2-Episoden innerhalb der TST [S2/TST x 100]	%
SWS	„slow-wave sleep“ Deltawellenschlaf	Gesamtanteil aller SWS Episoden innerhalb der TST [SWS/TST x100]	%
Arousals	Weckreaktionen	Gesamtanzahl der Weckreaktionen	n
Arousal Index	Index der Weckreaktionen	Quotient aus Anzahl der Arousals und der Gesamtschlafzeit [Arousals X 60/TST]	n/h
Apnoen gesamt	Anzahl der Atemstillstände	Gesamtanzahl der Apnoen	n
Hypopnoen gesamt	Anzahl der Ereignisse mit Verringerung der Atemtiefe	Gesamtanzahl der Hypopnoen	n
AHI	„apnea hypopnea index“ Apnoe Hypopnoe Index	Quotient aller respiratorischen Ereignisse mit Apnoen und Hypopnoen der Gesamtschlafzeit innerhalb einer Stunde [(Anzahl Apnoen + Anzahl Hypopnoen) X 60/TST]	n/h
SpO² minimum	minimale Sauerstoffsättigung im Schlaf	Minimale Sauerstoffsättigung innerhalb der Gesamtschlafzeit	%
SpO² Mittel	Durchschnittliche Sauerstoffsättigung im Schlaf	Mittlere Sauerstoffsättigung innerhalb der Gesamtschlafzeit	%
HF	Durchschnittliche Herzfrequenz im Schlaf	Mittlere Herzfrequenz innerhalb der Gesamtschlafzeit	bpm
PLMS	„periodic limb movement in sleep“ Periodische Beinbewegungen im Schlaf	Gesamtanzahl der periodischen Beinbewegungen innerhalb der Gesamtschlafdauer	n
PLMS-I	„periodic limb movement index in sleep“ Periodische Beinbewegungen Index	Quotient aller periodischen Beinbewegungen der Gesamtschlafzeit im Durchschnitt innerhalb einer Stunde [PLMS X 60/TST]	keine

Methoden

Die einzelnen Parameter wurden während der Nacht drahtlos durch das *SOMNOcheck 2 R&K* aufgezeichnet und auf eine Compact-Flash-Card gespeichert. Später erfolgte das Auslesen und die Darstellung der Daten per USB-Verbindung durch das Software Programm *SOMNOlab* von *Weinmann* (*SOMNOlab v2.03 SP 2*) (siehe **Abbildung 2–3**). Die Auswertung sowie das „Scoring“ der polysomnographischen Daten aller Probanden erfolgte durch eine identische Fachkraft des Schlaflabors der Charité. Die Auswertungskriterien basieren auf dem *Manual der Academy of Sleep Medicine*³⁶ 2007, in dem seit 2004 als Weiterführung der 1968 festgelegten Kriterien von *Rechtschaffen und Kales*²¹ aktuelle Kriterien und Empfehlungen zum Scoring von Schlaf und assoziierten Ereignissen in Form eines Konsensprozesses des Arbeitsausschusses entwickelt wurden. Die Nomenklatur des Tiefschlafes von *Rechtschaffen und Kales*²¹ (S3 und S4) wird im weiteren Auswertungsprozess mit SWS (slow-wave sleep) bezeichnet.

Das „Scoring“ erfolgte auf der Basis von aufeinander folgenden 30-Sekunden-Epochen. Jeder Epoche wurde ein Schlafstadium zugewiesen. Trafen mehrere Stadien in einer Epoche zusammen, wurde das Stadium mit dem größten Anteil vergeben. (vergleiche **Abbildung 2–3**)

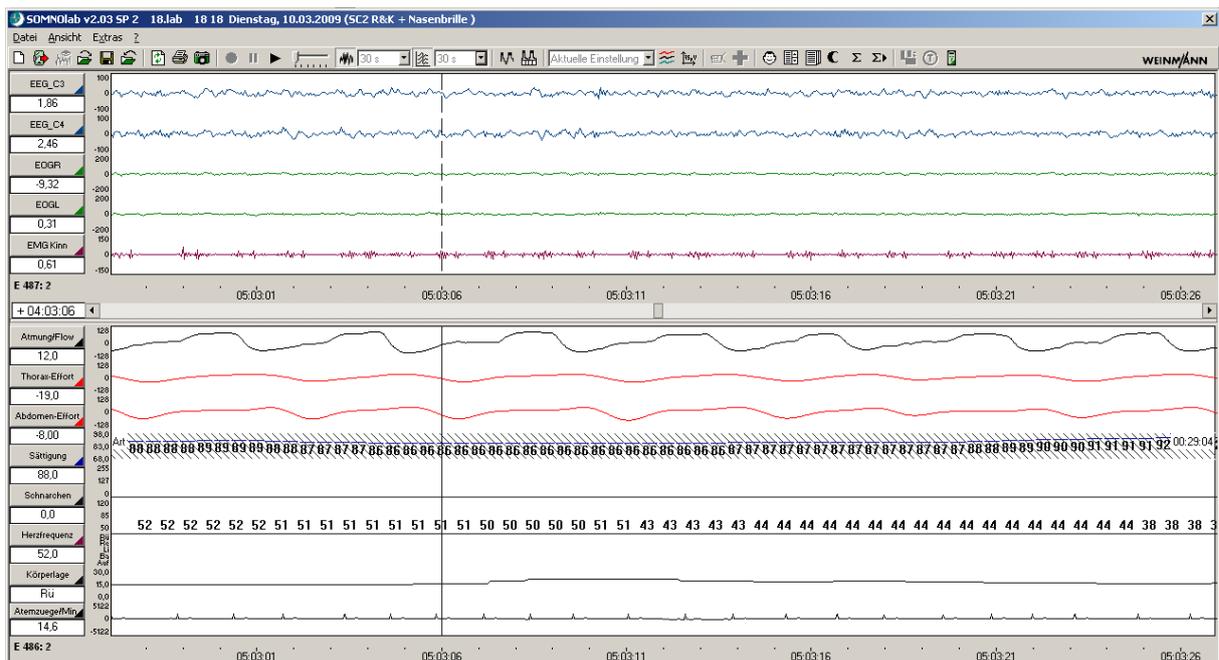


Abbildung 2-3 Auswertungsfenster der Polysomnographie einer 30-Sekunden-Epoche mit der Software *SOMNOlab* (*Weinmann*).

Bei drei Messungen (Nr.25, 26, 27) wurde jeweils anstatt einer Polysomnographie nur eine Polygraphie aufgezeichnet. Dies hat zur Folge, dass keine Daten zu den Schlafparametern ermittelt werden konnten. Da die Daten nachträglich durch manuelle Einschätzung der Schlafdauer anhand der gemessenen Parameter wie Lage, Atmung und Herzfrequenz eingerichtet wurden, konnten sie mit in die Analyse aufgenommen werden.

Die Messung Nr.16 musste wegen einer Messunterbrechung wiederholt werden, da mehrere Kabel in der Nacht abfielen. Die Auswertung der PSG-Messung Nr.19 wurde durch erhebliche Artefakte in der Aufzeichnung behindert, so dass hier keine verlässlichen Daten ausgewertet werden konnten. Daher fiel die PSG-Messung Nr.19 aus der Studie heraus. Aufgrund eines Akkudefekts des *SOMNOcheck* Gerätes betrug die Aufzeichnungsdauer der Messung Nr.35 lediglich 2h10min. Die PSG-Messung konnte für die Studie daher nicht verwendet werden. Ebenfalls einen Messabbruch aufgrund von Akkuproblemen betraf die Messung Nr.30. Da hier nur circa 30 Minuten bis zur kompletten Schlafaufzeichnung fehlten, konnten bei dieser Messung alle erhobenen Daten mit in die Analyse aufgenommen werden. Aus den insgesamt 34 PSG-Messungen fielen damit zwei aus der Wertung heraus.

2.4.2 Fragebögen

Subjektive Daten wurden anhand von Fragebögen jeweils nach der polysomnographischen Messung erhoben. Die folgenden Fragebögen wurden verwendet:

- D-MEQ (Deutsche Fassung des Morningness–Eveningness Questionnaire) zum Chronotyp^{31,109}
- ESS (Epworth Sleepiness Scale) zur Tagesschläfrigkeit⁵
- PSQI (Pittsburgh Schlafqualitätsindex) zur Schlafqualität¹¹⁰
- FEPS-II (Fragebogen zur Erfassung spezifischer Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter)¹¹¹

2.4.2.1 Deutsche Fassung des Morningness–Eveningness Questionnaire

Der Morningness–Eveningness Questionnaire wurde ursprünglich 1976 von *Horne und Ostberg* entwickelt. 2001 evaluierten *Griefahn et al.*¹⁰⁹ die in dieser Arbeit verwendete deutsche Fassung als D-MEQ. Der Fragebogen leitet in 19 Einzelfragen zur letztendlichen Bestimmung des jeweiligen Chronotyps. Abhängig von der Gesamtsumme der einzelnen Itembewertungszahlen lassen sich daraufhin folgende fünf Kategorien unterscheiden:

- definitiver Abendtyp (14–30)
- moderater Abendtyp (31–41)
- Neutraltyp (42–58)

- moderater Morgentyp (59–69)
- definitiver Morgentyp (70–86)

Der D-MEQ zeichnet sich durch eine gute Validität und Reliabilität zur Bestimmung des Chronotyps und damit der individuell optimalen Belastungszeit am Tag aus.¹⁰⁹

2.4.2.2 Epworth Sleepiness Scale

Die Epworth Sleepiness Scale (ESS) ist ein Selbstbeurteilungsfragebogen zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit. Er wurde von *Johns*¹¹⁰ 1991 entwickelt und erhebt retrospektiv die Wahrscheinlichkeit, in acht typischen Alltagssituationen wie Autofahren, Lesen und nach dem Essen einzunicken. Die Höhe der Wahrscheinlichkeit wird auf einer vierstufigen Skala von 0–3 angegeben (0=„würde niemals einnicken“, 3=„hohe Wahrscheinlichkeit einzunicken“).

Zur Auswertung wird der Gesamtwert als Summe aller Punkte gebildet. Dieser Wert liegt zwischen 0 und 24 Punkten. Innerhalb der Auswertung gelten Werte von 0–7 als normal. Nach der Auswertungstabelle des *iDoc* Instituts Potsdam kann oberhalb von 10 Punkten von einer erhöhten Tagesschläfrigkeit ausgegangen werden. Dieser „Cut-Off Wert“ konnte u. a. in der Studie von *Sauter et al.*¹¹² bestätigt werden. Zudem wurde in dieser Untersuchung mit 239 gesunden Erwachsenen Normwerte entwickelt, die mit einem Mittelwert von $6,6 \pm 3,6$ ohne signifikante Altersunterschiede gemessen wurden.¹¹² Eine krankhaft erhöhte Tagesschläfrigkeit wird gewertet, wenn in den Situationen Autofahren, im Sitzen lesen, im Gespräch und als Beifahrer Auto fahren Punktwerte von jeweils 2–3 bestehen. Der ESS findet mit einer hohen Sensitivität (93%) und Spezifität (100%)¹¹³ eine breite internationale Anwendung insbesondere in klinischen Studien und als Screening Instrument zur Erfassung subjektiv erlebter Tagesschläfrigkeit sowie als Therapieerfolgsmessung bei Hypersomnie und zu Verlaufskontrollen. Hierzu können aus der Arbeit von *Johns*¹¹⁰ Mittelwerte für verschiedene Schlafstörungen wie u. a. das obstruktive Schlafapnoe Syndrom, Hypersomnie und Insomnie herangezogen werden, die jedoch heterogene Gruppengrößen mit signifikanten Altersunterschieden zwischen den Subgruppen aufweisen.

2.4.2.3 Pittsburgh Schlafqualitätsindex

Der Pittsburgh Schlafqualitätsindex (PSQI), 1989 von *Buysse et al.*¹¹¹ entwickelt, erfasst als standardisierter psychometrischer Fragebogen in sieben Fragekomponenten retrospektiv die subjektive Schlafqualität. Die Fragekomponenten beziehen sich auf die wichtigsten Parameter des Schlafverhaltens innerhalb der letzten vier Wochen:

- Schlafdauer
- Schlafqualität

- Schlafeffizienz
- Einschlaf latenz
- Schlafstörungen
- Tagesmüdigkeit
- Schlafmittelkonsum

Da sich die Fragen der deutschen Version von *Riemann und Backhaus*¹¹⁴ auf die letzten zwei Wochen beziehen und dadurch der Fragebogen nur bedingt einem internationalen Vergleich stand hält, wurde in dieser Arbeit die vierwöchige Version von *Buysse et al.*¹¹¹ verwendet.

Insgesamt besteht er aus 19 Selbstbeurteilungsfragen und fünf Fremdbeurteilungsfragen. Diese werden vom Partner oder Mitbewohner ausgefüllt und beziehen sich auf nächtliche Atempausen, auf Phasen der Verwirrung, Desorientierung oder auf Unruhe während des Schlafs. In die quantitative Bewertung gehen ausschließlich die 19 Selbstbeurteilungsfragen ein. Hierbei kann jede Frage mit einem vierstufigen Wert zwischen 0 („keine Schwierigkeiten“) und 3 („große Schwierigkeiten“) bewertet werden. Die sieben Komponentenwerte werden zu einem Gesamtwert zwischen 0–21 addiert. Zur Interpretation der Auswertung werden die Ergebnisse in drei Kategorien aufgeteilt. Aufgrund fehlender Normwerte wird auf einen empirisch bestimmten Cut-Off Wert aus der Arbeit von *Buysse et al.*¹¹¹ zurückgegriffen. Dieser liegt unter 5 Punkten. Schlechte Schläfer liegen zwischen 6 und 10 Punkten und Schläfer mit chronischen Schlafstörungen bei >15 Punkten.

Anwendung findet der PSQI besonders in der Diagnostik für Insomnie sowie zur Verlaufs- und Erfolgsmessung. Für Insomnierer konnten *Backhaus et al.*¹¹⁵ eine Sensitivität von 98% und eine Spezifität von 84,4% aufzeigen. Die diagnostische Validität, interne Konsistenz und Stabilität des PSQI wurde anhand mehrerer Studien geprüft. Während die Stabilität nur im befriedigenden Bereich anzusiedeln ist, liegt die diagnostische Validität mit einer Sensitivität für verschiedene Schlafgestörte immer über 80%.¹¹⁵

2.4.2.4 Fragebogen zur Erfassung spezifischer Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter

II

Der „Fragebogen zur Erfassung spezifischer Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter II“ (FEPS–II) ist eine Neuauflage des 1984 von *Heyden et al.*¹¹⁶ herausgegebenen „Fragebogen zur Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen Schlafgestörter“ und erfasst im Gegensatz zur Erstversion die zwei spezifischen Merkmale „Fokussieren“ und „Grübeln“ und deren Einfluss auf die Schlafstörung. Diese Weiterentwicklung beruht auf Ergebnissen von *Freedman und Sattler*¹¹⁷ und *Hauri*¹¹⁸, dass kognitive Überaktiviertheit und verstärkte Aufmerksamkeit auf das

Methoden

Schlafgeschehen einen großen und eventuell sogar ursächlichen Einfluss auf die Schlafstörung haben. Im vorliegenden Fragebogen FEPS–II wurden zuerst vier Faktoren geprüft, woraufhin sich zwei, „Grübeln“ und „Fokussieren“, als statistisch signifikant in der Diskrimination zwischen Insomnikern und Normosomnikern zeigten. Neben uneinheitlichen Definitionen des Merkmals „Grübeln“ in der Literatur wurden folgende Definitionen für den FEPS–II im Sinne von *Schmeck und Schreiber*¹¹⁹ festgelegt:

„Grübeln“	eine nicht kontrollierbare gedanklich–besorgte Überaktivität mit zwanghaften Denkstrukturen
„Fokussieren“	eine verstärkte Aufmerksamkeitszuwendung des Schlafes mit Erwartungsängsten bezüglich Ein– und Durchschlafens

Der bifaktorielle Fragebogen enthält 23 Items, welche jeweils mittels Urteilsskala in fünf Stufen differenzierbar sind. Für jedes voneinander unabhängige Merkmal („Fokussieren“ und „Grübeln“) werden zur Auswertung die dem Merkmal positiv zugeordneten Items addiert und die dem Merkmal negativ zugeordneten Merkmale subtrahiert. Daraus resultiert für jedes Merkmal eine gesonderte Endsumme aus 11 („Fokussieren“) und 12 („Grübeln“) Items.

Die Funktion des FEPS–II als Messinstrument sollte sein, Insomniker signifikant von Normosomnikern unterscheiden zu können, sowie zwischen unterschiedlichen Formen der Insomnie zu differenzieren. Eine testtheoretische Prüfung mit Normierung und Validierung erfolgte durch *Hoffmann et al.*¹²⁰ und zeigte bezüglich Reliabilität und Trennschärfe für den FEPS–II hoch signifikante Werte. Ebenfalls konnten *Hoffmann et al.*¹²⁰ auf eine gute Eignung des Fragebogens im Hinblick auf differentialdiagnostische Unterscheidung zwischen primärer Insomnie und Schlafstörungen mit psychischer Mitbeteiligung hinweisen. Der FEPS–II bietet somit erste Anhaltspunkte bei der Diagnostik spezifischer Schlafstörungen. So weisen hohe „Grübel“–Werte auf psychische Mitbeteiligung einer Schlafstörung hin. Hohe Werte des Merkmals „Fokussieren“ in Zusammenhang mit niedrigen „Grübel“–Werten bieten Anhalt für eine primäre Insomnie.

Der FEPS–II ist geschlechtsspezifisch standardisiert und wurde durch festgelegte Normwerte zu einem objektiven Testinstrument zur Unterscheidung Schlafgestörter und Schlafgesunder sowie zur Diagnosestellung der Insomnien und Therapieevaluation.¹²¹ Die **Tabelle 2–2** bis **Tabelle 2–5** zeigen die aus der Normierung resultierenden Stanine für Frauen und Männer sowie für Schlafgestörte und Schlafgesunde. Stanine sind ein mit neun Stufen versehenes Wertungssystem mit einem Mittelwert von 5. Die einzelnen Stanine beziehen sich auf 1=4%, 2=7%, 3=12%, 4=17%, 5=20%, 6=17%, 7=12%, 8=7%, 9=4% der Gesamtmenge.

Methoden

Tabelle 2-2 Stanine schlafgesunder Frauen

Stanine	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fokussieren	11	12	14	16	20	24	28	33	55
Grübeln	19	22	25	29	34	40	43	47	60

Tabelle 2-3 Stanine schlafgesunder Männer

Stanine	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fokussieren	11	12	13	15	18	21	26	29	55
Grübeln	15	18	21	25	29	34	39	43	60

Tabelle 2-4 Stanine schlafgestörter Frauen

Stanine	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fokussieren	13	18	22	28	36	40	45	50	55
Grübeln	19	24	29	38	45	49	52	56	60

Tabelle 2-5 Stanine schlafgestörter Männer

Stanine	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fokussieren	12	13	16	21	28	36	43	47	55
Grübeln	17	20	26	31	38	45	52	57	60

2.5 Statistische Datenanalyse

Die erhobenen Daten der Polysomnographie und der Fragebogen wurden in Tabellenform gesammelt und konsolidiert. Die Häufigkeitskalkulation und Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm *Microsoft Excel*® für Mac 2011 Version 14.1.4. Die weiterführende statistische Auswertung wurde mit dem Statistikprogramm *SPSS Statistics*® (SPSS Version 16, Inc., Chicago, USA) durchgeführt und das Graphikprogramm *Adobe Illustrator*® (Adobe Illustrator CS2 Version 12, 2005) diente zur Erstellung der Graphiken.

Um bei der kleinen Probandenzahl mögliche Fehler durch Ausreißer zu reduzieren, wurde für die deskriptive statistische Darstellung der Boxplot mit Median, jeweils dem oberen und unteren Quartil, dem Whisker und den Ausreißern gewählt. Die Ausreißer werden jeweils durch kleine Kreise und die extremen Werte durch Sternchen dargestellt. Als Ausreißer ist der Wert definiert, dessen Abstand vom 25%-Perzentil nach unten bzw. vom 75%-Perzentil nach

Methoden

oben zwischen dem 1,5-fachen und dem 3-fachen der Boxhöhe liegt. Als extreme Werte sind die Werte definiert, die von dem 25%- oder dem 75%-Perzentil mehr als das 3-fache der Boxhöhe betragen.

Da die Mehrzahl Daten nicht normalverteilt sind, wurde für die Signifikanzprüfung der Atmungsparameter im Vergleich der Bläser- mit der Streichergruppe sowie innerhalb der Bläsergruppe der parameterfreie Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Variablen eingesetzt. Das Signifikanzniveau der Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf $p < 0,05$ festgelegt. Der Zusammenhang zwischen AHI und BMI wurde mittels nichtparametrischer Korrelation nach Spearman bestimmt.

Die Ergebnisdaten der Musiker wurden anschliessend mit in unserem Schlaflabor erhobenen polysomnographischen Daten von Schlafgesunden verglichen. Diese sind 2003 aufgezeichnet und durch *Fietze und Diefenbach*¹²² publiziert worden. Der Vergleich der Schlafdaten zwischen der Gruppe der Musiker mit der der Schlafgesunden wurde durch die deskriptive Darstellung von Boxplots abgebildet und ebenfalls mittels parameterfreien Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Variablen auf signifikante Unterschiede geprüft. Da in der Literatur die deskriptive Darstellung mittels Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) üblich ist, wurden die Ergebnisse der Fragbögen zusätzlich in MW und SD angegeben. Für die Interpretation der Ergebnisse diente jedoch aufgrund der kleinen Fallzahl die Mediandarstellung jeweils mit dem unteren und oberen Quartil.

3 Ergebnisse

3.1 Probandenkollektiv und anthropometrische Daten

Insgesamt wurden 32 Probanden untersucht, davon sind 9 weiblich und 23 männlich. Die demographischen Daten zum Probandenkollektiv innerhalb der Staatskapelle mit Alter, BMI, Körpergröße und Körpergewicht werden in **Tabelle 3–1** in Mittelwerten und Standardabweichungen dargestellt. Die Altersamplitude aller Probanden reicht vom jüngsten Probanden mit 26 Jahren bis zum ältesten Probanden mit 54 Jahren. **Tabelle 3–2** und **3–3** zeigen die Aufteilung der Instrumentenanzahl innerhalb der Bläser und Streicher. Die **Tabellen 3–4** bis **3–6** geben eine Übersicht über die anamnestisch erfragten Daten, die Spielgewohnheiten sowie die subjektiven Wahrnehmungen zur aufgezeichneten Nacht. Hierbei wurde sowohl die Aufteilung in Bläser und Streicher als auch in Männer und Frauen berücksichtigt.

Tabelle 3-1 Demographische Daten in Mittelwert und Standardabweichung

	Gesamt	Frauen	Männer
Musiker [n]	32	9	23
Streicher [n]	15	5	10
Bläser [n]	17	4	13
Alter [y]	41 ± 8,9	37,2 ± 9,8	42,4 ± 8,3
Alter Streicher [y]	39 ± 10,1	29,4 ± 3,36	43,8 ± 8,7
Alter Bläser [y]	42,7 ± 7,6	47 ± 3,6	41,4 ± 8,1
BMI [kg/m ²]	24 ± 3,4	23,3 ± 2,7	24,4 ± 3,6
BMI Streicher [kg/m ²]	23,8 ± 3,3	23,1 ± 2,9	23,8 ± 3,7
BMI Bläser [kg/m ²]	24,4 ± 3,5	22,8 ± 2,7	25,2 ± 3,9
Körpergröße [cm]	178,1 ± 8,5	168 ± 4,7	181,9 ± 6,4
Körpergröße Streicher [cm]	178,9 ± 9,1	169,3 ± 6,3	183,3 ± 7,3
Körpergröße Bläser [cm]	177,5 ± 8,1	166,8 ± 2,8	181,1 ± 6,1
Körpergewicht [kg]	76,3 ± 13,1	66 ± 10,2	80,5 ± 12
Körpergewicht Streicher [kg]	76,4 ± 12,5	68,5 ± 12,5	78,6 ± 10,3
Körpergewicht Bläser [kg]	78 ± 14,7	63,5 ± 8,4	82,8 ± 13,2

Ergebnisse

Tabelle 3-2 Instrumentenaufteilung innerhalb der Bläsergruppe der Probanden und der gesamten Staatskapelle zur Zeit des Studienbeginns

	Probandenanzahl n = 17	Staatskapelle Gesamt n = 44
Hörner [n]	3	9
Posaunen [n]	1	7
Trompeten [n]	2	5
Flöten [n]	3	5
Oboen [n]	4	6
Klarinetten [n]	2	6
Fagotte [n]	2	6

Tabelle 3-3 Instrumentenaufteilung innerhalb der Streichergruppe der Probanden und der gesamten Staatskapelle zur Zeit des Studienbeginns

	Probandenanzahl n = 15	Staatskapelle Gesamt n = 68
Violin [n]	7	36
Bratschen [n]	3	10
Cello [n]	3	11
Kontrabass [n]	2	11

Tabelle 3-4 Spielgewohnheiten. Angaben jeweils in Mittelwert und Standardabweichung

	Gesamt n=32	Bläser n=17	Streicher n=15	Männer n=23	Frauen n=9
Gesang als Nebeninstrument [n]	2	0	2	1	1
Spielzeit Hauptinstrument [h]	2,4 ± 1,1	2,1 ± 0,74	3,3 ± 1,7	2,1 ± 0,8	3,7 ± 1,5
Spieljahre Hauptinstrument [y]	28,2 ± 8,4	27,2 ± 5	30,5 ± 11,1	29,8 ± 8,1	20,3 ± 5
Beginn des Instrumentenspiels [Alter in y]	11,3 ± 4,5	13,6 ± 3,9	7,3 ± 2,1	11,3 ± 4,8	11,5 ± 3,8

Ergebnisse

Tabelle 3-5 Anamnestische Daten

	Anzahl Gesamt n=32	Anzahl Bläser n=17	Anzahl Streicher n=15	Anzahl Männer n=23	Anzahl Frauen n=9
Alkohol vor der Messung	11	5	6	9	2
<0,33l Bier; <0,2l Wein/Sekt; <0,05l Schnaps	9	4	5	8	1
>0,33 l Bier; >0,2l Wein; >0,05l Schnaps	2	1	1	1	1
Nikotin	0	0	0	0	0
regelmäßige Medikamenteneinnahmen	7	3	4	6	1
OP im HNO-Bereich	9	5	4	7	2
Allergiker	14	5	9	12	2
Pollen-, Gräserallergiker	10	4	6	9	1
Hausstaubmilbenallergiker	0	0	0	0	0
Vorerkrankungen der Atemwege und des Herz-Kreislaufs	2	1	1	2	0
positive Familienanamnese	10	7	3	8	2
Schlafapnoe in der Familie	2	0	2	1	1
Stoffwechselerkrankungen/ Herz-Kreislaufferkrankungen	5	4	1	5	0
Sportliche Betätigung	16	11	5	12	4
davon < 1x/Wo	12	8	4	10	2
davon > 1x/Wo	4	2	2	2	2

Tabelle 3-6 Subjektive Wahrnehmung der aufgezeichneten Nacht

	Gesamt n=32	Bläser n=17	Streicher n=15	Männer n=23	Frauen n=9
schlecht geschlafen (kürzer, unruhiger, häufiger erwacht, ...) [n / Anteil %]	9 / 26%	4 / 22%	5 / 31%	8 / 32%	1 / 11%
aus anderen Gründen als der PSG schlecht geschlafen [n / Anteil %]	2 / 5,9%	0 / 0%	2 / 12,5%	1 / 4%	1 / 11%

3.2 Schlaf der Musiker

3.2.1 Schlafarchitektur und Schlaflatenzen

Aus den polysomnographischen Daten aller 32 Musiker wurden zu den jeweiligen Schlafparametern jeweils der Median sowie das untere und obere Quartil gebildet. Diese Werte sind in **Tabelle 3–7** dargestellt. Die **Tabelle 3–8** bildet die Schlafparameter der Musiker aufgeteilt in eine Bläser– (Prüfgruppe) und eine Streichergruppe (Vergleichsgruppe) im Median (M) mit jeweils dem unteren und oberen Quartil ab. Mittels zweiarmigem Mann–Whitney–U–Test für unabhängige Variablen nicht normal verteilter Daten wurden die Schlafparameter der Bläser mit denen der Streicher auf signifikante Unterschiede geprüft. Hier zeigt sich ein signifikanter Unterschied im Schlafstadium S4 ($p=0,007$). Dieser Unterschied ist im SWS jedoch nicht signifikant.

Tabelle 3-7 Daten zur Schlafarchitektur und den Schlaflatenzen der Musiker im Gesamtkollektiv, Darstellung jeweils als Median sowie unteres und oberes Quartil

Musiker Gesamtkollektiv	Median	unteres Quartil	oberes Quartil
S1 [% (TST)]	8,2	6,4	12,6
S2 [% (TST)]	51,4	45,6	58,8
SWS [% (TST)]	21,1	13,4	27,2
REM [% (TST)]	16,9	13,1	20,7
WASO [min]	24,5	14,0	41,0
SL [min]	25,8	6,5	37,1
REM-Latenz [min]	73,8	61,9	106,1
Arousal Index [n/h (TST)]	15,1	11,3	19,3

Ergebnisse

Tabelle 3-8 Daten zur Schlafarchitektur und den Schlaflatenzen der Bläser und Streicher als Median sowie unteres und oberes Quartil

	Bläser			Streicher		
	Median	unteres Quartil	oberes Quartil	Median	unteres Quartil	oberes Quartil
S1 [% (TST)]	7,3	4,8	13,5	10,3	7,0	12,9
S2 [% (TST)]	56,2	48,0	63,4	49,8	44,8	54,8
SWS [% (TST)]	17,7	11,3	27,0	22,9	17,4	27,7
REM [% (TST)]	16,9	12,9	21,3	17,2	13,3	20,3
WASO [min]	20,8	11,3	29,4	33,5	17,1	45,1
SL [min]	14	5,8	30,3	25,7	7,6	65,3
REM-Latenz [min]	71	61,5	120,5	76,8	57,4	97,5
Arousal Index [n/h (TST)]	15,1	4,6	19,8	15,3	12,8	19,7

3.2.2 Schlafdauer

Die Zeit im Bett (TIB), die Gesamtschlafzeit (TST), die Schlafperiodenzeit (SPT) sowie die Schlaffeffizienz (SE) werden jeweils im Median sowie im unteren und oberen Quartil abgebildet. Diese Werte sind in **Tabelle 3-9**, bezogen auf alle Musiker, dargestellt. Die **Tabelle 3-10** zeigt die Parameter zur Schlafdauer der Musiker aufgeteilt in die Bläser- und die Streichergruppe ebenfalls im Median, unteren und oberen Quartil. Der durchgeführte zweiarmige Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Variablen nicht normal verteilter Daten zeigte im Vergleich der TIB, TST, SPT und SE keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bläser und den Streicher.

Ergebnisse

Tabelle 3-9 Die Zeit im Bett (TIB), die Gesamtschlafzeit (TST), die Schlafperiodenzeit (SPT) sowie die Schlafeffizienz (SE) aller Musiker als Median (M) sowie unteres und oberes Quartil

Musiker Gesamtkollektiv	Median	unteres Quartil	oberes Quartil
TIB [min]	431	391	480,4
TST [min]	374,3	340,5	416,3
SPT [min]	401,9	365	439,8
SE [%]	84,6	81,5	90,6

Tabelle 3-10 Die Zeit im Bett (TIB), die Gesamtschlafzeit (TST), die Schlafperiodenzeit (SPT) sowie die Schlafeffizienz (SE) der Bläser und Streicher als Median sowie unteres und oberes Quartil

	Bläser			Streicher		
	Median	unteres Quartil	oberes Quartil	Median	unteres Quartil	oberes Quartil
TIB [min]	409	389,5	484	456	438	525,1
TST [min]	370	335	409	392,5	334	437,8
SPT [min]	400,3	354,8	449,1	418,0	375,0	436,0
SE [%]	89,4	83,6	93,5	83	82	87,2

3.2.3 Periodische Beinbewegungen

Die zwei Parameter für Beinbewegungen PLMS Gesamtanzahl und PLMS-Index werden anhand von Median, unterem und oberem Quartil dargestellt und mittels Mann-Whitney-U-Test auf signifikante Unterschiede geprüft. Hier zeigen sich keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zwischen Bläsern und Streichern. Die Werte für die PLMS sowie den PLMS-I sind in **Tabelle 3-11** und **3-12** abgebildet.

Tabelle 3-11 PLMS der Musiker im Gesamtkollektiv als Median sowie unteres und oberes Quartil

Musiker Gesamtkollektiv	Median	unteres Quartil	oberes Quartil
PLMS [n (TST)]	37,0	10	66,8
PLMS-Index [n/h (TST)]	3,2	0,8	11

Ergebnisse

Tabelle 3-12 PLMS der Bläser und Streicher als Median sowie unteres und oberes Quartil

	Bläser			Streicher		
	Median	unteres Quartil	oberes Quartil	Median	unteres Quartil	oberes Quartil
PLMS [n (TST)]	58,0	16	68	28,5	16	67,8
PLMS-Index [n/h (TST)]	8,1	2,1	15,2	3,7	0,8	12,1

3.2.4 Körperlage

Ebenfalls polysomnographisch aufgezeichnet wurden die Körperlage und die Anzahl der Lagewechsel. Die Körperlage wird als Prozentwert der Gesamtschlafzeit (TST) angegeben. Die Mittelwerte der verschiedenen Körperlagen aller Musiker finden sich in der **Abbildung 3-1** als Kreisdiagramm. Die Körperlagen der Bläser werden als Mittelwerte und Standardabweichungen in der **Abbildung 3-2** und die der Streicher in der **Abbildung 3-3** dargestellt.

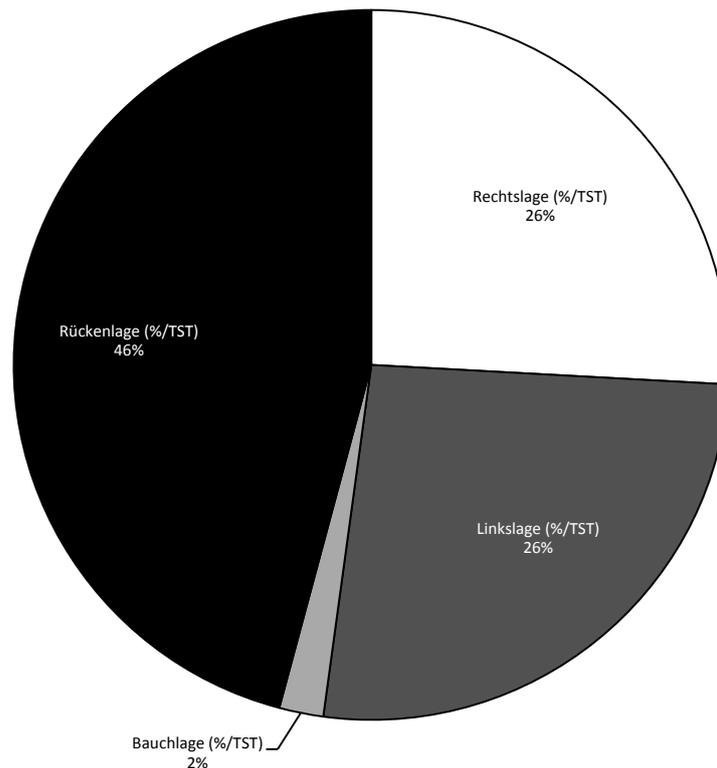


Abbildung 3-1 Körperlagen der Musiker im Gesamtkollektiv als Prozentangaben anteilig an der Gesamtschlafzeit (TST) als Mittelwert.

Ergebnisse

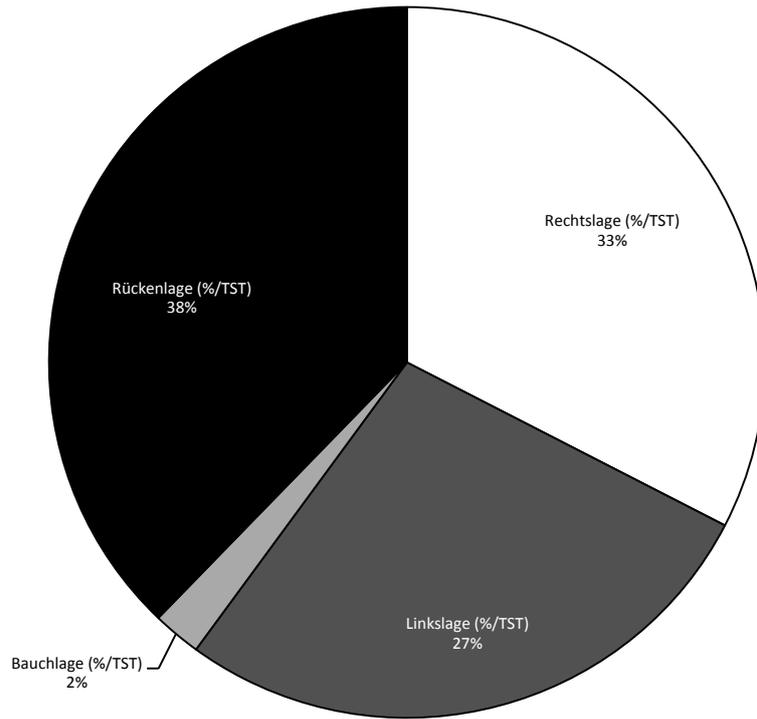


Abbildung 3-2 Körperlagen der Bläser. Mittelwerte als Prozentangaben anteilig an der Gesamtschlafzeit (TST) als Mittelwert.

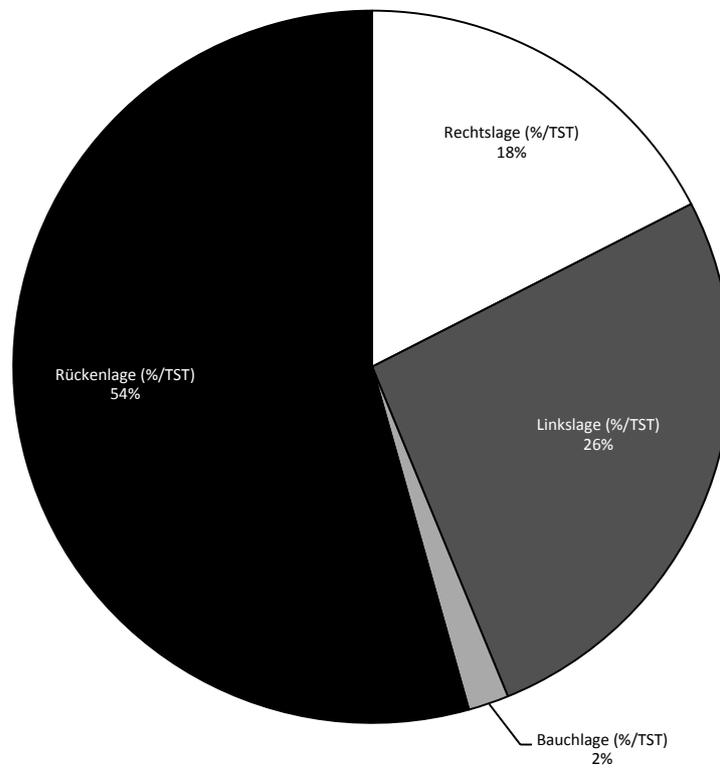


Abbildung 3-3 Körperlagen der Streicher. Mittelwerte als Prozentangaben anteilig an der Gesamtschlafzeit (TST) als Mittelwert.

Ergebnisse

Die Anzahl der Lagewechsel werden in der **Abbildung 3–4** als Boxplot im Vergleich der Streicher gegen die Bläser dargestellt.

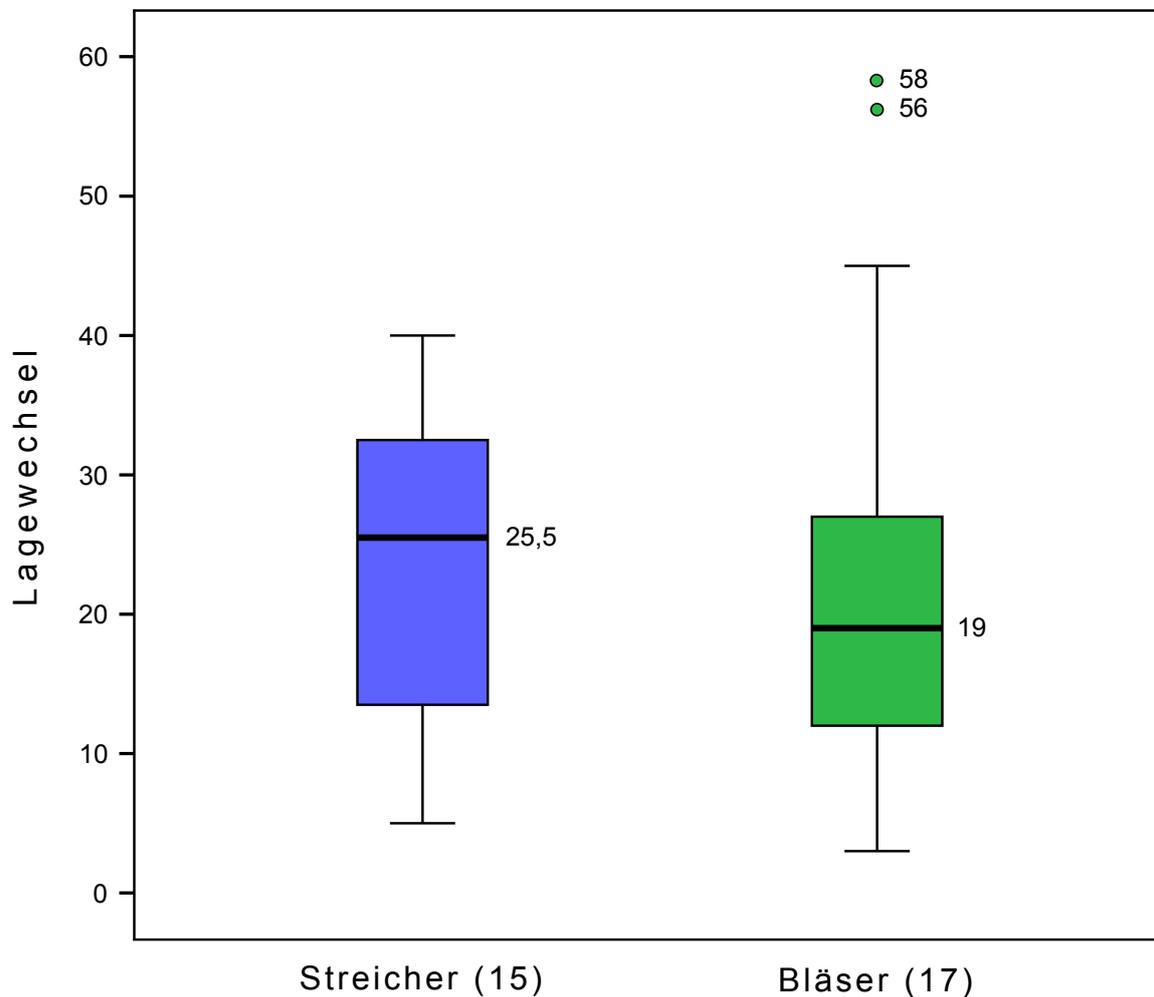


Abbildung 3-4 Boxplots der Lagewechsel im Vergleich der Bläser mit den Streichern mit der Probandenanzahl in Klammern

3.3 Schlafbezogene Atmung der Bläser und Streicher

3.3.1 Vergleich der Atmung zwischen Bläsern und Streichern

Zur Diagnostik schlafbezogener Atmungsstörungen wird als entscheidender Parameter der Apnoe Hypopnoe Index (AHI) eingesetzt. In den **Abbildungen 3–5** und **3–6** werden die Varianzen der jeweiligen AHI-Werte der einzelnen Probanden mit Hervorhebung zwischen weiblichen und männlichen Probanden in Bläser- und Streichergruppe getrennt abgebildet.

Ergebnisse

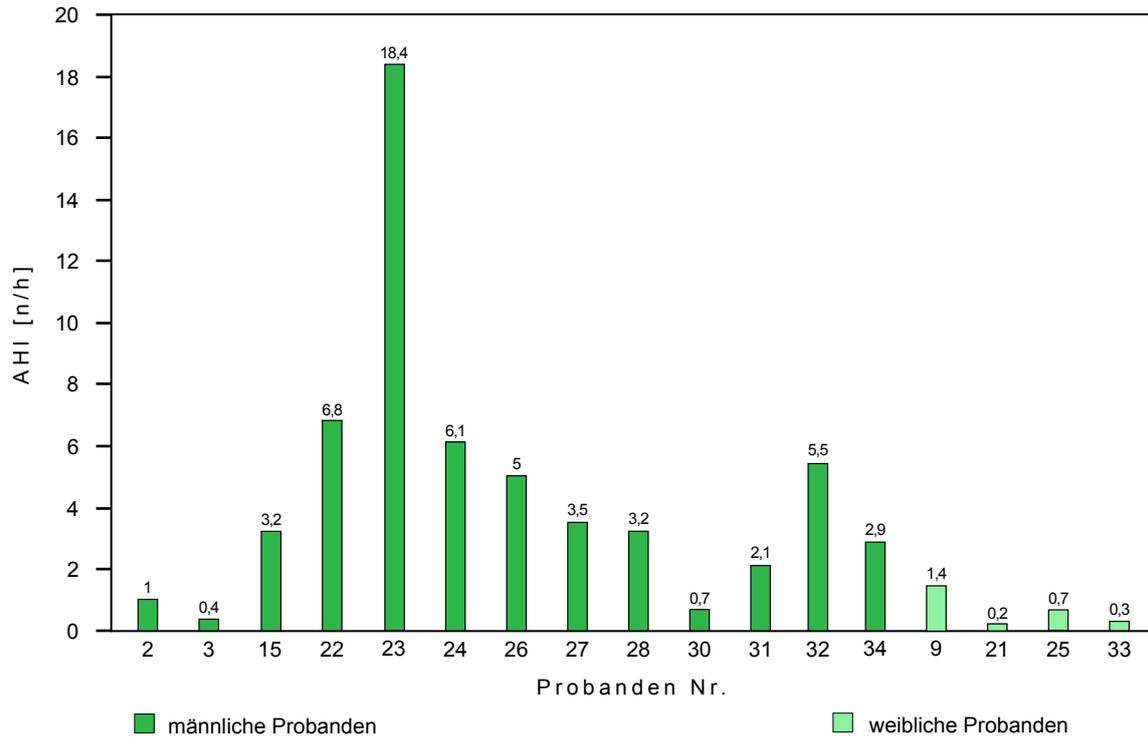


Abbildung 3-5 AHI Varianzen der 17 Bläser

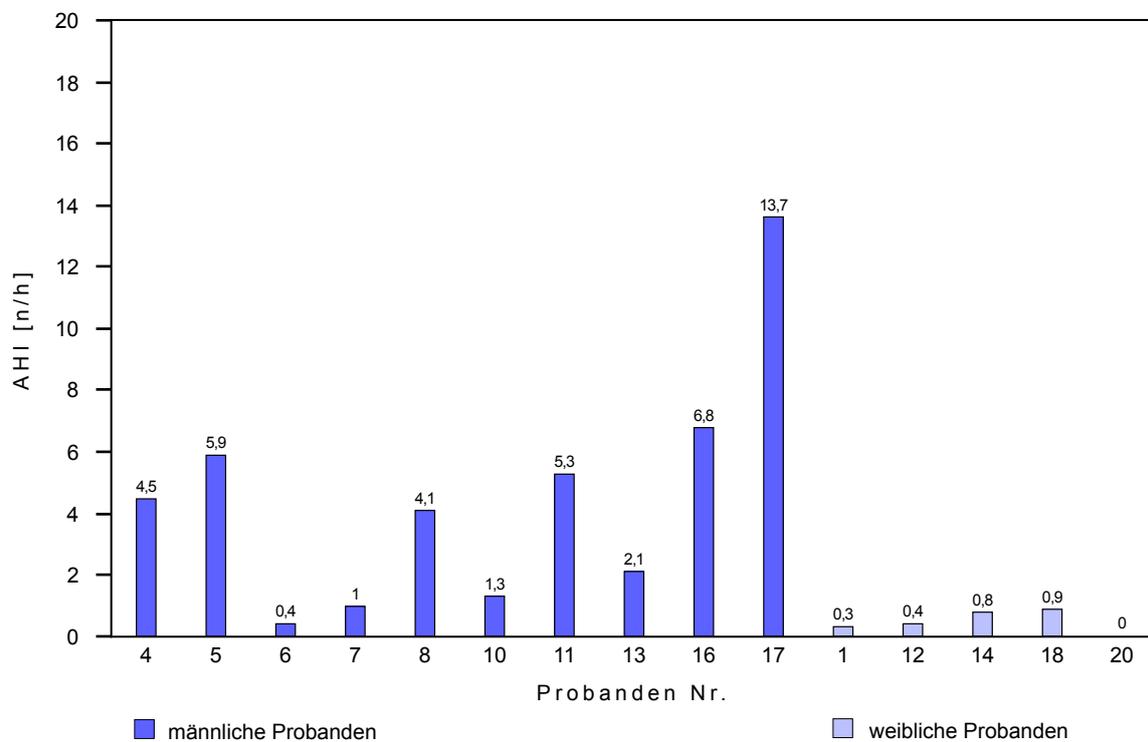


Abbildung 3-6 AHI Varianzen der 15 Streicher

Ergebnisse

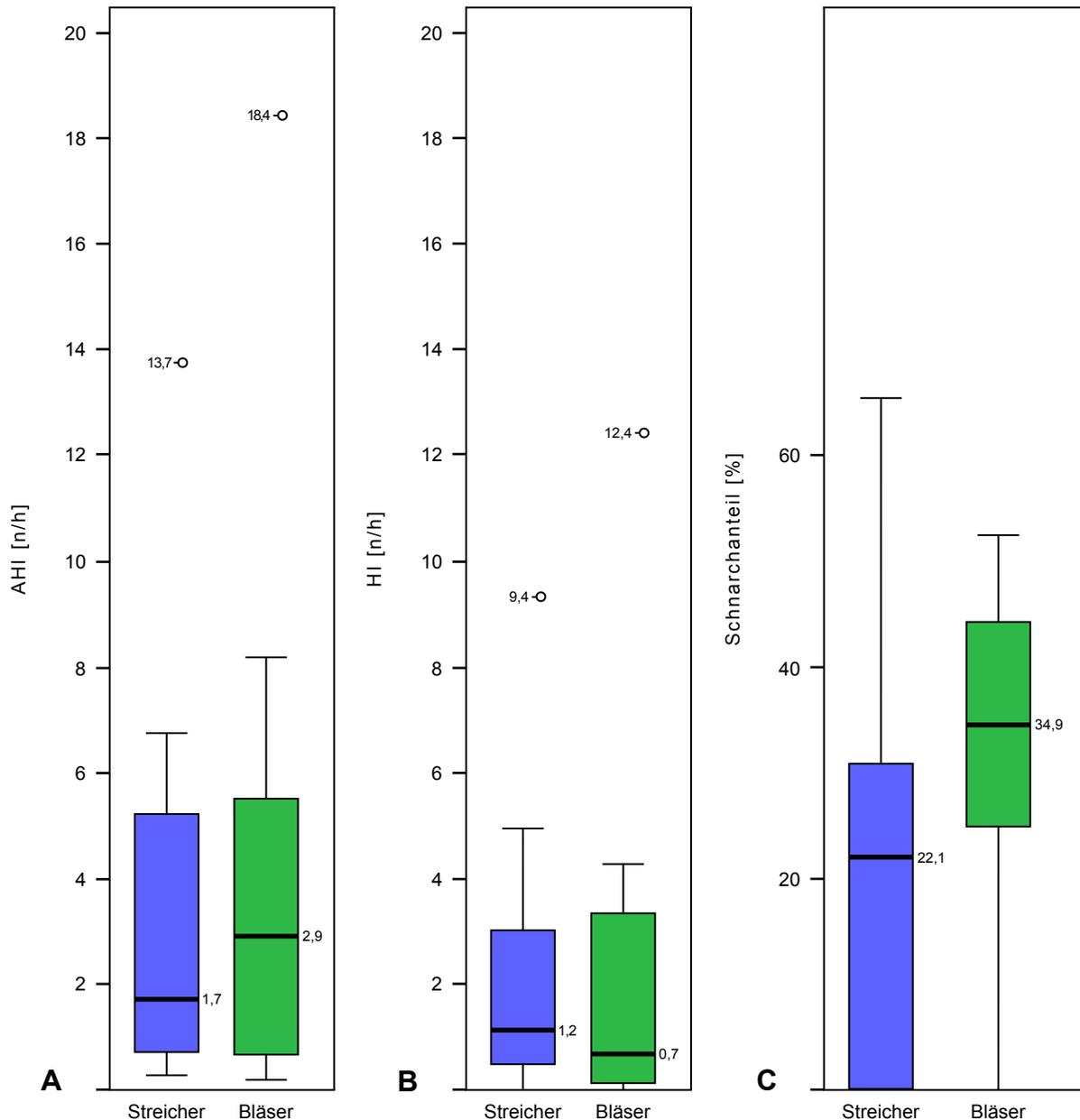


Abbildung 3-7 Boxplots für Apnoe Hypopnoe Index (AHI), Hypopnoen (HI), Schnarchanteil (SP) im Vergleich der Streicher mit den Bläsern

Die Boxplots in der **Abbildung 3-7** stellen neben dem AHI zusätzlich den Hypopnoe Index (HI) und den Schnarchanteil (SP) im Vergleich der Bläser- gegen die Streichergruppe dar. Der AHI in Rückenlage ist bei den Bläsern im Median bei 3,7/h (1.Quartil: 0,5/h; 3.Quartil: 10,3/h) und bei den Streichern im Median bei 1,2/h (1.Quartil: 0,6/h; 3.Quartil: 6,3/h). Der Median der durchschnittlichen Sauerstoffsättigung befindet sich bei den Bläsern bei 97,5 (1.Quartil: 96,3%; 3.Quartil: 98%) und bei den Streichern bei 99,3% (1.Quartil: 96,5%; 3.Quartil: 99,8%), während der Median der minimale Sauerstoffsättigung bei den Bläsern bei 89% (1.Quartil: 84,5%;

3.Quartil: 91%) und bei den Streichern im Median bei 91% (1.Quartil: 85%; 3.Quartil: 93%) liegt. Nach Prüfung der Signifikanz mittels Mann–Whitney–U–Test zeigen weder die Werte des AHI, HI, AI, AHI in Rückenlage und des Schnarchanteils noch die durchschnittliche oder minimale Sauerstoffsättigung signifikante Unterschiede zwischen den Streichern und den Bläsern.

3.3.2 Vergleich der Atmung innerhalb der Bläsergruppe

Die Bläsergruppe, kann, bezogen auf ihre unterschiedlichen Anblastechiken, in Untergruppen aufgeteilt werden. Die folgenden **Abbildungen 3–8 bis 3–11** zeigen eine Aufspaltung verschiedener Instrumentengruppen mit einer Boxplot Darstellung der polysomnographischen Messwerte Apnoe Hypopnoe Index (AHI), AHI in Rückenlage, Hypopnoe Index (HI), Schnarchanteil (SP) innerhalb der TST. Die Bläser wurden in die Instrumentengruppen Hörner, Trompeten/Posaunen, Fagotte/Oboen, Klarinetten und Flöten aufgeteilt.

Außerdem verglichen wurden die Gruppen Holz– mit den Blechbläsern und eine Hochdruck– mit einer Tiefdruckgruppe. Die Aufteilung in eine Hoch– und Tiefdruckgruppe bezieht sich auf den jeweiligen Anblasdruck des Blasinstruments. Als Grundlage zur Bestimmung der jeweiligen Anblasdrücke dienten die Studien von *Fletcher*⁷⁶ sowie *Fuks und Sundberg*⁷³ (siehe Kapitel 1.3.3). Die Instrumente mit einem Anblasdruck von <40mmHg wurden der Gruppe der Tiefdruckbläser und die mit einem Anblasdruck von >40mmHg der Gruppe der Hochdruckbläser zugeordnet. Hierdurch ergaben sich fünf Musiker in der Tiefdruckinstrumentengruppe und zwölf Musiker in der Hochdruckinstrumentengruppe, die miteinander verglichen wurden. Aufgrund der kleinen Probandenzahl wurde für die einzelnen Instrumentengruppen nach der Aufspaltung der Bläsergruppe keine Signifikanzprüfung der Unterschiede durchgeführt. Lediglich der Vergleich von Holz– und Blechbläsergruppe sowie Tief– und Hochdruckgruppe wurde mittels Mann–Whitney–U–Test auf Signifikanz geprüft. Hierbei zeigt sich zwischen den Tiefdruck– und Hochdruckbläsern ein signifikanter Unterschied im Parameter Hypopnoen mit einem $p=0,014$ (siehe **Abbildung 3–10**). Die übrigen Parameter zeigen keine signifikanten Unterschiede.

Ergebnisse

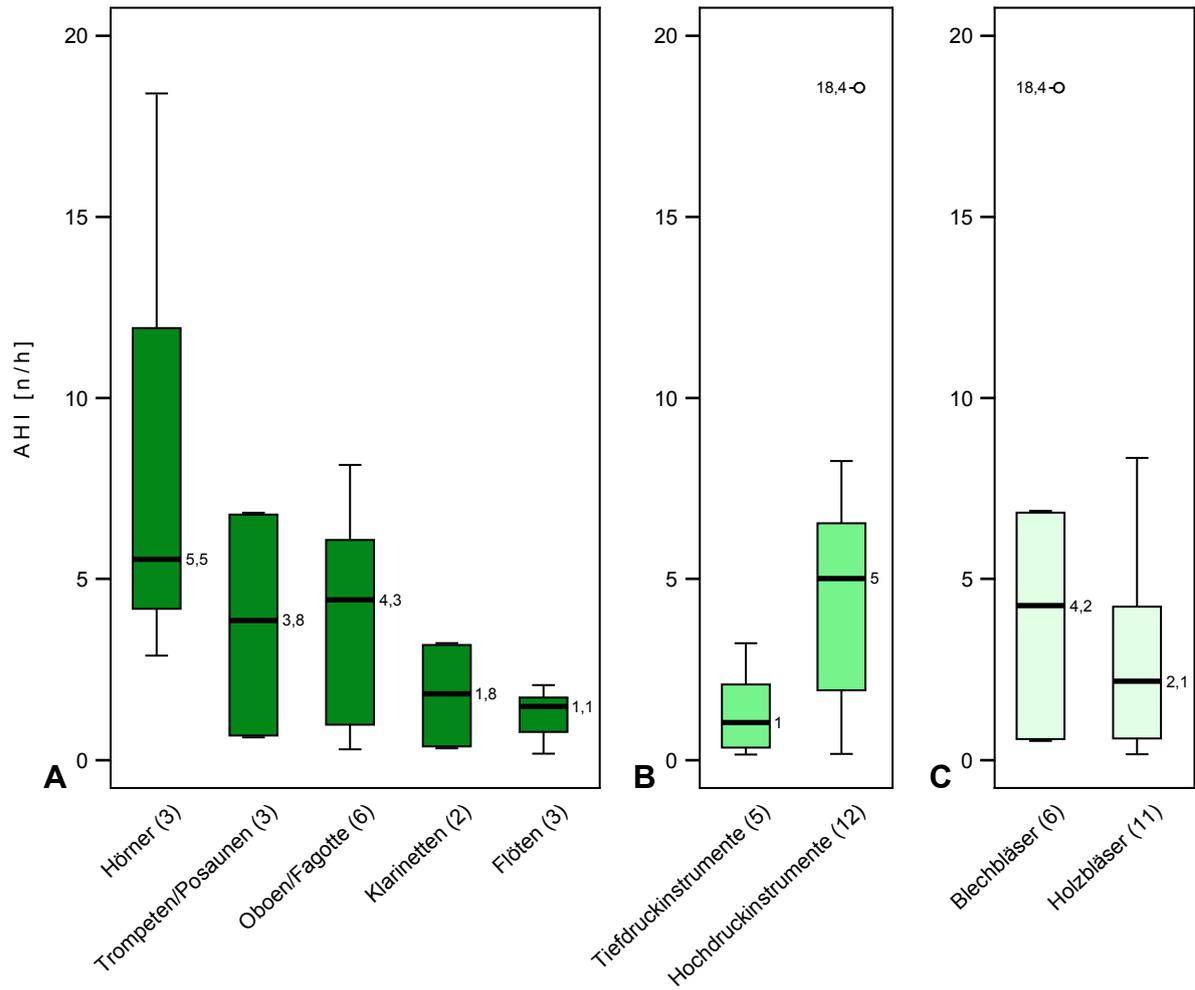


Abbildung 3-8 Boxplots des Apnoe Hypopnoe Index (AHI) der jeweiligen Instrumentengruppen mit der Probandenanzahl in Klammern

Ergebnisse

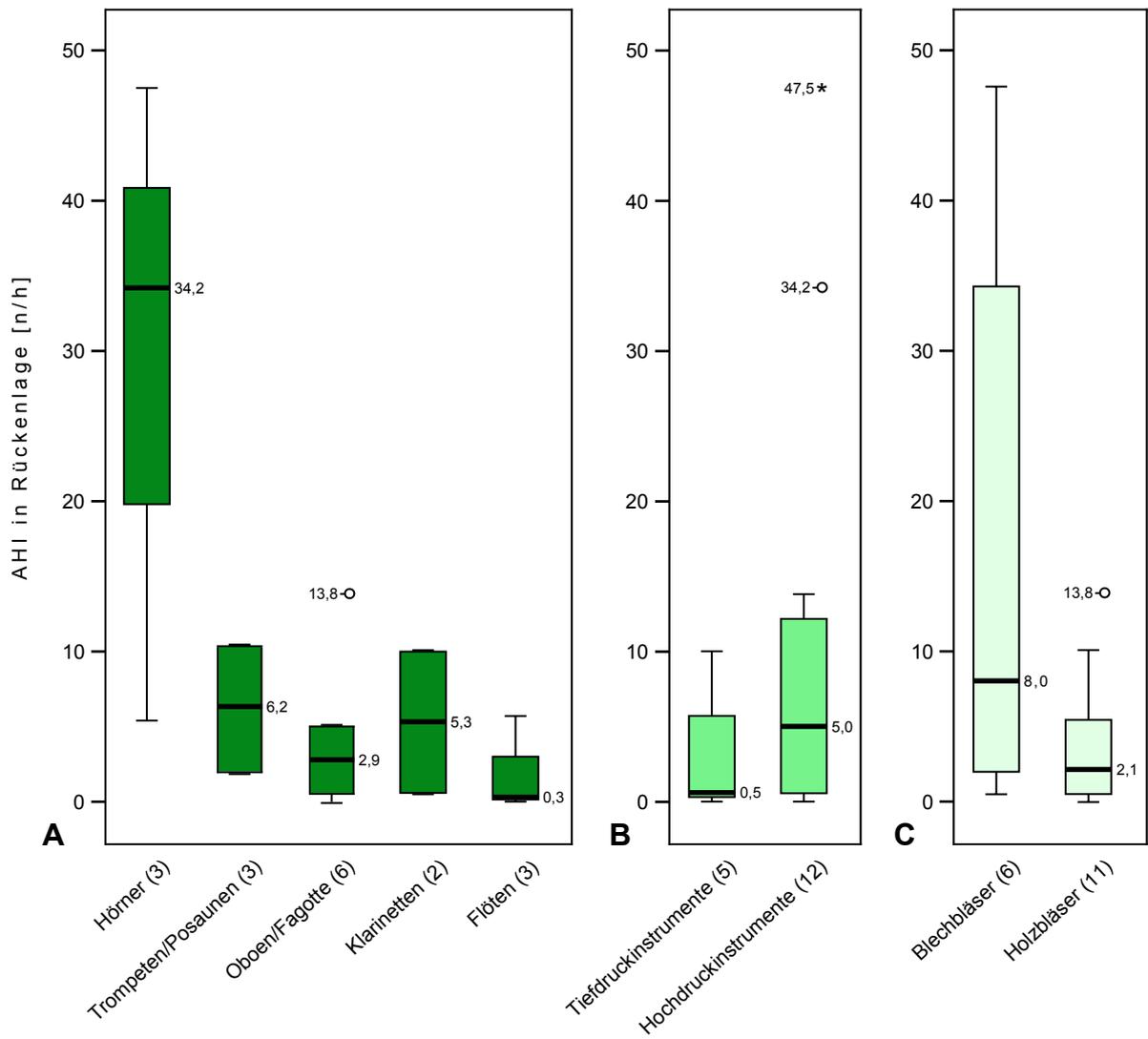


Abbildung 3-9 Boxplots des Apnoe Hypopnoe Indexes (AHI) in Rückenlage der jeweiligen Instrumentengruppen mit der Probandenanzahl in Klammern

Ergebnisse

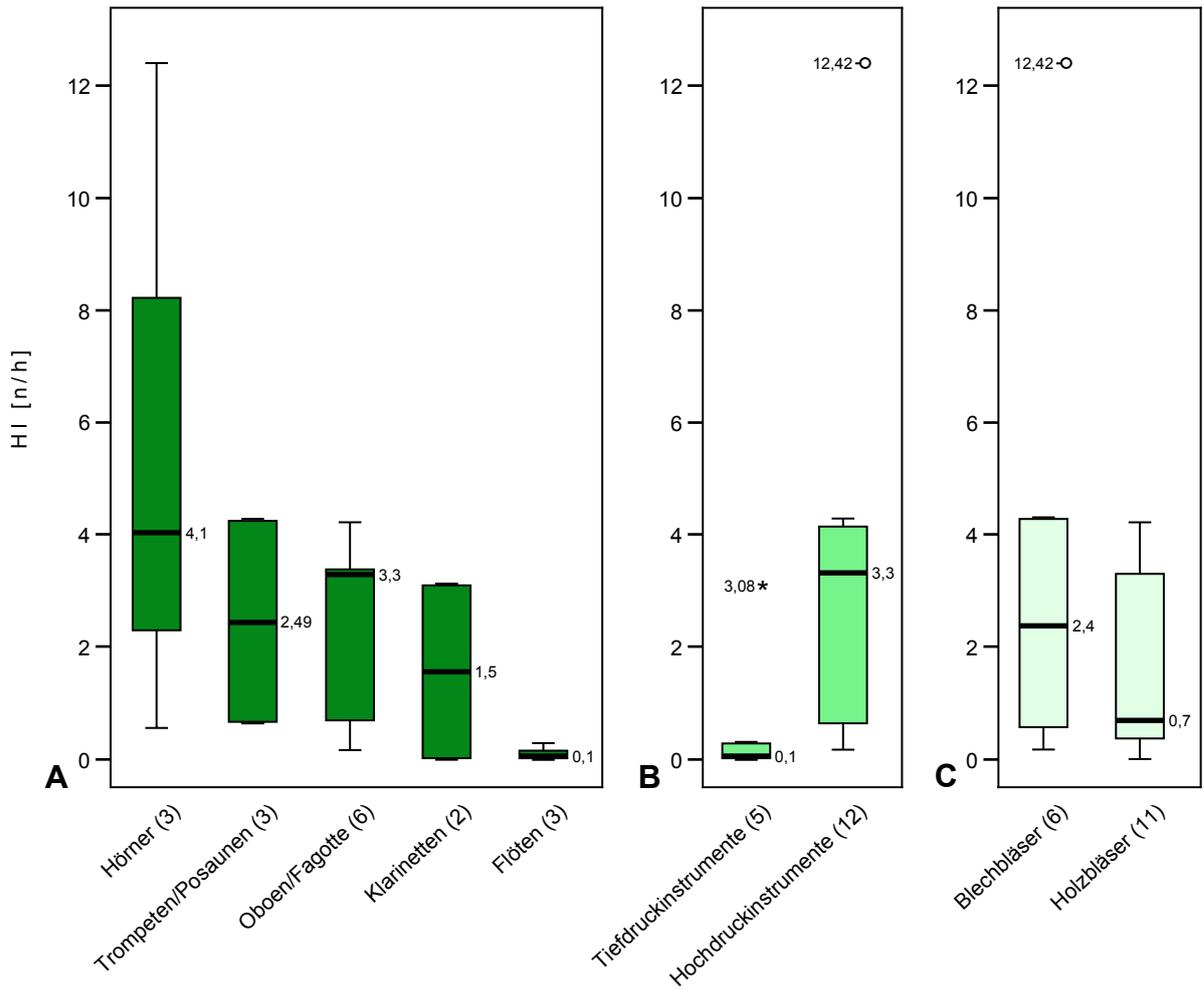


Abbildung 3-10 Boxplots des Hypopnoe Indexes (HI) der jeweiligen Instrumentengruppen mit der Probandenanzahl in Klammern. C zeigt einen signifikanten Unterschied ($p=0,014$)

Ergebnisse

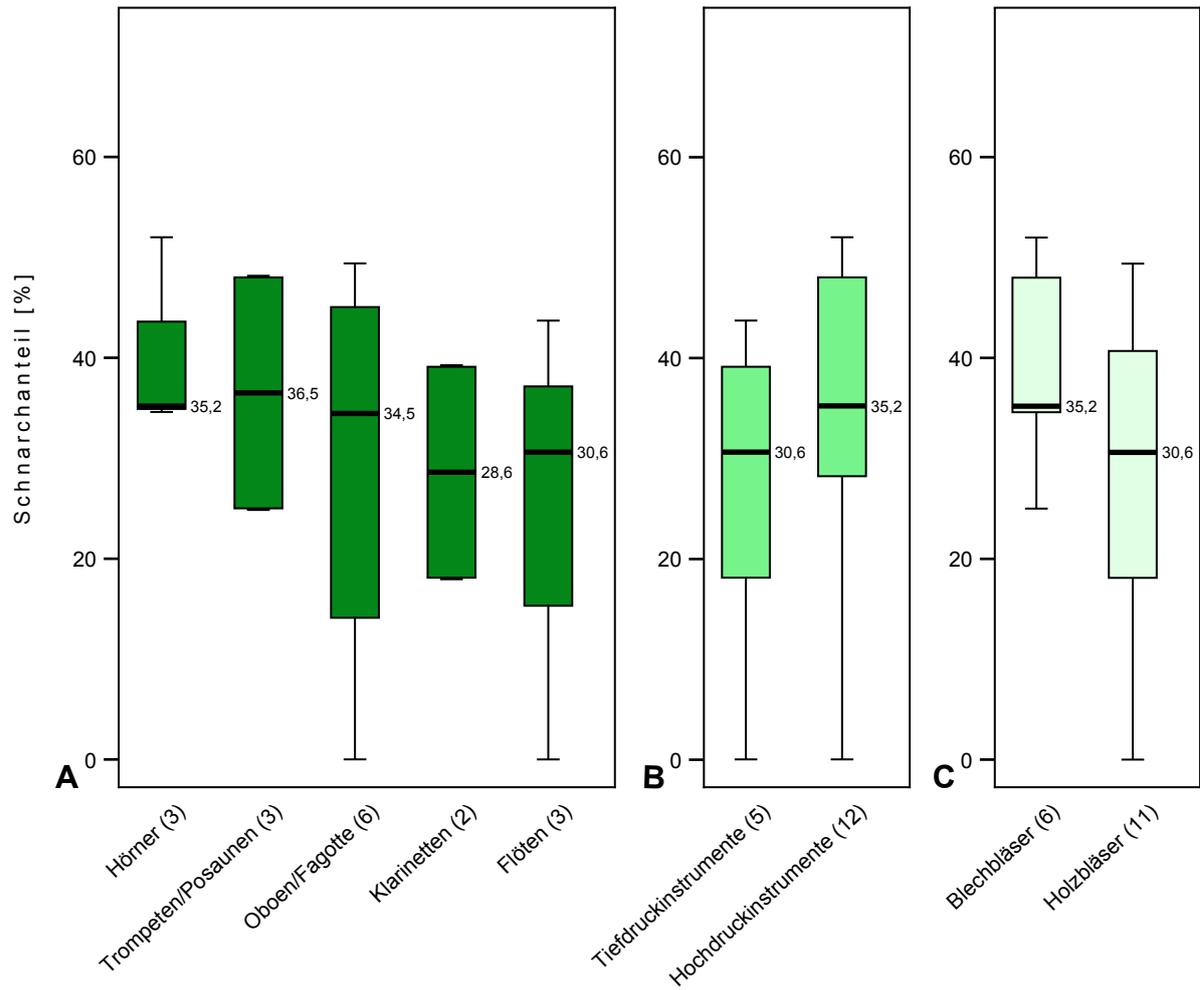


Abbildung 3-11 Boxplots des Schnarchanteils der jeweiligen Instrumentengruppen mit der Probandenanzahl in Klammern

Ergebnisse

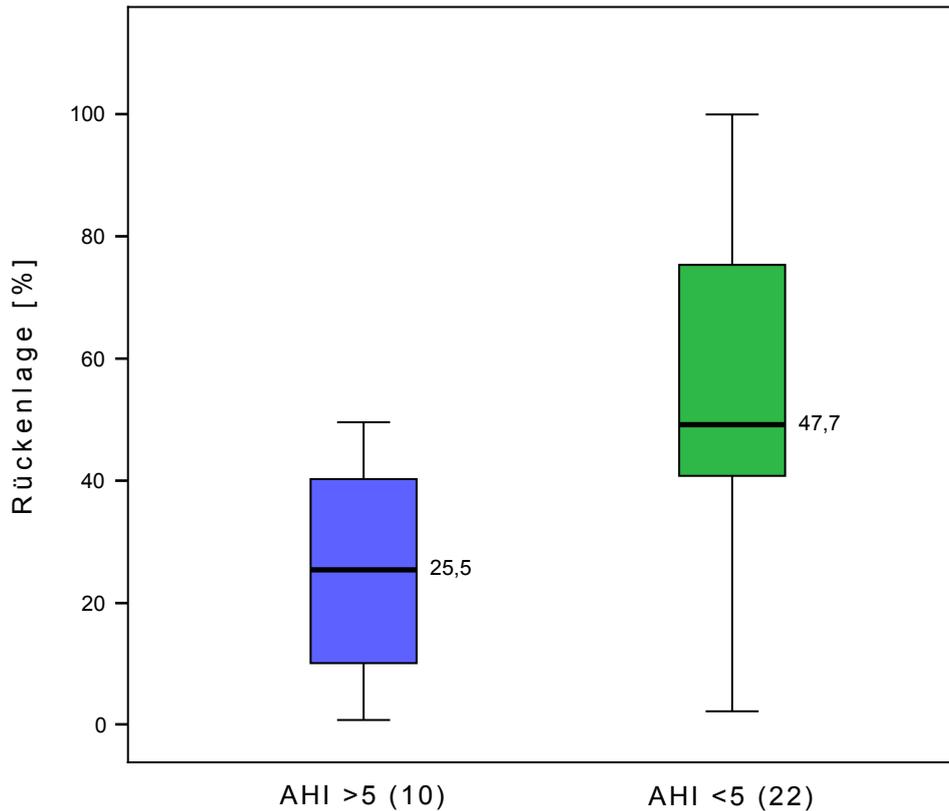


Abbildung 3-12 Boxplots des Rückenlagenanteils für AHI <5 und AHI >5 jeweils mit der Probandenzahl in Klammern

Nach Aufteilung der Musiker in zwei verschiedene AHI-Gruppen (AHI <5/h und >5/h), schlafen 47,7% der Musiker mit einem AHI von <5/h in Rückenlage und 25,5% der Musiker mit einem AHI >5/h in Rückenlage (siehe hierzu **Abbildung 3-12**).

Die **Abbildung 3-13** zeigt den Zusammenhang zwischen BMI und AHI dargestellt mittels Korrelation nach Spearman. Für die Berechnung des Zusammenhangs zwischen BMI und AHI wurden ausschließlich alle männlichen Probanden, die kein Tiefdruckinstrument spielen mit einbezogen. Der Spearman Korrelationskoeffizient beträgt 0,84 und stellt dadurch eine starke Korrelation zwischen BMI und AHI signifikant ($p=0,005$) dar. In der gleichen Abbildung wurden nachträglich die Daten der männlichen Tiefdruckbläser (zwei Klarinettenisten, ein Flötist) in Form roter Sterne und die der weiblichen Tiefdruckbläser (zwei Flötistinnen) in Form violetter Sterne hinzugefügt. Diese Daten gingen nicht mit in die Korrelations-Berechnung ein. An der Position der roten Sterne ist eine deutliche Abweichung des Zusammenhangs zwischen AHI und BMI zu erkennen.

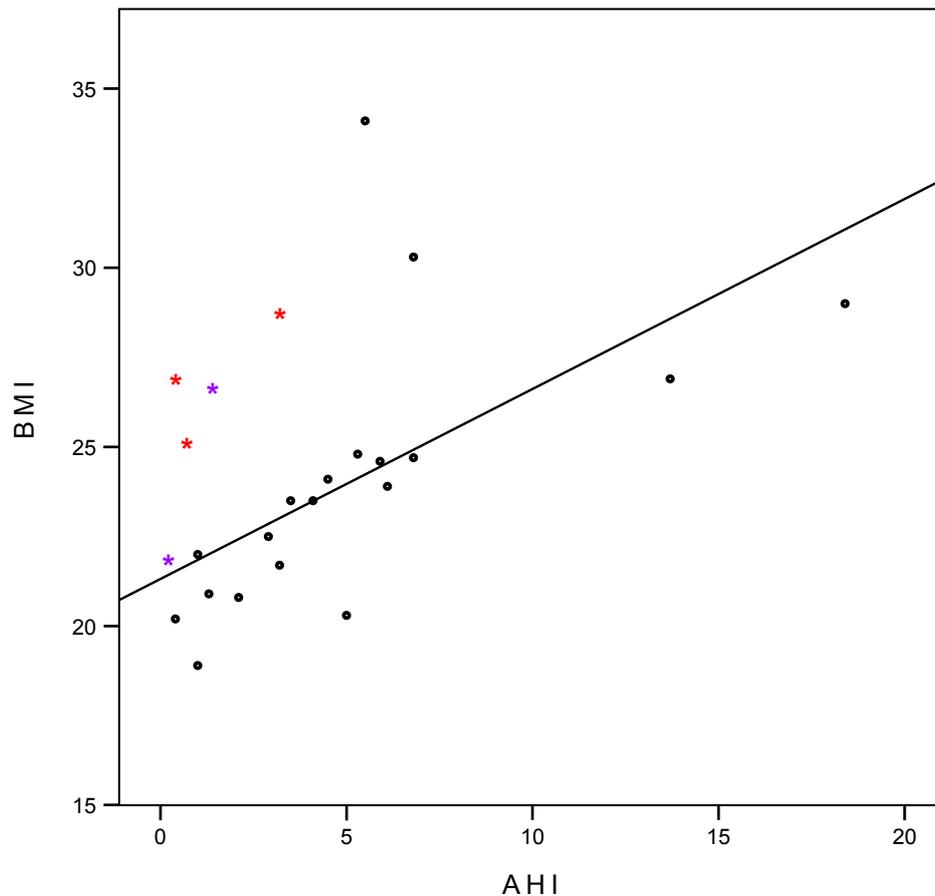


Abbildung 3-13 Korrelation von AHI und BMI. Die roten Sterne zeigen die männlichen (ein Flötist und zwei Klarinettenisten) und die violetten Sterne die Musikerinnen (zwei Flötistinnen) mit einem Tiefdruckinstrument (<40 mmHg). Diese wurden nicht in die Korrelationsberechnung mit einbezogen. Der Spearman Korrelationskoeffizient der männlichen Probanden (ohne Tiefdruckinstrumentenspieler) beträgt 0,84

3.4 Schlafeffizienz und Schlafqualität der Musiker

Die Schlafqualität wurde mittels Schlafeffizienz in der Polysomnographie (PSG) sowie anhand des Fragebogens PSQI ermittelt. Die Schlafeffizienz bezieht sich auf die Gesamtschlafzeit (TST) und befindet sich bei den Musikern im Median bei 84,6% (1.Quartil: 81,4%; 3.Quartil: 90,4%). Im Vergleich zu den gesunden Schläfern zeigt sich ein signifikanter Unterschied in der Schlafeffizienz mit $p < 0,001$ (siehe dazu **Abbildung 4-1**). Der Vergleich der Schlafeffizienzen zwischen Bläser- und Streichergruppe ist in **Abbildung 3-14** in Form von

Ergebnisse

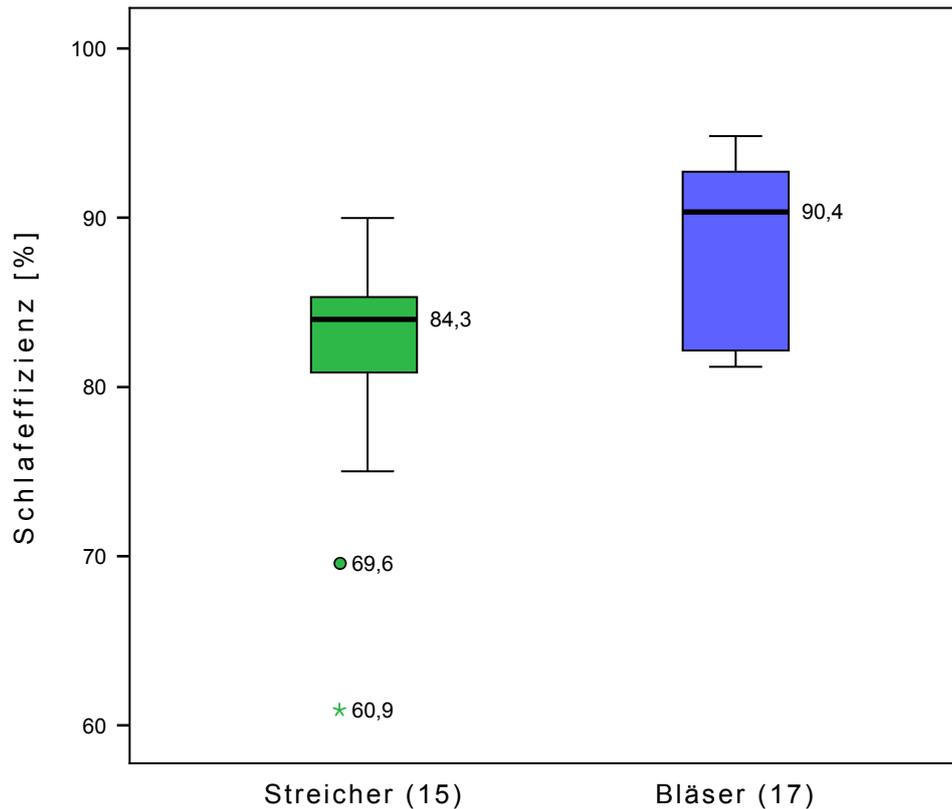


Abbildung 3-14 Boxplots der Schlaffeffizienzen (SE) aus der PSG im Vergleich der Bläser mit den Streichern mit signifikantem Unterschied: $p=0,016$

Boxplots dargestellt. Dieser Vergleich zeigt sich nach statistischer Signifikanzprüfung mittels Mann–Whitney–U–Test zweier unabhängiger Variablen signifikant ($p=0,016$).

In einer Aufspaltung der SE Ergebnisse innerhalb der Bläsergruppe zeigen sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den Gruppen der Blech– und Holzbläser mit 88,2 (1.Quartil: 81,7%; 3.Quartil: 93,1%) versus 90,5% (1.Quartil: 83,4%; 3.Quartil: 93,2%) im Median sowie der Tiefdruck– und Hochdruckbläser mit 87,6 (1.Quartil: 81,5%; 3.Quartil: 91,6%) versus 93,1% (1.Quartil: 89,2%; 3.Quartil: 94,8%) im Median. Einzig fällt das Ergebnis der Hörner aus der Reihe, da diese mit einer SE von im Median 82,2% (1.Quartil: 81,2%; 3.Quartil: 88,1%) unterhalb der übrigen Bläsergruppen liegen.

Das Ergebnis des PSQI–Fragebogens weist einen Mittelwert von $4,9 \pm 2,7$ bei allen Musikern ($n=30$) auf. **Die Abbildung 3–15** bildet die Häufigkeitsverteilung der Punktwerte aller Probanden ab. Auf der x–Achse sind die Punktwerte und auf der y–Achse die Probandenanzahl aufgetragen.

Ergebnisse

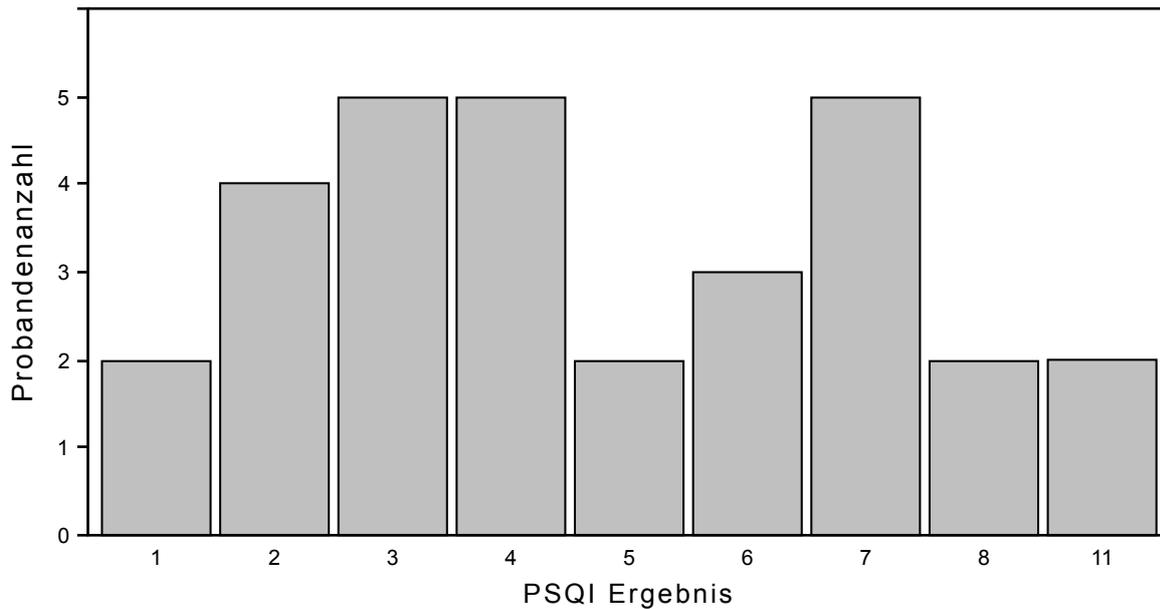


Abbildung 3-15 Häufigkeitsverteilung der PSQI Ergebnisse in Punktwerten von 30 Musiker. Bei 2 Probanden konnte kein Ergebnis ermittelt werden.

Eine Gesamtwertdarstellung als Mittelwert aller Musiker im Balkendiagramm wird in der **Abbildung 3-16** dargestellt und die **Abbildung 3-17** zeigt das PSQI Ergebnis im Kreisdiagramm mit Darstellung der verschiedenen Schlafqualitätsgruppen aufgeteilt nach den PSQI Punktwerten. Betrachtet man die beiden Gruppen der Bläser und Streicher getrennt, so zeigen die Streicher einen Mittelwert von $4,9 \pm 2,1$ bei 14 ausgewerteten Fragebögen und die Bläser einen Mittelwert von $4,8 \pm 3$ bei 16 ausgewerteten Fragebögen. Damit liegen beide Gruppen knapp innerhalb des Bewertungsraumes gesunder Schläfer mit einem Wert von <5 .

Die Kreisdiagramme der **Abbildungen 3-18** und **3-19** zeigen den Unterschied zwischen Bläsern und Streichern mit Darstellung der verschiedenen Schlafqualitätsgruppen aufgeteilt nach den PSQI Punktwerten. Hierbei weisen mehr Bläser (neun Probanden über fünf Punkte) als Streicher (fünf Probanden über fünf Punkte) eine schlechte Schlafqualität auf. Unter den Streicher sind mit 60% damit mehr gesunde Schläfer. Insgesamt befinden sich 10 Musiker (31%) im klinisch auffälligen Bereich und 2 (6%) liegen als chronisch schlechte Schläfer im klinisch relevanten Bereich.

Ergebnisse

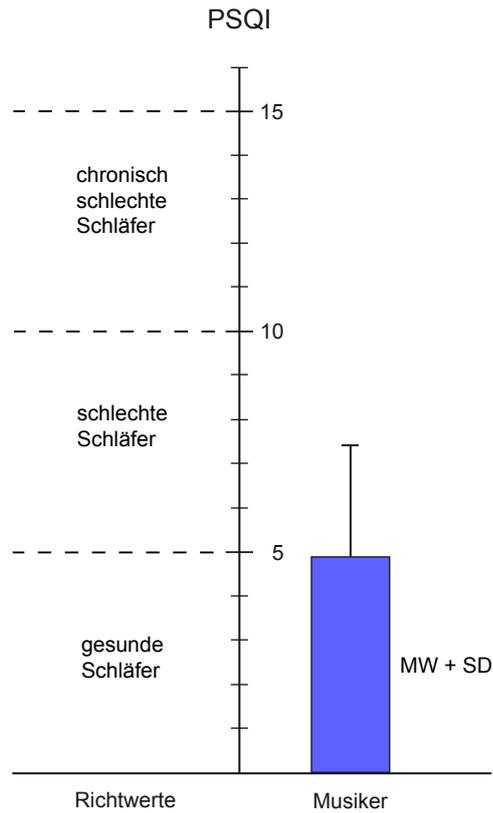


Abbildung 3-16 PSQI Ergebnisse aller Musiker im Balkendiagramm als Mittelwert und Standardabweichung ($4,9 \pm 2,7$) mit vergleichenden Richtwerten. Bei 2 Probanden konnte kein Ergebnis ermittelt werden.

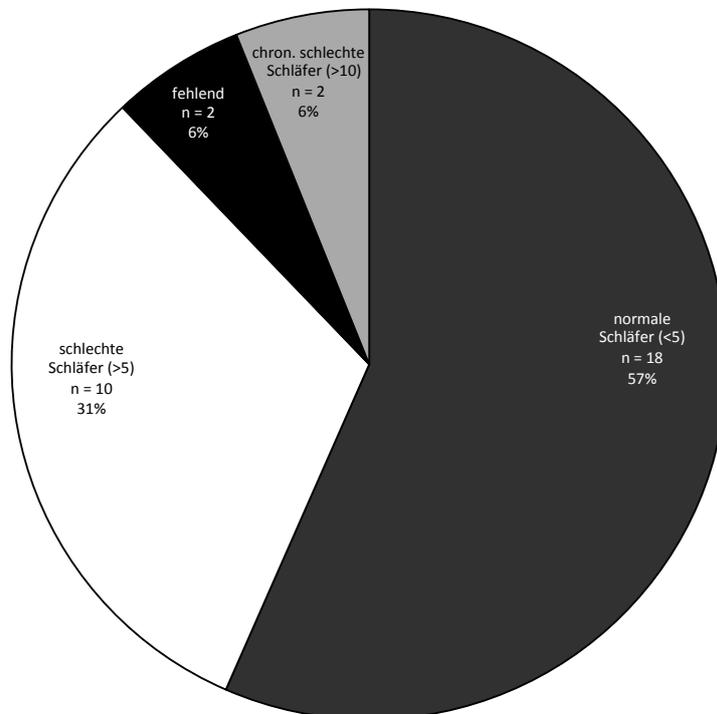


Abbildung 3-17 PSQI Ergebnisse aller Musiker im Kreisdiagramm. Bei 2 Probanden konnte kein Ergebnis ermittelt werden.

Ergebnisse

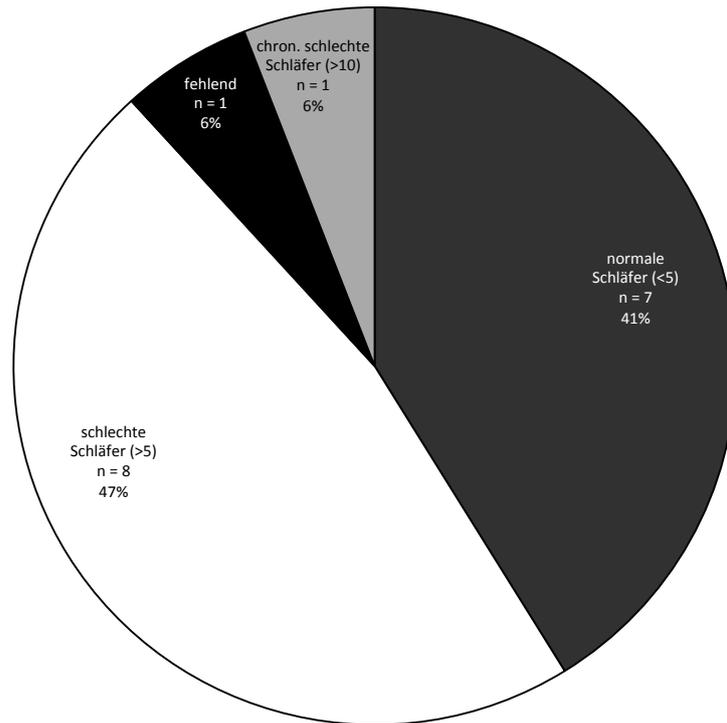


Abbildung 3-18 PSQI Ergebnisse der Bläsergruppe (n = 16) im Kreisdiagramm. Bei 1 Probanden konnte kein Ergebnis ermittelt werden.

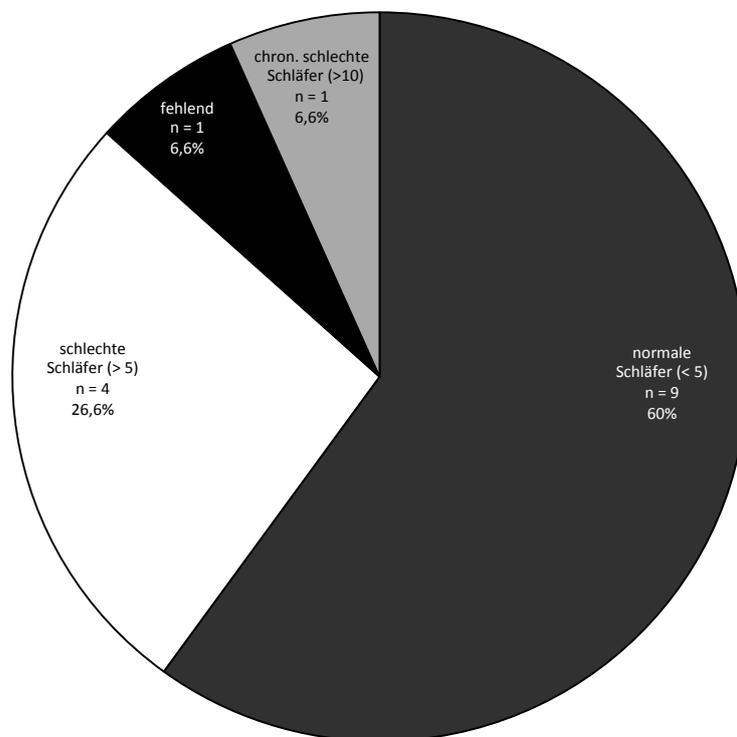


Abbildung 3-19 PSQI Ergebnisse der Streichergruppe (n = 14 Musiker) im Kreisdiagramm. Bei 1 Probanden konnte kein Ergebnis ermittelt werden.

Ergebnisse

In der **Tabelle 3–13** werden die PSQI Ergebnisse innerhalb der Bläsergruppe aufgeteilt in Blech– und Holzbläser sowie in Tiefdruck– und Hochdruckbläser in Form von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) dargestellt.

Tabelle 3-13 PSQI Ergebnisse innerhalb der Bläsergruppe

PSQI	MW ± SD
Gesamt	4,9 ± 2,7
Blechbläser	6 ± 3,5
Holzbläser	4,1 ± 2,6
Hochdruckbläser	5,1 ± 3,2
Tiefdruckbläser	4,2 ± 2,6
Bläser	4,8 ± 3
Streicher	4,9 ± 2,3

Vergleicht man die Ergebnisse aus dem PSQI–Fragebogen mit denen aus der Polysomnographie gemessenen Daten zur Schlafeffizienz, zeigt sich im direkten Vergleich zwischen der Gruppe mit einem unauffälligen PSQI Punktwert und der Gruppe mit einem erhöhten PSQI Punktwert von >5 Punkten ein geringer nicht signifikanter Unterschied in Form einer niedrigeren SE in der Gruppe mit erhöhten PSQI Werten (siehe **Abbildung 3–20**). Wie in der **Abbildung 3–21** zu sehen, besteht diesbezüglich keine Korrelation zwischen der Schlafeffizienz aus der PSG–Messung und der PSQI Ergebnisse mit einem Korrelationskoeffizienten von -0,16.

Ergebnisse

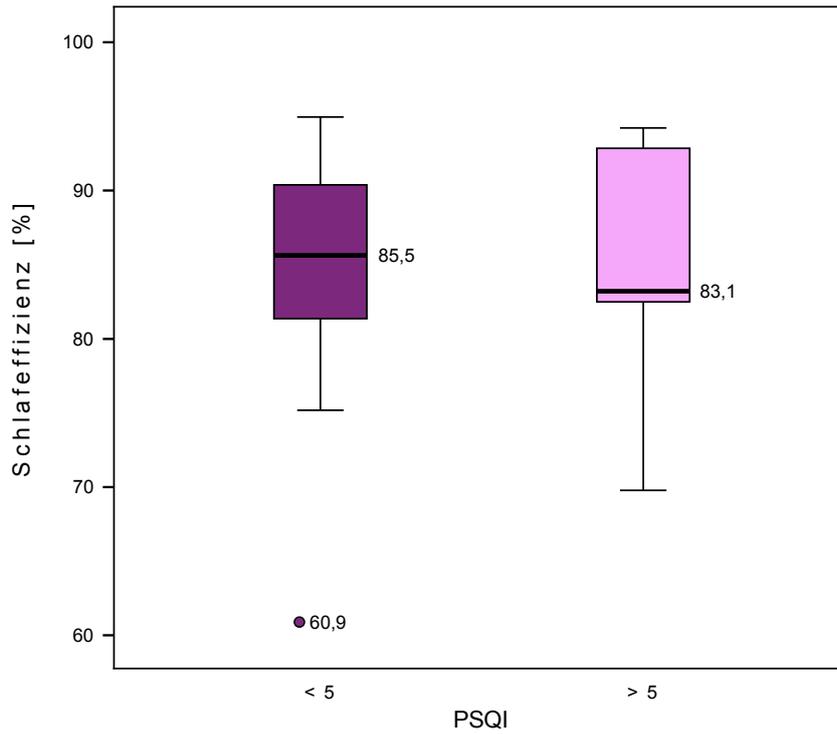


Abbildung 3-20 Darstellung der Schlafeffizienz [% (TST)] aufgeteilt nach den PSQI Gruppen: <5 Punkten und >5 Punkten

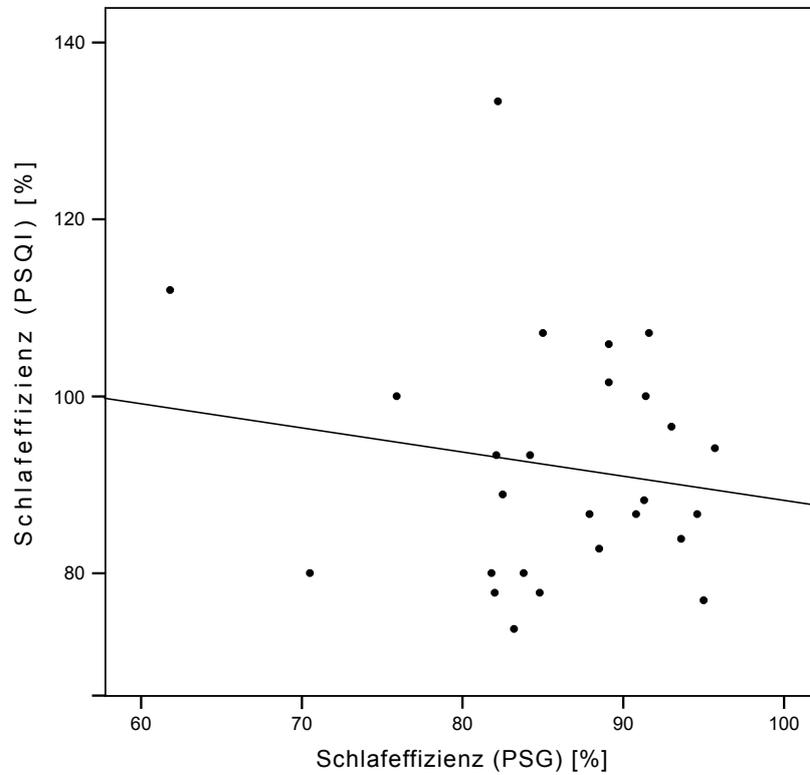


Abbildung 3-21 Korrelation der Schlafeffizienzen des PSQI-Fragebogens und der Polysomnographie.

3.5 Chronotyp der Musiker (D-MEQ)

In der Auswertung des D-MEQ ergibt sich für 56% der Probanden ein Normaltyp ohne Ausprägung zum Morgen- oder Abendtyp, 20% hatten eine Ausprägung zum moderaten bzw. definitiven Abendtyp. Die Ergebnisse aller Musiker werden in der **Abbildung 3-22** dargestellt. Die Ausprägung der Normaltypen von >50% entspricht in etwa der Verteilung innerhalb der Normalbevölkerung.³

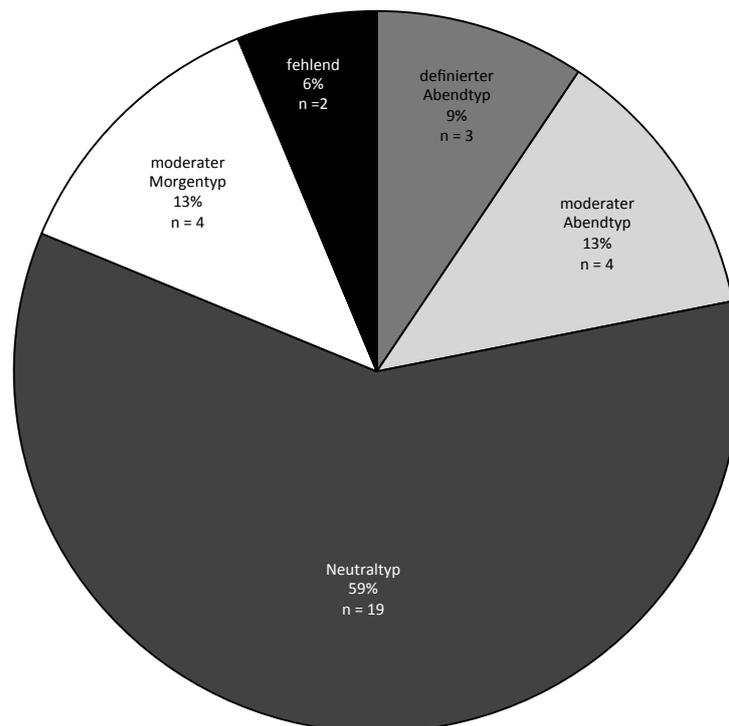


Abbildung 3-22 D-MEQ Ergebnisse zum Chronotyp aller Musiker mit den Gruppen: Neutraltyp, moderater Abendtyp, definitiver Abendtyp und moderater Morgentyp. Keiner der Probanden zeigt die Merkmale eines definitiven Morgentyps. Bei 2 Probanden konnte kein Ergebnis ermittelt werden.

Die **Tabelle 3-14** fasst die Ergebnisse aufgeteilt in die Gruppen Blech- und Holzbläser, Hochdruck- und Tiefdruckbläser sowie Bläser- und Streichergruppe jeweils dargestellt in Mittelwert und Standardabweichung zusammen.

Ergebnisse

Tabelle 3-14 D–MEQ Ergebnisse innerhalb der Bläsergruppe

D–MEQ Gesamt	47,5 ± 10 %
Blechbläser	53,8 ± 6,2 %
Holzbläser	47,8 ± 7,9 %
Hochdruckbläser	50,6 ± 7,2 %
Tiefdruckbläser	46,4 ± 8,9 %
Bläser	49 ± 7,9 %
Streicher	45,3 ± 11,6 %

3.6 Tagesschläfrigkeit der Musiker (ESS)

Die **Tabelle 3–15** zeigt die Ergebnisse des ESS–Fragebogen jeweils in Mittelwert und Standardabweichung. Es werden hier ebenfalls die Teilergebnisse von Blech– und Holzbläsern, Hochdruck– und Tiefdruckbläsern sowie der Bläser– und Streichergruppe gesondert dargestellt.

Tabelle 3-15 ESS Ergebnisse innerhalb der Bläsergruppe

ESS Gesamt	7,4 ± 3,4
Blechbläser	9,6 ± 3,3
Holzbläser	6,6 ± 3,1
Hochdruckbläser	8,3 ± 3,3
Tiefdruckbläser	4,3 ± 1
Bläser	7,8 ± 3,4
Streicher	6,9 ± 3,4

Ein Wert von <7 entspricht einer Tagesmüdigkeit bei Schlafgesunden. Nach der Auswertung von *Johns*¹¹⁰ besteht eine erhöhte Tagesmüdigkeit bei >10 Punkten, wobei Punkte zwischen 0 und 7 im normalen Bereich liegen, so dass sich zwischen 7 und 10 eine Grauzone ergibt. Die Bläsergruppe zeigt damit einen Mittelwert, welcher nach dieser Definition in der Grauzone zwischen Normbereich und erhöhter Tagesmüdigkeit liegt. Die Streicher liegen mit einem Mittelwert von <7 innerhalb der Norm. Insgesamt kann bei 25% der Probanden eine erhöhte Tagesmüdigkeit mit einem Wert von >10 gewertet werden. Keiner der Probanden hat mit einem Wert >15 eine krankhaft erhöhte Tagesschläfrigkeit. 69% der Probanden weisen mit einem Wert von <10 ein Ergebnis ohne erhöhte Tagesschläfrigkeit auf.

Ergebnisse

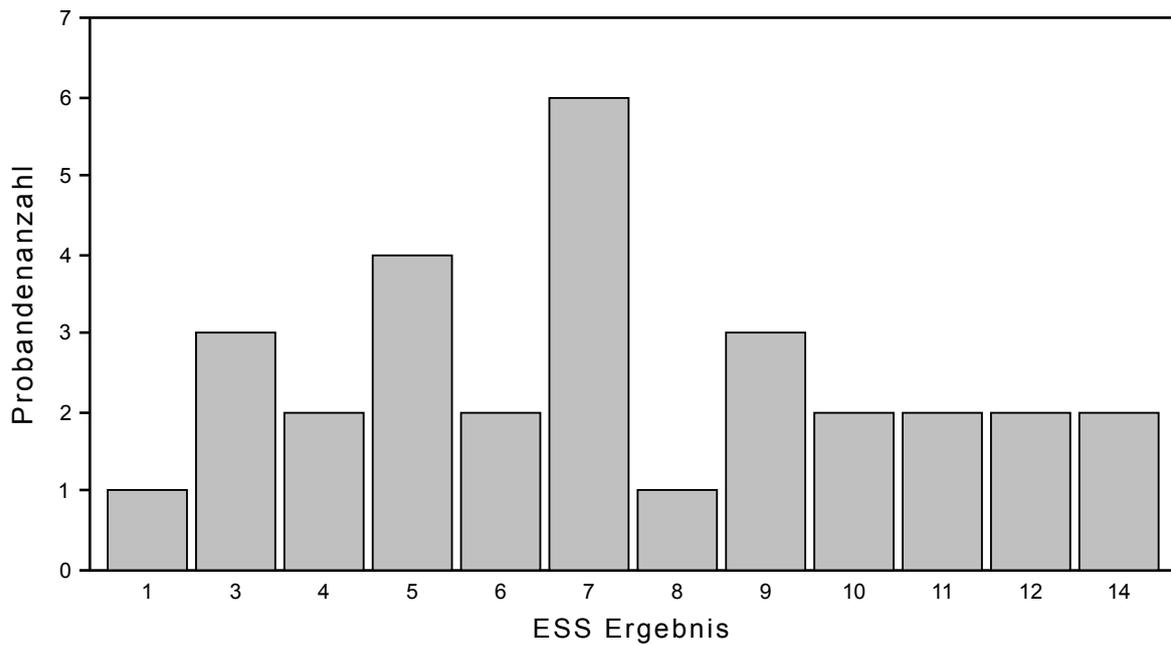


Abbildung 3-23 Häufigkeitsverteilung der Epworth Sleepiness Scale (ESS) Ergebnisse in Punktwerten von 30 Musikern. Bei 2 Probanden konnte kein Ergebnis ermittelt werden

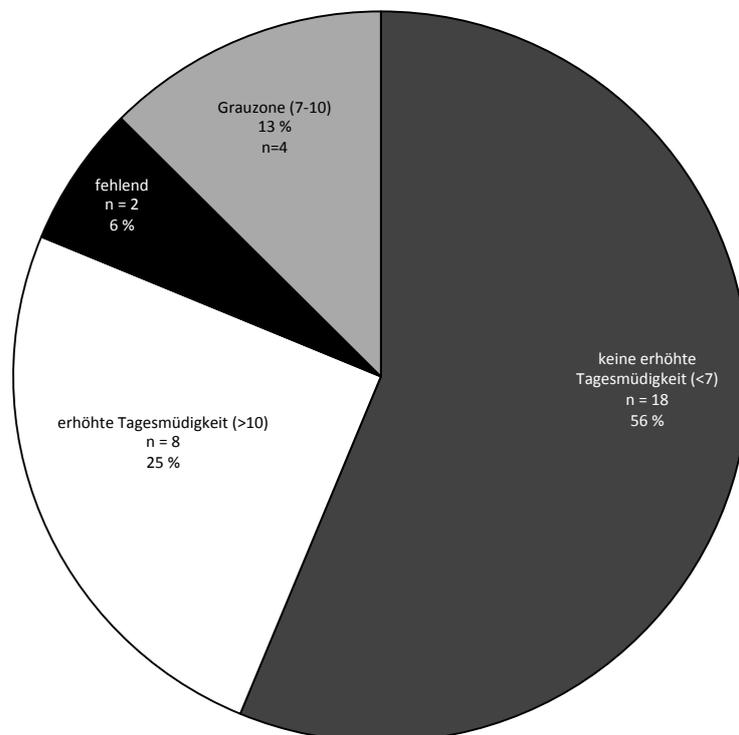


Abbildung 3-24 ESS Ergebnisse aller Musiker im Kreisdiagramm mit den Gruppen: keine erhöhte Tagesmüdigkeit mit einem Punktwert <7, Grauzonenbereich von zwischen 7 und 10 sowie erhöhte Tagesmüdigkeit mit einem Punktwert > 10. Bei 2 Probanden konnte kein Ergebnis ermittelt werden.

Ergebnisse

In der **Abbildung 3–23** wird die Verteilung der einzelnen Ergebnisse aller Probanden in ihrer Häufigkeit pro Punktwert dargestellt. Auf der x–Achse sind die erreichten Punktwerte der ESS und auf der y–Achse die Probandenanzahl aufgetragen. In der **Abbildung 3–25** werden die Ergebnisse der ESS aller Musiker mit Mittelwert und Standardabweichung im Kreisdiagramm dargestellt und das Balkendiagramm der **Abbildung 3–24** zeigt die ESS Ergebnisse abhängig von den ESS Richtwerten.

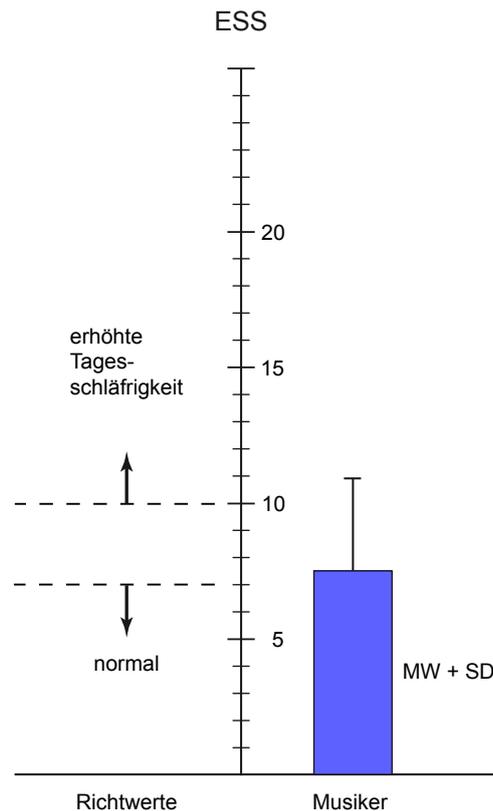


Abbildung 3-25 ESS Ergebnisse aller Musiker im Balkendiagramm aller Musiker als Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) mit Richtwerten dargestellt im Balkendiagramm. MW=7,4 .SD=3,4

Zu den ESS Resultaten zeigt die **Abbildung 3–26** eine übersichtliche Boxplot–Darstellung der Ergebnisse aufgeteilt in die unterschiedlichen Instrumentengruppen. Die Holzbläser zeigen einen ESS Median von 5,5 (1.Quartil: 4,3; 3.Quartil: 9,3) und die Blechbläser von 10 (1. Quartil: 7,6; 3. Quartil: 11,8) Punktwerten. Im Vergleich der ESS Ergebnisse zwischen Tiefdruck– und Hochdruckbläsern findet sich nach statistischer Prüfung mittels Mann–Whitney–U–Test eine Signifikanz von $p=0,008$. Zu beachten sind hierbei die kleinen Fallzahlen.

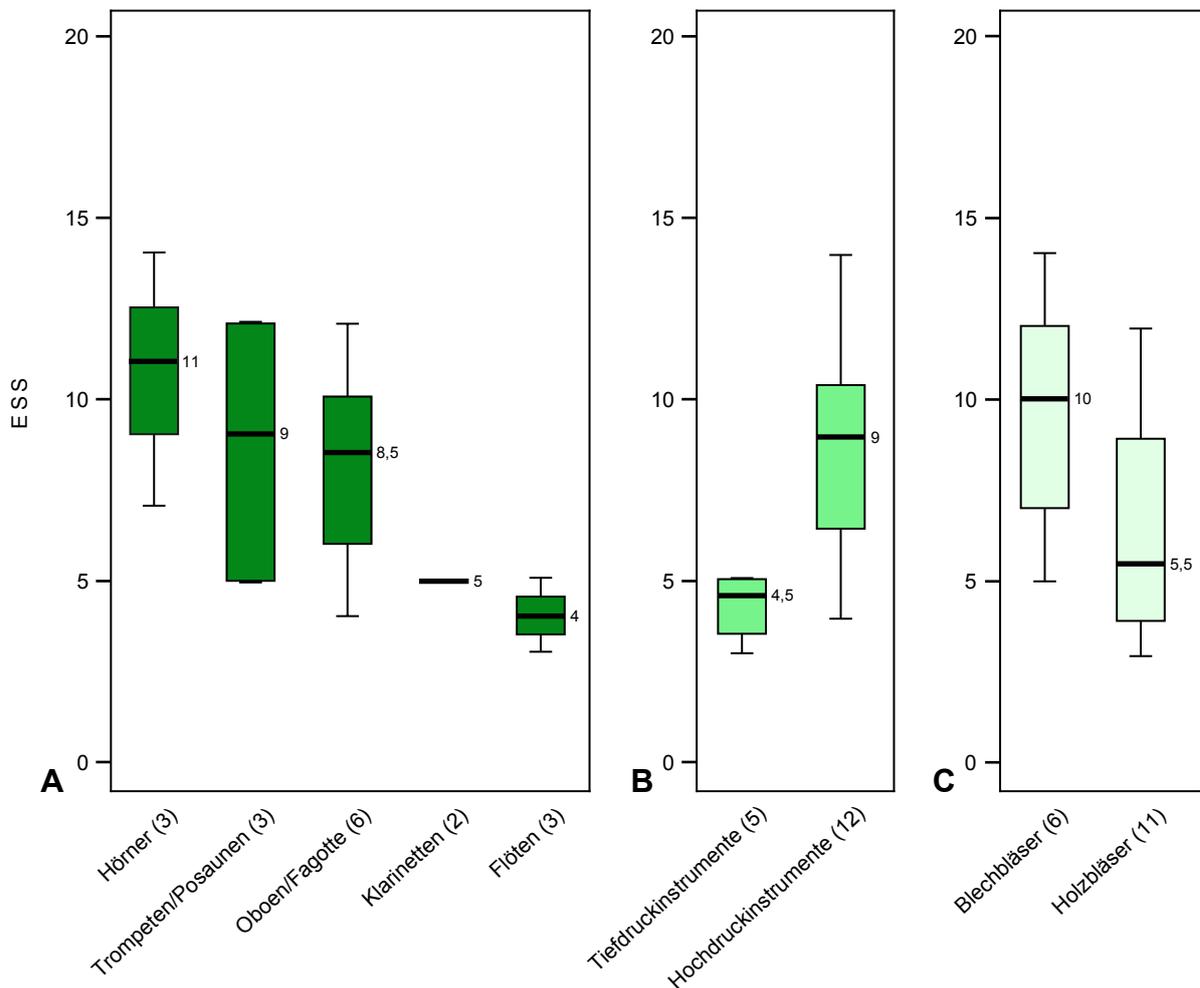


Abbildung 3-26 ESS der jeweiligen Instrumentengruppen mit der Probandenanzahl in Klammern. Der Vergleich der Tiefdruck- und Hochdruckbläser zeigt einen signifikanten Unterschied mit $p=0,008$.

3.7 Spezifische Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter (FEPS-II)

Die Ergebnisse des Fragebogens zur „Erfassung spezifischer Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter II“ wurden in 2 Gruppen eingeteilt: „Fokussieren“ und „Grübeln“. Die **Abbildungen 3-27** und **3-28** zeigen die Häufigkeitsverteilung der beiden Gruppen des Gesamtkollektivs. Auf der x-Achse sind jeweils die Punktwerte des FEPS-II aufgetragen und auf der y-Achse die Probandenanzahl.

Ergebnisse

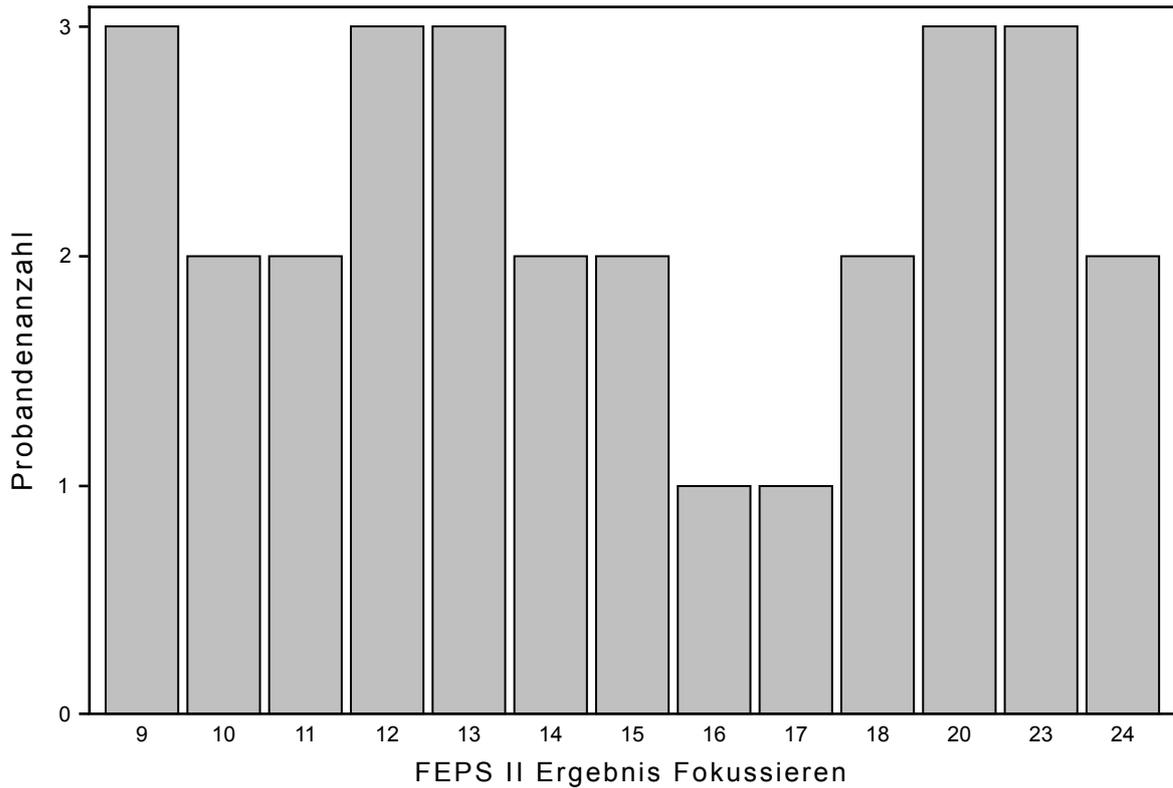


Abbildung 3-27 Häufigkeitsverteilung der FEPS-II Ergebnisse „Fokussieren“ von 29 Musikern. Bei 3 Probanden konnte kein Ergebnis ermittelt werden.

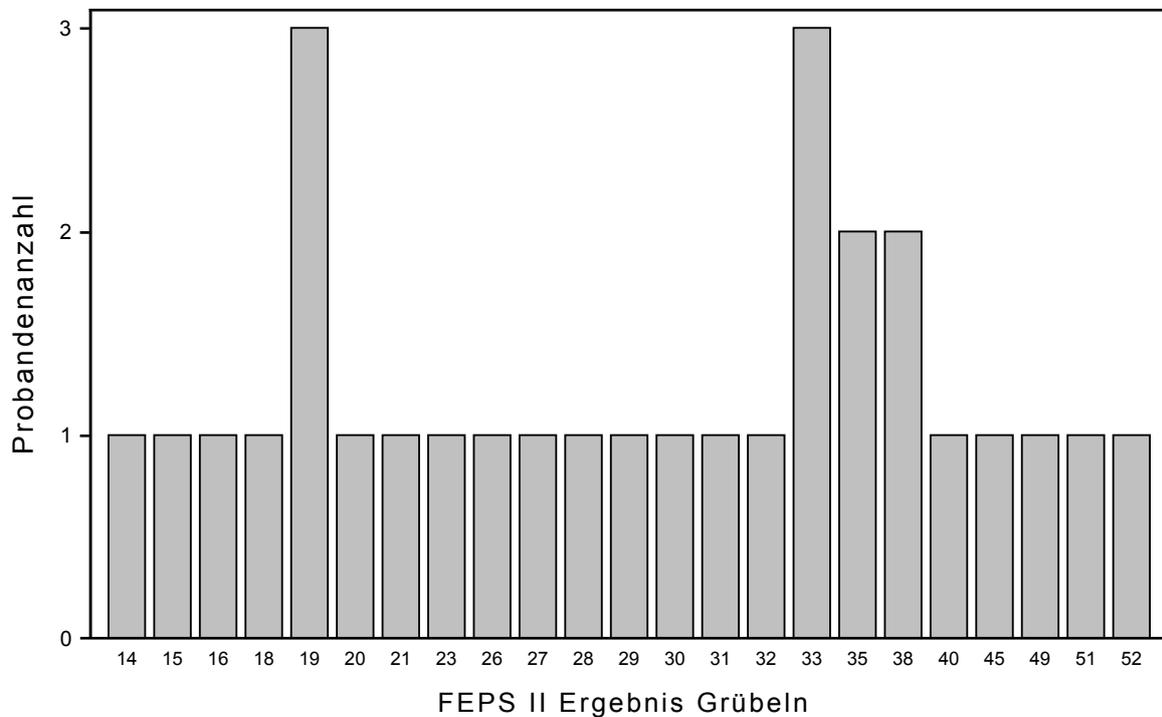


Abbildung 3-28 Häufigkeitsverteilung der FEPS-II Ergebnisse „Grübeln“ von 29 Musikern. Bei 3 Probanden konnte kein Ergebnis ermittelt werden.

Ergebnisse

Da die Auswertung des FEPS–II mittels geschlechtsspezifischer Staninetabelle erfolgte, werden in der **Tabelle 3–17** die Ergebnisse sowohl gruppen– als auch geschlechtsspezifisch dargestellt. Hier zeigen sich bei den Musikern Werte, welche innerhalb der mittleren Stanine für Schlafgesunde liegen. Im Vergleich der Gruppe der Bläser mit der Gruppe der Streicher gibt es bis auf eine Ausnahme keine größeren Unterschiede. Die weiblichen Streicher bilden sich für das Merkmal „Grübeln“ unterhalb des 4. Stanins für Schlafgesunde ab, während die weiblichen Bläser für das Merkmal „Grübeln“ auf dem 6. Stanin liegen.

Tabelle 3-16 FEPS–II Ergebnisse für die Merkmale „Fokussieren“ und „Grübeln“ mit geschlechterspezifischem 5. Stanin als Vergleichswert jeweils als Mittelwert und Standardabweichung

FEPS–II	Bläser	Streicher	Stanin 5 Schlafgesunde Männer	Bläser	Streicher	Stanin 5 Schlafgesunde Frauen
	Männer	Männer		Frauen	Frauen	
Fokussieren	15,5 ± 5	14,3 ± 4,9	18	18,8 ± 4,6	18,2 ± 10,2	20
Grübeln	31,3 ± 10,2	24,9 ± 10,5	29	40,3 ± 12	28 ± 7,4	34

4 Diskussion

Den Beginn der Diskussion bilden die Methodendiskussion sowie die Limitationen der Studie. Weiterführend wird die Diskussion analog zur Ergebnisstruktur in zwei Teile gegliedert. Der erste Teil betrifft den Vergleich der polysomnographischen Schlafparameter von 32 Musikern mit einem Vergleichskollektiv von 32 Schlafgesunden sowie dessen Diskussion. Hierbei werden die Parameter zur Schlafarchitektur und Schlaflatenzen, zur Schlafdauer, zu den periodischen Beinbewegungen und zur Körperlage strukturiert miteinbezogen. Der zweite Teil vergleicht die Atmungsparameter der Bläser mit denen der Streicher und diskutiert diese zusammen mit einer erweiterten Analyse einzelner Subgruppen innerhalb der Bläsergruppe. Die darin enthaltene Diskussion des Vergleichs der Atmung zwischen Tiefdruck- und Hochdruckbläsern wird zudem durch einen Exkurs zu den Anblasdrücken der einzelnen Blasinstrumente erweitert. Separat betrachtet und diskutiert werden außerdem die Ergebnisse zur Schlafqualität und Schlafeffizienz, zum Chronotyp, zur Tagesschläfrigkeit der Musiker sowie die Ergebnisse des FEPS-II-Fragebogens. Den Abschluss bildet ein Blick auf die Überschneidungen und Verbindungen zu den Ergebnissen der verschiedenen Fragebogen.

4.1 Methodendiskussion

4.1.1 Polysomnographie

Die Polysomnographie ist der Goldstandard, um Schlafstörungen zu detektieren und Schlafzyklen darzustellen. Diese objektive Methode stellt gegenüber den Studien von *Puhan et al.*¹ und *Brown et al.*⁶ einen großen Vorteil dar, da in diesen weniger umfassende Methoden angewendet wurden; *Puhan et al.*¹ setzten zur Bestimmung des Schlafapnoe Risikos eine Nasenkanüle mit Thermistor ein und *Brown et al.*⁶ verwendeten einen internetbasierten Fragebogen zur Erhebung der Atemaussetzer bei Orchestermusikern. In der Untersuchung von *Alberts und Laier-Groeneveld*² von 2013 wurde ein vergleichbarer Aspekt mittels einer objektiven Polygraphie angewendet, jedoch umfasste diese Untersuchung nur fünf Teilnehmer.

In der vorliegenden Studie wurde ein portables Polysomnographiegerät verwendet, so dass der Schlaf der Probanden in ihrer gewohnter Umgebung aufgezeichnet werden konnte. Mittels des portablen Polysomnographiegerätes *SOMNOcheck 2 R&K* wurde eine komplette Polysomnographie aufgezeichnet. Einzig fehlten hierbei die Videoaufzeichnung sowie eine Aufnahme durch ein Mikrofon.

Bei Messungen im Schlaflabor kommt es während der ersten Aufzeichnungsnacht zu einem sogenannten „First Night Effect“ (FNE). Aufgrund der veränderten Umgebung im Schlaflabor konnten *Agnew et al.*¹²³ in ihrer Untersuchung zwischen der ersten und zweiten polysomno-graphisch aufgezeichneten Nacht erhebliche Abweichungen messen.¹²³ Dieses Phänomen wurde ab dato als „First Night Effect“ (FNE) bezeichnet und als eine Anpassungsreaktion an veränderte Schlafbedingungen zwischen aufeinander folgende schlafmedizinische Untersuchungen beschrieben. Daher wird bei PSG-Aufzeichnungen im Schlaflabor empfohlen, die erste Nacht zu verwerfen und zur Auswertung die zweite oder dritte Nacht heranzuziehen.

Der FNE führte aufgrund der ungewöhnlichen Umgebung im Schlaflabor für den Probanden zu einer Verzögerung der Einschlafzeit (SL), einer kürzeren Gesamtschlafzeit (TST), einer schlechteren Schlafeffizienz (SE) und einer längeren Wachzeit im Schlaf (WASO). Zudem zeigte sich ein längeres S1-Stadium sowie eine verspätete REM-Latenz, vergleicht man die polysomnographischen Werte mit den Werten der darauffolgenden Nächte.^{123–126} Dagegen konnten *Coates et al.*¹²⁷, *Coble et al.*¹²⁸ und *Sharpley et al.*¹²⁹ in ihren Studien zum FNE in ambulanten polysomnographischen Untersuchungen in, für die Probanden, gewohnter Umgebung bei Schlafgesunden keine Unterschiede zu den folgenden Nächten nachweisen. Daher hielten sie eine weitere adaptive Nacht bei Gesunden für nicht erforderlich. In Untersuchungen zu älteren Probanden (>88 Jahren) mit Schlafschwierigkeiten fanden *Wauquier*^{130,131} und *Edinger et al.*¹³² multiple Effekte ohne Systematik. Dies führte sie zu der Annahme, dass der Schlafstörungstypus hierbei eine entscheidende Rolle spielen könnte. Im Rahmen einer Dissertation führte R. Gupta¹³³ eine vergleichende Untersuchung an 25 gesunden Probanden durch, um den FNE bei einer stationären im Vergleich zu einer ambulanten PSG zu untersuchen. Hierbei konnte kein FNE in einer ambulanten PSG gemessen werden.

Da in der vorliegenden Studie die polysomnographischen Untersuchungen in gewohnter Umgebung im heimischen Bett durchgeführt wurden, kann in Anbetracht der Studienlage von einer möglichen Beeinflussung durch einen FNE abgesehen werden.

Für die vorliegende Studie wurden Berufsmusiker aus einem identischen Orchester ausgewählt. Dadurch kann eine einheitliche Arbeitsgruppe mit gleichen Arbeitsbedingungen, bezüglich Arbeitsplatz, Arbeitszeiten und Kollegen gewährleistet und mögliche Fehlerquellen hierdurch vermieden werden. Die Musiker arbeiten während der Operaufführungen im Orchestergraben der Staatsoper. Die zehn letzten Untersuchungen, welche ab Oktober 2010 durchgeführt wurden, stellen hierbei jedoch eine Abweichung dar. Die Staatskapelle musste aufgrund von Restaurierungsarbeiten in das Schillertheater Berlin umziehen. Diese zehn Musiker sind bis auf eine Ausnahme Bläser. Die mögliche Beeinflussung hierdurch dürfte jedoch von

geringem Ausmaß sein, da die Musiker auch im Schillertheater in einem Orchestergraben spielen sowie nach einem ähnlichen Dienstplan arbeiten.

4.1.2 Inhaltliche und methodische Limitationen der Studie

Die vorliegende Studie wurde als Explorationsstudie geplant und durchgeführt und untersucht ein dementsprechend kleines Probandenkollektiv. Die limitierte Studienpopulation kommt dadurch zustande, dass für die Studie, Mitglieder desselben Orchesters ausgewählt wurden. Aufgrund der kleinen Probandenanzahl, insbesondere innerhalb der Subgruppen Tiefdruck- und Hochdruckbläser, können daher durch Zufallsergebnisse Tatsachen vorgetäuscht worden sein. Die Ergebnisse werden mit besonderer Vorsicht gewertet und zur Diskussion gestellt. Die Auswertung erfolgte daher vorwiegend mit Methoden der deskriptiven Statistik.

Eine Rekrutierung auf freiwilliger Basis kann die Ausgewogenheit unter den Probanden verzerrt haben. Die in die Studie einwilligenden Musiker könnten auf besondere Weise an ihrem Schlaf und ihrer Gesundheit interessiert sein und daher Ähnlichkeiten in ihrer Persönlichkeitsstruktur aufweisen. Anzunehmen ist ein eher sensibler, auf die körperlichen Bedürfnisse bedachter Charakter, welcher durch seine reizoffene Art zu unruhigem Schlaf neigt. Jedoch ist zu bedenken, dass Berufsmusiker, insbesondere solche, die in exzellenten Orchestern angestellt sind, durch ihre hohen psychischen und physischen Anforderungen in besonderem Maße auf ihre Gesundheit, Stresskompensierungsfähigkeit und körperlichen Funktionen angewiesen sind.⁶⁹ Dies kann eine insgesamt höhere Sensibilität und Behutsamkeit bezüglich physischer Einschränkungen in der Gesamtgruppe begründen sowie einen Einfluss auf den Schlaf haben. Dadurch ist eine mögliche Beeinflussung im Sinne eines Selektionsbias als gering einzuschätzen.

Zur Aufzeichnungsnacht wurde aus organisatorischen Gründen ein Abend gewählt, an dem der jeweilige Proband keinen Dienst hatte und am nächsten Morgen ausschlafen konnte. Da jedoch einige Probanden Kinder in sehr jungem Alter haben, hat dies das morgendliche Ausschlafen behindert und dadurch zu ungleichen Bedingungen geführt. Wie hoch der Anteil der Kleinkinder unter den Probanden ist, wurde nicht erfasst und kann daher nicht beurteilt werden. Da in der Anamnese nicht nach einem täglichen „Power Nap“ am Tage gefragt wurde, ist unklar, wie hoch der Anteil unter den Probanden ist, die regelmäßig einen „Power Nap“ betreiben, insbesondere jedoch vor der Aufzeichnungsnacht einen „Power Nap“ machten. Dies kann die Ergebnisse der PSG und des ESS-Fragebogens beeinflusst haben (siehe Kapitel 4.2.2).

4.2 Schlaf der Musiker

4.2.1 Vergleich der Schlafparameter zwischen Musikern und Schlafgesunden

Zum Vergleich der Schlafparameter mit einer Gruppe von Schlafgesunden wurden die Daten der Studie von *Fietze und Diefenbach*¹²² herangezogen. Die Daten der Schlafgesunden wurden alteradjustiert mit den Daten der Musiker verglichen und mittels Mann–Whitney–U–Test für nicht normal verteilte Daten statistisch auf signifikante Unterschiede geprüft.

Die **Abbildung 4–1** zeigt eine Boxplotdarstellung für die Parameter Gesamtschlafzeit (TST), Schlafperiodenzeit (SPT), Schlafeffizienz (SE), S1–, S2–Schlaf, Tiefschlaf (SWS), REM–Schlaf, Einschlafzeit (SL) und Wachzeit innerhalb der TST (WASO) jeweils im Vergleich zwischen den Musikern und den Schlafgesunden. In diesem Vergleich zeigen sich signifikante Unterschiede in der TST, SPT, SE, im REM–, S1–, S2– und SWS sowie in der SL. Die REM–Latenz, welche nicht als Boxplot dargestellt ist, beträgt für die Musiker im Median 71 Minuten und für die Schlafgesunden 66 Minuten. Dieser Unterschied ist nicht signifikant.

Die Gesamtschlafzeit (TST) ist bei den Musikern mit im Median 374,3 Minuten signifikant ($p=0,001$) kürzer. Ebenfalls signifikant kürzer als bei der Vergleichsgruppe der Schlafgesunden ist der REM–Schlaf ($p=0,011$), das Stadium S2 ($p=0,002$) und die SPT ($p=0,01$). Signifikant höhere Werte weisen indes die Tiefschlafphase ($p=0,003$), die SL ($p=0,043$) sowie das S1–Stadium ($p=0,029$) auf. Die Wachzeit während des Schlafes (WASO) ist höher als bei der Vergleichsgruppe, jedoch ohne signifikanten Unterschied.

Unter Berücksichtigung der kleinen Probandenzahl zeigen sich im Vergleich zu den Schlafgesunden aus der Normalbevölkerung zusammenfassend bei den Musikern kürzere Zeiten in TST, TIB, im REM– und S2–Schlaf sowie längere Werte in der SL, WASO, im SWS und S1–Schlaf

Diskussion

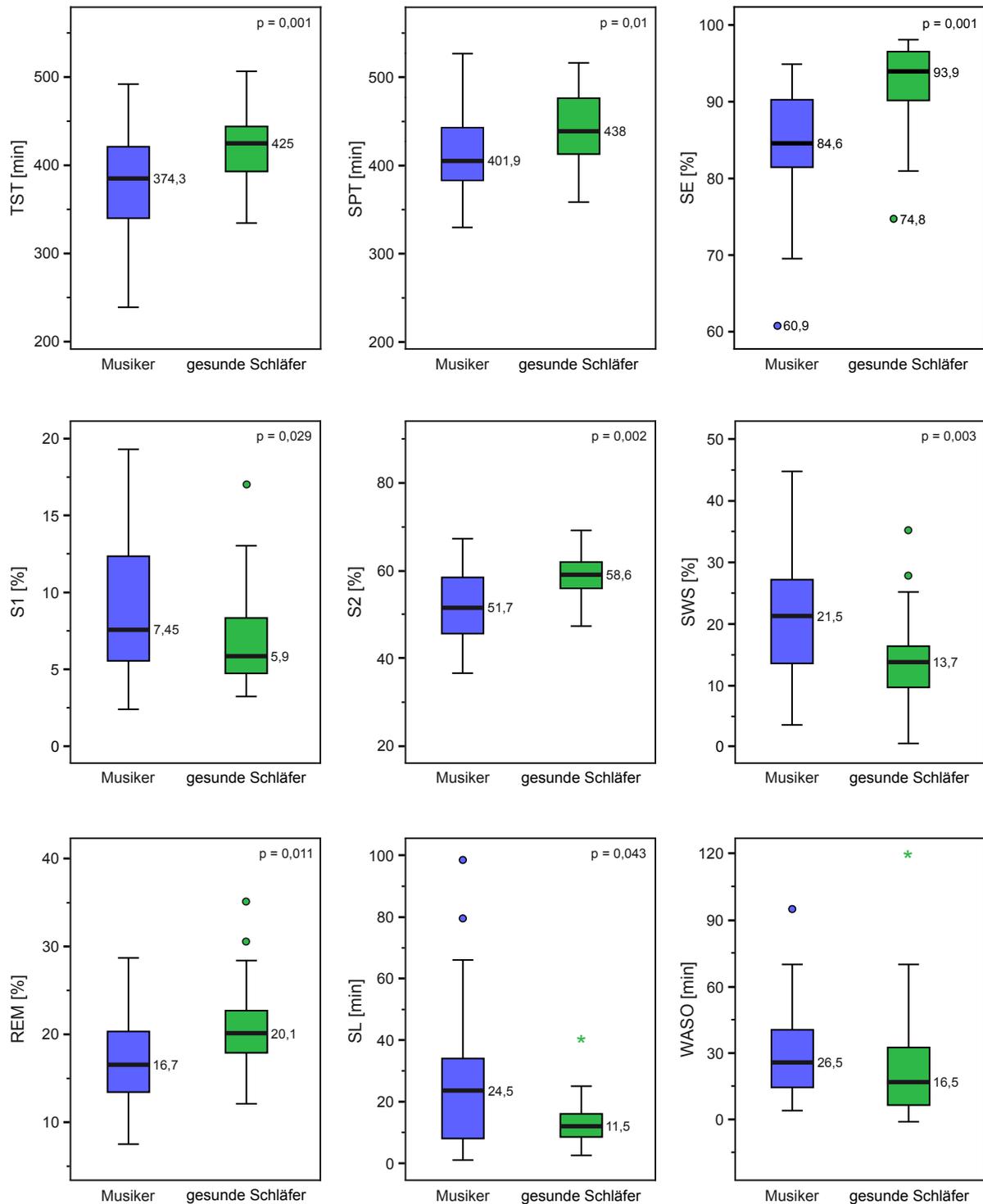


Abbildung 4-1 Boxplots für Gesamtschlafzeit (TST), Schlafperiodenzeit (SPT), Schlafeffizienz (SE), Schlafstadium 1 und 2 (S1, S2), Tiefschlaf (SWS), REM-Schlaf (REM), Einschlafatenz (SL), Wachzeit im Schlaf (WASO) im Vergleich zwischen Musikern und Schlafgesunden. Signifikanzprüfung mittels Mann-Whitney-U-Test berechnet.

4.2.2 Schlafarchitektur und Schlaflatenzen

Insbesondere während und nach spät abendlichen Aufführungen wurde bei den Musikern ein hoher Stresslevel vermutet. Durch die auch noch über das Konzert hinaus anhaltende Anspannung wurde daher bezogen auf Schlafarchitektur und Schlaflatenzen eine verlängerte SL mit erhöhter WASO sowie einen verminderten Tiefschlafanteil (SWS) erwartet. Diese Veränderungen sind dabei durchaus vergleichbar mit den Ergebnissen aus der kürzlich veröffentlichten Studie der Tänzer des Staatsballetts, da die Tänzer ebenfalls durch die späten Tanzaufführungen einem nächtlich erhöhten Stresslevel unterliegen.⁵

Indes zeigten sich davon teilweise abweichende Ergebnisse. Der Tiefschlafanteil ist signifikant erhöht und der REM- und S2-Schlafanteil verkürzt. Da für die polysomnographischen Untersuchungen ein dienstfreier Abend mit Ausschlafmöglichkeit am darauffolgenden Tag gewählt wurde, liegt eine vorausgehende Schlafdeprivation der Musiker als Erklärung des PSG Ergebnisses nahe. Der Schlaf der aufgezeichneten Nacht konnte somit als Kompensationsschlaf einer vorangegangenen Schlafdeprivation dienen. Daher lässt sich, aufgrund des erhöhten Tiefschlafanteils der Musiker, auf eine Kompensation eines Schlafentzugs schliessen.

Laut Studienlage tritt unmittelbar nach einer Schlafdeprivation ein kompensierender Tiefschlaf-Rebound ein.^{134,135} Dies konnten auch *Van Dongen et al.*¹⁰³ in ihren Untersuchungen zu akutem und chronischem Schlafentzug unterschiedlichen Ausmaßes (von 4–8h Schlaf/Nacht) nachweisen. Zudem fand sich hier eine Deltaschlaferrhöhung, zu der eine Abhängigkeit zur vorangehenden Wachheit gefunden wurde. Neben einem Tiefschlaf-Rebound konnten ebenfalls mehrere Studien – insbesondere nach emotionalen Erlebnissen – einen REM-Schlaf-Rebound, sprich einen erhöhten REM-Schlafanteil messen.^{20,90,106,136}

*Carskadon et al.*¹³⁷ konnten in ihrer Studie die Kompensation des REM-Schlafes nach Schlafentzug jedoch erst nach der zweiten Nacht nach Schlafdeprivation zeigen. Kongruent hierzu wiesen *Bonnet et al.*⁹¹ in ihrer Untersuchung mit Ratten, die einem Immobilisationsstress ausgesetzt wurden, einen direkt nach dem Ereignis eintretenden erhöhten SWS-Anteil nach. Der REM-Anteil erhöhte sich erst nach einer Latenz von 5–10 Tagen nach dem Stressereignis. Durch den erhöhten SWS-Schlafanteil kann bei den Musikern folglich eine Schlafdeprivation demaskiert werden. Da nur eine Nacht aufgezeichnet wurde, bleibt eine darauffolgende Erhöhung des REM-Schlafs Spekulation.

Für eine Stressreaktion ist die neurohumorale Antwort und insbesondere die erhöhte Kortisolausschüttung entscheidend. Kortisol zeigte in den Untersuchungen mit Ratten durch *Ehlers et al.*¹³⁸ einen SWS-reduzierenden Effekt sowie eine Wachheit-stimulierende Wirkung. Kohärent hierzu konnten *Chastrette et al.*¹³⁹ in ihrer Studie nachweisen, dass ACTH die

Wachheit verstärkt. Im Gegensatz dazu beschrieben verschiedene andere Studien die Auswirkung von Kortisol auf die EEG–Schlafstruktur durch eine Inhibition von REM–Schlaf sowie durch eine Aktivierung von NREM– bzw. SWS–Schlaf.^{140–143} *Kant et al.*¹⁴⁴ zeigten in Versuchen mit Ratten, die chronischem Stress ausgesetzt wurden, eine Hemmung des REM–Schlafes sowie eine verminderte TST nach dem ersten Tag unter Stress. Erst nach 7 Tagen unter chronischen Stressreizen wurden hier wieder normale REM–Schlaf–Werte gemessen.¹⁴⁴ Eine Erklärung für die uneinheitliche Studienlage könnte u. a. sein, dass ausschliesslich mittlere Kortisolwerte eine Auswirkung auf den Schlaf zeigten. Sehr hohe sowie niedrig–normale Kortisolwerte haben somit keine Veränderung der Schlafstruktur zur Folge.^{20,145}

Da jedoch bei den Musikern keine Kortisolwerte gemessen wurden, muss der Nachweis eines erhöhten Stresslevels hierdurch ausbleiben. Einzig lässt sich dies anhand der veränderten Schlafparameter vermuten. Die gemessenen erhöhten SWS–Schlafanteile und verminderten REM–Schlafanteile gleichen in diesem Punkt den Studien von *Meerlo et al.*^{140,141}, *Friess et al.*¹⁴³, *Kant et al.*¹⁴⁴ und *Steiger et al.*¹⁴² zur Kortisolwirkung auf die Schlafstruktur. Aufgrund dessen kann auch bei den Musikern ein erhöhter Kortisolspiegel durch die erhöhte Anspannung zur Nacht vermutet werden. Deren Verifikation muss jedoch für weiterführende Studien reserviert bleiben.

Die Folgen von akutem Stress durch emotionale Belastung sind in der Literatur zudem durch ein REM–Rebound gekennzeichnet. Dieser konnte in zahlreichen Studien zu diesem Thema beobachtet werden.^{88,90,106,136,146} Befanden sich die Probanden jedoch in einem schlafdeprivierten Zustand oder waren schon länger chronischem Stress ausgesetzt, traten diese Veränderungen der Schlafstruktur in den Hintergrund.^{144,147} Der verminderte REM–Anteil bei den Musikern lässt daher eine fehlende Kompensation des REM–Schlafes durch einen chronischen Stresszustand über einen längeren Zeitraum hinweg vermuten.

Analog zu der Studie mit Tänzern des Staatsballetts wurde des Weiteren vermutet, dass der spät abendliche Arbeitsstress zu einer schlechteren Schlafqualität, einer damit einhergehenden erhöhten WASO, einer verlängerten SL sowie zu einer verkürzten TST führt. Die Ergebnisse der Musiker zeigen wie erwartet eine kürzere TST in Kombination mit einer längeren SL und WASO. Dies könnte auf vermehrte Aufregung und erhöhten Stress insbesondere nach spät abendlichen Aufführungen schliessen lassen.

Musiker sind einem verschobenen Schlaf–Wach–Rhythmus ausgesetzt, da sie am späten Abend Hochleistungen erbringen und dadurch erst spät zur Ruhe kommen und somit spätere Einschlafzeiten aufweisen als die Normalbevölkerung. Diese Verschiebung des Schlaf–Wach–Rhythmus’ übt einen Einfluss sowohl auf die Einschlaflatenz als auch auf die WASO aus. Die

sehr späten Zubettgehzeiten konvergieren mit dieser Hypothese. Diese befinden sich im Mittel bei 00:15 Uhr. Eine eingeschränkte Schlafqualität der Musiker erklärt sich ebenfalls durch die Veränderungen in SL, WASO und TST und kann damit die Hypothese stärken, dass sich ein anhaltender Anspannungslevel in der Nacht bei den Musikern auf den Schlaf auswirkt (zur Schlafqualität siehe Kapitel 4.4, zur Schlafdauer siehe Abschnitt 4.2.3).

In der Literatur werden hierzu ähnliche Veränderungen des Schlafs als Reaktion auf stressreiche Situationen beschrieben. Eine erhöhte WASO mit einer verminderten Schlaffeffizienz und -qualität und einer damit zusammenhängenden kürzeren Gesamtschlafzeit als Reaktion auf emotional belastende und traumatische Ereignisse konnten *Habukawa et al.*¹⁰⁷ in einer Studie mit chronisch erkrankten PTSD-Patienten (Posttraumatische Belastungsstörung) mittleren Alters demonstrieren. Akute Belastungssituationen, welche hormonale Stressreaktionen hervorrufen, können ebenfalls zu erhöhter Wachheit führen.²⁰

Allen Musikern ist zudem gemein, dass sie häufig zur Regeneration einen Mittagsschlaf in Form eines kurzen „Power Naps“ halten. Dieser kann den darauffolgenden Nachtschlaf in seiner Struktur verändern. In der Studie von *McDevitt et al.*¹⁴⁸ zeigten sich nach einem mittäglichen „Power Nap“ Unterschiede in den S1-, S2- und SWS-Phasen des darauffolgenden Nachtschlafs. Die Probanden, die ohne mittäglichen „Power Nap“ schliefen, wiesen den höchsten Anteil an Tiefschlaf auf. Insbesondere vor einer Aufführung sind kurze „Power Naps“ unter den Musikern verbreitet und führen zur schnellen und effektiven Erholung. Musiker müssen aufgrund ihrer hohen präzisen Leistungsanforderung in der Lage sein, auf den Punkt genau höchste Konzentration abzurufen. Ebenfalls haben sie vor und während einer Aufführung nicht viel Zeit für Entspannung, welche jedoch für perfekte und konzentrierte Einsätze unabdingbar ist. Daher ist die Fähigkeit, innerhalb weniger Minuten entspannen zu können, von großem Vorteil. In Theatern und Opernhäusern kann diese Fertigkeit bei den Künstlern beobachtet werden. Auch wenn in einem „Power Nap“ weder Tiefschlaf noch REM-Schlaf involviert sind, so kann die Ausdauer und Konzentration für eine Oper gewährleistet werden, die nicht selten eine Länge von drei Stunden überschreiten kann.

In welchem Ausmaß dies die Ergebnisse beeinflusst hat, kann nur erahnt werden, da versäumt wurde, in der Studie nach den Mittagsschlafgewohnheiten zu fragen. Wenn die Ergebnisse von *McDevitt et al.*¹⁴⁸ berücksichtigt werden und zudem angenommen wird, dass der Großteil der Musiker tatsächlich „Power Naps“ nutzen, würde man einen geringeren Anteil an Tiefschlaf zu Gunsten der Leichtschlafstadien in der Nacht erwarten. In den Ergebnissen der vorliegenden Studie zeigt sich jedoch ein erhöhter Tiefschlafanteil im Vergleich zu den Schlafgesunden. Entweder ist durch einen ausgeprägten Schlafentzug das Bedürfnis an Tiefschlaf

höher, als dies durch einen „Power Nap“ ausgeglichen werden kann, die Musiker haben aufgrund der hohen körperlichen und psychischen Anforderungen einen höheren Bedarf an Tiefschlaf oder meine Probanden haben am Tag vor der Aufzeichnung keinen „Power Nap“ betrieben.

4.2.3 Schlafdauer

Die TST aller Musiker ist gemessen an der von Schlafgesunden im mittleren Alter mit 6,2h verhältnismäßig kurz.^{26,149} Die empfohlene Schlaflänge beträgt zwischen 7 und 8h pro Tag. Zudem liegt die Gesamtschlafzeit der Musiker unterhalb der durchschnittlichen Schlafdauer innerhalb der deutschen Bevölkerung.¹⁵⁰ Stellt man die Gesamtschlafzeit aller Musiker der Gruppe Schlafgesunder aus der Studie von *Fietze und Diefenbach*¹²² gegenüber, liegt die Schlafzeit der Musiker ebenfalls unterhalb der der Schlafgesunden. Die kurze TST untermauert die Hypothese, dass Musiker aufgrund des erhöhten Stressniveaus einen kürzeren Schlaf aufweisen, da sie gegebenenfalls erst später einschlafen können bzw. später Zubettgehen bei gleichbleibender Aufstehzeit, die durch Proben am Vormittag bestimmt wird. In Synopsis spricht vieles für eine Stresswirkung, die bis in die Nacht hineinreicht und dadurch die beschriebenen Auswirkungen auf den Schlaf zeigt.

4.2.4 Periodische Beinbewegungen

Die Bewegungen der Beine in Form von periodischen Beinbewegungen (PLMS) werden als Gesamtanzahl innerhalb der Schlafzeit sowie als Index (Beinbewegungen pro Stunde) angegeben. Laut ICSD gilt ein PLMS-Index von $>5/h$ als pathologisch.¹⁵¹ Die Musiker zeigen im Gesamtkollektiv eine PLMS-Gesamtzahl von im Median 37 und einen PLMS-Index von 3,1/h. 37,5% der Musiker (acht Bläser und vier Streicher) weisen einen erhöhten PLMS-Index von mindestens $>5/h$ auf. Im Vergleich zwischen Bläsern und Streichern lässt sich bei den Bläsern ein höherer PLMS-Index von im Median 7,3 im Gegensatz zu 2,1 bei den Streichern messen; 47% der Bläser haben damit einen erhöhten PLMS-Index.

Vier Musiker (zwei Bläser und zwei Streicher) zeigen PLMS-Index-Werte von über 15. Einer dieser Bläser liegt mit einem Index-Wert von 59/h sogar im deutlich erhöhten Bereich. Zusätzlich zum erhöhten PLMS-Index zeigen diese vier Probanden eine erhöhte WASO und vermehrt Arousals. Die periodischen Beinbewegungen können zu Weckreaktionen und dadurch zu vermehrter Wachheit im Schlaf führen. Dies wird durch die schlechtere Schlafeffizienz dieser Probanden bestätigt. Die zunehmende Bewegung der Beine kann für eine erhöhte Unruhe in der Nacht sprechen. Vermutlich kann dies auch ein Zeichen für Stresseinfluss auf den Schlaf sein, ähnlich der durch Stress induzierten Arousals.¹⁰⁶

Die Gruppe der Bläser zeigt einen deutlich höheren PLMS-Index. Jedoch ist dieser unabhängig vom Arousal-Index und der WASO erhöht. Diese beiden Parameter sind in der Bläsergruppe sogar niedriger als bei den Streichern. Da sich die Differenz im PLMS-Index zwischen Bläsern und Streichern ebenfalls nicht in der Schlafeffizienz wider-spiegelt, sondern diese in der Bläsergruppe höher ist als bei den Streichern, ist der durch den erhöhten PLMS-Index entstehende Effekt als gering zu bewerten.

4.2.5 Körperlage

Die Körperlage im Schlaf wird als Prozentsatz der Gesamtschlafzeit angegeben. Der Großteil der Musiker schläft in Rückenlage (46%). Während 38% der Bläser in Rückenlage schlafen sind es bei den Streichern 54%. Die Bläser zeigen 19 Lagewechsel in der Nacht, während die Streicher 25,5 Lagewechsel aufweisen. Das Schlafen in Rückenlage ist ein bedeutender Risikofaktor für Apnoen. Daher wird die deutliche Differenz des Rückenlagenanteils zwischen Bläsern und Streichern bezogen auf den AHI in Rückenlage in Kapitel 4.3 diesbezüglich diskutiert.

Häufige Lagewechsel können ein Anzeichen für vermehrte Unruhe während des Nachtschlafs sein. Die Probanden der Streichergruppe nehmen häufiger Lagewechsel vor als die der Bläsergruppe. Dies korreliert mit der schlechten Schlafqualität in der Streichergruppe im Vergleich zu den Bläsern und kann damit die Hypothese untermauern, dass die Streicher vermehrt unter dem Stress leiden und durch diesen Einbußen erleiden. Diese Interpretation annehmend, korrespondiert sie mit den Unterschieden in der Einschlafzeit und der Schlafeffizienz im Vergleich von Bläsern und Streichern.

4.3 Schlafbezogene Atmung der Bläser und Streicher

4.3.1 Vergleich der Atmung zwischen Bläsern und Streichern

Für den Vergleich der schlafbezogenen Atmung zwischen Bläsern und Streichern wurden die wichtigsten Atmungsparameter aus der PSG wie der AHI, der AHI in Rückenlage, der HI, der AI und der Schnarchanteil (SP) verwendet. Zu Beginn wird auf die möglichen Störgrößen in Bezug auf die Aussagekraft des Apnoe Hypopnoe Indexes eingegangen.

Zu den bekannten Faktoren, welche die Werte des Apnoe Hypopnoe Indexes beeinflussen können, zählen der Body-Mass-Index (BMI), die Schlafposition – insbesondere die Rückenlage –, Allergien, akute Erkrankungen der oberen Atemwege, Alkohol- und Nikotinkonsum. Der BMI kann als Störgröße ausgeschlossen werden, da die Probanden mit einem BMI-Mittelwert von $24,1 \pm 3,3 \text{ kg/m}^2$ im durchschnittlichen Normbereich liegen. Ebenfalls gleichmäßig verteilt sind die BMI-Werte innerhalb der Bläser- und der Streichergruppe. Die Streicher zeigen einen

mittleren BMI von $24,3 \pm 3,4 \text{ kg/m}^2$ und die Bläser von $23,8 \pm 3,3 \text{ kg/m}^2$. Die Schlafposition der Musiker wurde innerhalb der PSG aufgezeichnet und wird nachfolgend diskutiert. Keiner der Probanden gab an, während der Untersuchung an Symptomen einer akuten Allergie zu leiden. Ein Proband hatte eine leichte Infektion der oberen Atemwege, welche ihn jedoch nicht an einer freien Nasenatmung hinderte. Alle Probanden waren Nichtraucher. Acht Probanden konsumierten vor der polysomnographischen Untersuchung eine moderate Menge an Alkohol ($<0,31$ Bier, $<0,21$ Wein/Sekt oder $<0,05 \text{ ml}$ Schnaps).

Laut Studienlage bleibt ungeklärt, wie und ob eine nur moderate Dosis an Alkohol den Schlaf beeinflusst. Einige Studien untersuchten den Effekt von Alkohol auf den Schlaf. Hier zeigten sich neben einer REM–Schlaf Unterdrückung und einer Erhöhung des Tiefschlaf–Anteils in der ersten Hälfte der Nacht, ein „REM–Rebound“ (ein erhöhter Anteil an REM–Schlaf nach einem vorherigen Entzug dessen) in der zweiten Hälfte der Nacht.^{20,22} Die Auswirkungen einer moderaten Menge Alkohols auf den Schlaf ist bislang noch nicht verlässlich erforscht ist. Während *Roehrs und Roth*¹⁵² in ihrer Studie von 2001 eine Reduktion des REM–Schlaf–Anteils nach Aufnahme einer moderaten Alkoholdosis aufzeigten, konnten *Feige et al.*¹⁵³ in ihrer Studie von 2006 nach Aufnahme einer moderaten Alkoholdosis keine Effekte auf den Schlaf finden. Eine Beeinflussung der Ergebnisse durch den Konsum einer moderaten Menge an Alkohol bei acht Probanden kann nicht komplett ausgeschlossen werden – besonders im Hinblick auf die ähnlichen Veränderungen der Schlafstruktur bei den Musikern – wenn auch ein nur geringes Ausmaß zu vermuten ist.

Bei der Analyse der schlafbezogenen respiratorischen Ergebnisse zeigt sich im Vergleich zwischen Bläsern und Streichern ein minimal erhöhter AHI in der Bläsergruppe; im HI und AI finden sich ebenfalls nur minimale Unterschiede zwischen Bläsern und Streichern. Der AHI liegt bei neun Probanden über fünf Punkten (fünf Bläser und vier Streicher). Von diesen zehn weisen zwei Musiker einen AHI über zehn auf. In der Bläsergruppe zeigt sich außerdem ein deutlich höherer Schnarchanteil und ein nicht signifikant höherer AHI in Rückenlage.

Die Studien von *Puhan et al.*¹ und *Alberts und Laier–Groeneveld*² in Betracht ziehend, wird ein geringerer AHI und Schnarchanteil in der Gruppe der Bläser erwartet, da bei diesen durch ein regelmäßiges Training der oberen Atemmuskulatur eine Verbesserung der nächtlichen Atmung anzunehmen ist. Die Gruppe der Bläser zeigt jedoch in Bezug auf den AHI einen nicht signifikanten Unterschied zu der Streichergruppe. Der AHI der Bläser ist minimal höher als der der Streicher; in Rückenlage wurde sogar ein deutlich höherer AHI unter den Bläsern gemessen. Werden alle Bläser des Orchesters zusammengefasst, können die Ergebnisse aus den Studien von *Puhan et al.*¹ und *Alberts und Laier–Groeneveld*² daher nicht bekräftigt werden. Der AHI ist im

Vergleich zwischen Bläsern und Streichern nahezu ausgewogen; so finden sich in beiden Gruppen jeweils vier Probanden mit einem AHI >5/h und jeweils ein Proband mit einem AHI >10/h.

Falls moderates Training der Atemmuskulatur ungeübter Probanden einen positiven Effekt auf den AHI zeigt, scheint das professionelle Spiel eines Blasinstrumentes keinen oder möglicherweise sogar einen negativen Effekt zu haben. Als ein relevanter Unterschied zwischen der Studie von *Puhan et al.*¹ zu der vorliegenden ist vorwiegend die sehr viel intensivere Übung am Instrument erkennbar. Bei Profimusikern geht ein jahrelanges tägliches Training am Instrument voraus. Des Weiteren unterscheiden sich die Instrumente zum Didgeridoo in Bezug auf Spieltechnik und Anblasdruck teilweise drastisch. Möglicherweise spielen diese Faktoren eine größere Rolle als zuvor angenommen.

4.3.2 Vergleich der Atmung innerhalb der Bläsergruppe

An das oben genannte anknüpfend, werden nachfolgend die Blasinstrumente bezüglich ihrer Spiel- und Anblastechnik einzeln analysiert. Um zu untersuchen, ob Spieltechnik und Anblasdruck eine Rolle bei der Entstehung schlafbezogener Atmungsstörungen spielen, werden die Bläser bezüglich ihres Anblasdruckes in zwei verschiedene Auswertungsgruppen geteilt – eine Hochdruck- sowie eine Tiefdruckgruppe.

Ausschliesslich die Instrumentalisten, die ein Blasinstrument spielen, welches durch einen geringeren Anblasdruck gekennzeichnet ist – diese sind im Anblasdruck sowie in der Druck-erzeugung dem Didgeridoo sehr ähnlich – zeigen deutliche Unterschiede im AHI. So ließen sich niedrigere AHI Werte bei den Tiefdruckbläsern wie Klarinetten und Flöten im Vergleich zu den „Hochdruckbläsern“ wie Trompeten, Hörnern, u. a. messen. Noch deutlicher fällt dieses Ergebnis bei Betrachtung des AHI in Rückenlage aus. Die Hörner kontrastieren mit einem vergleichsweise hohen Wert, während die Werte für alle Holzbläser im unteren Segment angesiedelt sind. Die Blechbläser weisen einen AHI in Rückenlage von im Median 8/h und die Holzbläser von im Mittel 2,1/h auf. Ebenfalls deutlich ist die Differenz im Vergleich des AHI in Rückenlage der Streicher mit den Bläsern. Hier zeigen die Bläser einen höheren AHI in Rückenlage. Die Differenz zwischen den Blech- und Holzbläsern ist jedoch statistisch nicht signifikant, da es sich hier um kleine Fallzahlen von sechs und elf Musikern handelt. Daher sind die Ergebnisse lediglich als Tendenz zu werten. Um hierzu eine eindeutige Aussage zu treffen, sind Studien mit einer größeren Fallzahl notwendig.

Da für die Interpretation der atmungsbezogenen Ergebnisse, die Kenntnis über die differenzierten Unterschiede der einzelnen Instrumente sowie deren technische Hintergründe nötig sind,

wird im folgenden Exkurs auf die musikphysiologischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Blasinstrumenten eingegangen. Mit Blick auf die Pathophysiologie des Schlafapnoesyndroms wird hierbei die Anblastetechnik sowie Tonerzeugung und Anblasdruck der Blechblasinstrumente, Querflöten, Klarinetten sowie Doppelrohrblasinstrumente erläutert. Dieser Exkurs soll eine Grundlage bieten, um mögliche Beeinflussungen durch das Blasinstrumentenspiel auf die funktionellen Gegebenheiten der oberen Atemwege verstehen zu können.

Exkurs Anblastetechniken der Blasinstrumente

Blechblasinstrumente

Zu den Blechblasinstrumenten zählen im Orchester die Trompete, die Posaune, die Tuba und das Horn. Sie weisen große Ähnlichkeiten in Mundstück und Tonerzeugung auf. Die Ton-erzeugung geschieht, indem Luft durch die elastisch gespannten Lippen hindurch in ein kessel- oder trichterförmiges Mundstück gepresst wird. Die Klangfarbe wird neben Mensur und Bohrungsform hauptsächlich durch die jeweilige Form des Mundstückes bestimmt.¹⁵⁴ Zur Tonerzeugung der Blechblasinstrumente werden hohe Anblasdrücke erzeugt, die je nach Größe des Mundstückes variieren können. *Fletcher et al.*⁷⁵ konnten bei der Trompete in der größten Lautstärke sogar Werte von bis zu 187mmHg bestimmen. Diese hohen Anblasdrücke führen zu erhöhten Drücken im Hals und in der Lunge. Hier wurden in einer Studie von *Fletcher und Tarnopolsky*⁷⁵ Drücke von bis zu 150–190mmHg gemessen. Im Vergleich zu den übrigen Blechblasinstrumenten weisen Horn und Trompete das kleinste Mundstück auf; diese erfordern daher sehr hohe Anblasdrücke. Für das Spielen der Posaune und Tuba wird mit größeren Mundstücken ein etwas geringerer Anblasdruck benötigt.

Doppelrohrblasinstrumente

Zu den Doppelrohrblasinstrumenten zählen im Orchester die Oboe und das Fagott. Die Tonerzeugung erfolgt nach dem Prinzip von Gegenschlagzungen. Zwei an einer Seite an ein Metallrohr befestigte sich gegenüberliegende Rohrblätter werden zum Schwingen gebracht, indem die Luft durch die schmale Öffnung zwischen den beiden Rohrblättern gepresst wird.¹⁵⁴ Durch diese Technik sind sehr hohe Anblasdrücke bei sehr geringer Luftflussrate zur Tonerzeugung notwendig. Das Spielen der Oboe erfordert eine hohe Lippenspannung sowie einen hohen Munddruck. Bei der Oboe wurden bei *Fuks und Sundberg*⁷³ Anblasdrücke zur Tonerzeugung von 25,7–91,2mmHg je nach Lautstärke und Tonhöhe gemessen; das Fagott zeigt durch ein größeres Rohr im Mittel niedrigere Werte. Beim leisen bis lauten Spiel des Fagotts wurden in derselben Studie von *Fuks und Sundberg*⁷³ Werte zwischen 8,8 und 66mmHg bestimmt.

Klarinetten

Die Tonerzeugung der Klarinette erfolgt nach dem Prinzip einer Aufschlagzunge durch ein Einzelrohrblatt, welches beim Anblasen in Schwingung gebracht wird, gegen das Schnabelmundstück schlägt und dadurch die Luftsäule periodisch verschließt.¹⁵⁴ In Instrumentenschulen wird die Mund- und Rachenposition für das Klarinettenspiel häufig mit der Mundstellung beim Gähnen verglichen.¹⁵⁵ Der Mundraum sollte ähnlich wie beim Gähnen geweitet sein. Durch diese Art der Anblastechnik werden beim Spiel der Klarinette sehr konstante sowie geringe Anblasdrücke erfordert. *Fuks und Sundberg*⁷³ konnten bei der Klarinette einen Druckbereich zwischen lautem und leisem Spiel von 15–40 mmHg messen. *Fletcher*⁷⁶ kann beim Klarinettenspiel in normaler Lautstärke Werte von 15–22mmHg bestimmen, welche beim lauten Spielen bis auf maximal 33,8mmHg ansteigen können. Die Klarinette ist damit das Instrument mit der geringsten Druckamplitude zwischen lautem und leisem Spiel.

Querflöten

Beim Spielen der Querflöte entsteht ein sogenannter Schneideton durch das Blasen der Luft gegen eine scharfe Kante des ovalen Mundlochs am Mundstück. Hierbei sind bei erhöhter Luftflussrate weder hohe Anblasdrücke noch hohe Druck–Mittelwerte erforderlich. In der Studie von *Fletcher*⁷⁶ zeigt die Querflöte die geringsten Anblasdrücke sowohl im leisen als auch im lauten Spiel zwischen 2–17mmHg.

Doch wieso zeigen Bläser mit einem hohen Anblasdruck einen ungünstigeren AHI als die Bläser mit einem niedrigeren Anblasdruck? Berücksichtigt man die Ergebnisse von *Puhan et al.*¹ und *Alberts und Laier–Groeneveld*², dass moderates Training der oberen Atemmuskulatur zu einem positiven Effekt auf die Atemaussetzer führt, könnte das um einiges intensivere Training eines Berufsmusikers von Blasinstrumenten nun zu einer möglichen Hypertrophie der Muskulatur führen. Den Unterschied zu den beiden Studien könnte hierbei die Differenz des ungeübten Probanden aus der Studie von *Puhan et al.*¹ zu einem mit einem Leistungssportler vergleichbaren Profimusiker eines Blasinstruments in der vorliegenden Untersuchung darstellen. Bei ungeübten Patienten mit obstruktivem Schlafapnoesyndrom kann das moderate Training durch die Stabilisierung des Muskeltonus zu einer Verbesserung des AHI führen. Bei Profimusikern hingegen bewirkt das ausgeprägte und regelmäßige Training der Atemmuskulatur eine Hypertrophie der Muskulatur und damit einen ungünstigen AHI. Anzunehmen ist daher, dass dieses übermäßige Training zu einer Hypertrophie führt und dadurch eine weitere Einengung des Lumens bewirkt. Diese Lumenverringerng kann wiederum häufigere Apnoephasen zur Folge haben. Auch möglich ist eine zunehmende Erschlaffung und Ermüdung der Muskulatur aufgrund übermäßigen Trainings bei Profimusikern. Dies könnte einen Kollaps

der Atemwege während des Schlafs zusätzlich begünstigen und dadurch die Apnoephasen verstärken. Ein Faktor, der mit beiden Zuständen direkt in Verbindung zu bringen ist, betrifft den Druck, den ein Spieler aufbringen muss, um sein Blasinstrument zu spielen. Je höher nun der Anblasdruck des Blasinstrumentes ist desto größer die muskuläre Anstrengung, dieses zu spielen. Es ist daher zu erwarten, dass die Musiker mit einem Blasinstrument, welches einen hohen Anblasdruck zur Tonerzeugung benötigt, hier ungünstigere AHI-Werte zeigen. Dieser Effekt spiegelt sich tatsächlich anhand eines deutlich höheren AHI bei den Hochdruckbläsern in meinen Ergebnissen wieder.

Dass nun die Tiefdruckbläser einen niedrigeren AHI aufweisen als die Vergleichsgruppe der Streicher, könnte einen positiven Effekt durch einen besonderen Blasansatz des Instrumentes vermuten lassen – ganz ähnlich dem Effekt, durch welchen sich das Schlafapnoe-Risiko in den Studien von *Puhan et al.*¹ und *Alberts und Laier-Groeneveld*² verbessern konnte. Die Einzelrohrblattinstrumente, wie z. B. die Klarinetten, müssen zur korrekten Tonerzeugung neben einem vergleichsweise niedrigen Anblasdruck zusätzlich den Mund- und Rachenraum weiten (ähnlich einer Gähnung¹⁵⁵), so dass sich bei regelmäßigem Training das Lumen erweitert und dennoch der Tonus durch das Training gestärkt wird. Dementsprechend findet hierbei parallel sowohl eine Lumenerweiterung als auch ein stetiges Muskeltraining statt, ohne dass eine hypertrophe Muskulatur entsteht. Die Querflöte zeigt durch den geringsten Anblasdruck aller Bläser im Orchester hier die geringste Gefahr einer muskulären Hypertrophie. Das Spielen mit einem Tiefdruckblasinstrument wie einer Klarinette oder Flöte scheint sich möglicherweise durch diesen besonderen Ansatz positiv auf den AHI und somit auf die Symptome des OSAS auszuwirken. Um hier eine eindeutige Aussage treffen zu können, ist jedoch eine hieran anknüpfende Untersuchung mit einer höheren Fallzahl erforderlich.

*Puhan et al.*¹ und *Alberts und Laier-Groeneveld*² vermuteten einen positiven Effekt aufgrund der Zirkularatmung, welche beim Didgeridoo Spielen verwendet wird. Zu bedenken ist jedoch, dass es sich hierbei um eine Spieltechnik handelt, für die es viel Übung und Können bedarf. Es ist daher anzuzweifeln, dass die ungeübten Probanden diese Technik in der Studie von *Puhan et al.*¹ innerhalb von vier Monaten und in der Studie von *Alberts und Laier-Groeneveld*² innerhalb von sechs Monaten erlernen konnten. Leider wurde dies in den beiden Studien nicht ausdrücklich geprüft und kann daher nicht vorausgesetzt werden. Möglich ist daher ebenso, dass der beobachtete positive Effekt auf die Atmung durch die Art und Weise des Spielansatzes des Didgeridoos sowie durch das Atmungstraining an sich entstanden ist.

Da die Technik der Zirkularatmung unter Berufsmusikern in der Bläsergruppe sehr verbreitet ist, kann zudem angenommen werden, dass viele Probanden sowohl unter den

Tiefdruck– als auch unter den Hochdruckbläsern diese anwenden. Mögliche positive Effekte durch diese Technik können daher in unserer Studie das Ergebnis beeinflusst haben. Da nicht alle Probanden, welche ein Blasinstrument spielen nach praktizierender Zirkularatmung befragt wurden, können hierzu lediglich präsumtiv Thesen aufgestellt werden. Da es, wie erwähnt, große Unterschiede in Ansatz und Tonerzeugung zwischen den Blasinstrumenten gibt, sollte dieser Umstand in weiterführenden Studien zur Zirkularatmung unbedingt berücksichtigt werden.

Es ist bekannt, dass Apnoe– und Hypopnoe–Ereignisse in Rückenlage stärker ausgeprägt sind.¹⁵⁶ Dieser Zusammenhang zeigte sich auch bei den Musikern. Werden die Musiker nach ihrem AHI in zwei Gruppen (AHI <5/h und AHI >5/h) aufgeteilt, zeigt sich, dass die Musiker mit einem AHI von <5/h einen Rückenlageanteil von 47,7% und die Musiker mit einem AHI von >5/h einen Rückenlagenanteil von 25,5% aufweisen. Es schlafen also die Musiker mit einem erhöhten AHI weniger auf dem Rücken. Zu bedenken ist hier allerdings die kleine Probandenzahl von nur zehn Probanden mit einem AHI >5/h.

Im Vergleich zwischen den Streichern und Bläsern schlafen mehr Streicher in Rückenlage, jedoch haben diese einen geringeren AHI in Rückenlage. Die Bläser zeigen dagegen in Rückenlage einen höheren AHI und schlafen zu einem kleineren Anteil in Rückenlage. Dieses Ergebnis widerspricht dem bekannten Zusammenhang zwischen AHI und Körperposition einer positionsbezogenen Schlafapnoe^{157–159} und spricht daher gegen ein positionsbezogenes OSAS.

Die Ursache für einen erhöhten AHI scheint hier eine andere als die Körperlage zu sein. Dies zeigt sich im Vergleich der AHI–Gruppen, wonach die Probanden mit einem hohen AHI seltener auf dem Rücken schlafen. Ebenfalls zeigt sich dies deutlich in der getrennten Darstellung der Blasinstrumente. Hier weisen die Hochdruckinstrumente, insbesondere die Hörnergruppe, hohe AHI–Werte in Rückenlage auf, während die Tiefdruckinstrumente niedrigere Werte zeigen. Die Gruppe der Blechbläser zusammen mit den Hörnern zeigt einen AHI in Rückenlage von 8/h und die Gruppe der Holzbläser von 2,1/h. Die Hörnergruppe alleine zeigt allerdings einen AHI in Rückenlage von 34,2/h. Da Blechbläser, insbesondere die Hörner, einen sehr hohen Anblasdruck zum Spielen des Instrumentes benötigen, könnte dieser Umstand möglicherweise hier die entscheidende Differenz im AHI bewirkt haben. Die Ursache für den erhöhten AHI scheint hier nicht allein die Körperlage zu sein, sondern möglicherweise ebenso im Zusammenhang mit den Anblasdrücken des Blasinstrumentes und der daraus resultierenden Hypertrophie der oberen Atemmuskulatur zu stehen.

Ebenfalls gesondert wird der Schnarchanteil sowie die Schlafeffizienz betrachtet. Im Vergleich zeigen die Bläser einen höheren Schnarchanteil als die Streicher. Die Hörner weisen

hierbei den höchsten Schnarchanteil auf. Dies stimmt mit dem ebenfalls hohen AHI in dieser Gruppe überein. Sowohl der AHI als auch der Schnarchanteil sind in der Bläsergruppe damit höher als in der Streichergruppe, wobei der Schnarchanteil einen deutlicheren Unterschied aufweist. Dies könnte möglicherweise als Vorstufe einer schlafbezogenen Atmungsstörung (SBAS) gewertet werden. Da jedoch der Zusammenhang des AHI-Wertes und einer SBAS nicht linear ist, da Schnarchen auch unabhängig von SBAS auftreten kann, ist dieses Ergebnis nur bedingt aussagekräftig. Zudem sind die Messmethoden zur Berechnung des Schnarchanteils in der Literatur sehr uneinheitlich¹⁶⁰, so dass dieser Wert nicht zum Vergleich mit anderen Studien herangezogen werden kann. Die Ergebnisse zur Schlafeffizienz werden in Kapitel 4.4 separat diskutiert.

Ein interessantes Ergebnis zeigt sich in der Korrelation zwischen AHI und Body-Mass-Index (BMI). Hier stellt sich ein paradoxes Verhältnis, insbesondere bei den Klarinettenisten, dar. So weisen diese bei einem mittleren BMI von $27,8\text{kg/m}^2$ einen AHI von nur 1,8/h auf. Betrachtet man nun alle Probanden mit Tiefdruckinstrumenten, die einen BMI $>25\text{kg/m}^2$ haben, und vergleicht diese mit den Streichern und den Probanden mit Hochdruckinstrumenten mit erhöhtem BMI $>25\text{kg/m}^2$, so ergeben sich hier auffällige Werte in der Gruppe der Tiefdruckbläser, da hier der AHI trotz erhöhtem BMI niedrig ist.

*Young et al*⁴¹ beschreiben im Review über das Schlafapnoesyndrom einen deutlichen Zusammenhang zwischen BMI, Alter und AHI. Ein Zusammenhang zwischen BMI und AHI stellt sich bei den Musikern ebenfalls signifikant dar ($p=0,04$). Der Zusammenhang des AHI und BMI der männlichen Musiker – die Tiefdruckblasinstrumente werden hierbei zunächst ausgeklammert –, zeigt sich mit einer signifikanten Korrelation nach Spearman und einem Korrelationskoeffizienten von 0,84. Da das weibliche Geschlecht prämenopausal ebenfalls ein nachgewiesener protektiver Faktor für den AHI und das OSAS darstellt, werden bei dieser Berechnung die weiblichen Probanden ebenfalls ausgeklammert.⁴¹ Die Gruppe der Tiefdruckinstrumente hingegen fällt deutlich aus der Reihe. Diese zeigt auch bei teils hohen BMI-Werten normale und niedrige AHI-Werte. Dies lässt vermuten, dass das Spielen einer Klarinette sowie Flöte (als Tiefdruckbläser) trotz erhöhtem BMI einen protektiven Einfluss auf den AHI haben kann. Dies gibt Anlass zur Planung einer die Tiefdruckbläser betreffenden weiterführenden Studie, um einen möglichen protektiven Effekt auf Grundlage größerer Fallzahlen statistisch aufzubereiten.

4.4 Schlafeffizienz und Schlafqualität der Musiker

Eine der Hypothesen lautete, dass Musiker aufgrund des verschobenen Schlaf–Wach–Rhythmus' eine eingeschränkte Schlafqualität und Schlafeffizienz haben. Ebenso wurde vermutet, die Studien von *Puhan et al.*¹ und *Alberts und Laier–Groeneveld*² als Grundlage nehmend, dass sich das Spielen eines Blasinstrumentes positiv auf die Atmung während des Schlafs auswirkt und sich dies ebenfalls in der Schlafqualität und Schlafeffizienz bemerkbar macht. Dementsprechend wurde eine bessere Schlafqualität sowie eine bessere Schlafeffizienz (SE) in der Bläsergruppe erwartet. Die SE wurde aus polysomnographisch gemessenen Werten als Quotient von TST und TIB berechnet. Die Messung der Schlafqualität erfolgte mittels PSQI–Fragebogen.

Die Auswertung der Daten zeigt eine eingeschränkte Schlafeffizienz aller Musiker insbesondere im Vergleich zu der Gruppe der Schlafgesunden aus der Studie von *Fietze und Diefenbach*¹²² mit einem signifikanten Unterschied ($p=0,001$). Ebenfalls signifikant ist der Unterschied zwischen Bläser– und Streichergruppe mit einer höheren Schlafeffizienz (SE) in der Bläsergruppe ($p=0,017$). Insgesamt liegen die Musiker im Gesamtkollektiv mit einer Schlafeffizienz im Median von 84,6% knapp unterhalb einer gesunden Vergleichsgruppe, welche nach *Bliwise et al.*¹³⁴ eine SE von >85% aufwies. In einer Studie mit 40 Medizinstudenten von *Lehnkering et al.*¹⁶¹ zeigte sich eine durchschnittliche Schlafeffizienz von 89%. Diese niedrige SE der Musiker ist vergleichbar mit den niedrigen Schlafeffizienzwerten aus der Studie von *Fietze et al.*⁵ mit professionellen Balletttänzern sowie mit den Werten von Patienten, die an einer leichten Insomnie leiden. Ebenfalls zeigen die Auswirkungen eines Schichtdienstes ähnlich niedrige Schlafeffizienzwerte.^{162,163}

Die Hauptursache der Einbuße in der Schlafeffizienz könnte der hohe Stresslevel, insbesondere bei Aufführungen am späten Abend darstellen. Dies führt zu längeren Einschlaf–latenzen und Wachphasen innerhalb der Nacht. Dass psychischer Stress zur Verschlechterung der Schlafqualität führt, konnte in der Studie von *Fietze et al.*⁵ nachgewiesen werden. Hier wurden die Balletttänzer in der Vorbereitungszeit vor einer Premiere untersucht. Es zeigte sich eine Abnahme der Schlafqualität, ohne dass sich die physische Belastung erhöhte. Es kann daher angenommen werden, dass hierbei die psychische Belastungssteigerung ursächlich beteiligt war. Der psychische Stress während einer Aufführung am späten Abend, die fehlende Regenerationszeit nach einem Anspannungshöhepunkt, z. B. nach einer Aufführung, und das Fehlen eines regelmäßigen freien Tages zur Regeneration, beeinflussen die Schlafqualität der Musiker ungünstig. Andere Faktoren wie der verschobene Schlaf–Wach–Rhythmus mit

regelmäßigen Spätdiensten, insbesondere auch an den Wochenenden, könnten ebenfalls einen negativen Einfluss auf die Schlafqualität haben.

Gegensätzlich hierzu lässt sich jedoch bei einem Teil der Musiker eine sogar gute Schlafeffizienz erkennen. Im Vergleich der Bläser- mit der Streichergruppe fällt auf, dass die Bläsergruppe eine signifikant höhere Schlafeffizienz (SE) aufweist. Die bessere Schlafeffizienz der Bläsergruppe stimmt ebenfalls mit den Ergebnissen der WASO und SL überein. Bei den Bläsern zeigen sich in beiden Parametern kürzere Werte.

Doch welchen Umstand kann diesen Unterschied der Schlafeffizienz zwischen der Bläser- und der Streichergruppe bewirken? Um dieser Frage nachzugehen wird im Folgenden auf die Entspannungsfähigkeit bestimmter Musiker eingegangen, da diese das erhöhte Stressniveau zur Nacht günstig beeinflussen kann. Dass es Unterschiede in der Entspannungsfähigkeit innerhalb einer Musikergruppe gibt, wird auch schon in der Studie von *Ferstl*⁶⁷ angedeutet. In dieser wiesen die technisch besten Musiker die Fähigkeit zur schnellen und direkten Erholung auf und erfuhren dadurch ein positiveres subjektives Gesamterlebnis. Möglicherweise besitzen daher nicht alle Musiker die schnelle und zeitlich präzise Entspannungsfähigkeit, wodurch die Ergebnisse unterschiedlich beeinflusst worden sein könnten. Demzufolge kommt es nur bei einem Teil der Musiker durch einen möglichen erhöhten Stresslevel in der Nacht zu längeren Einschlafzeiten, Wachphasen und einer schlechteren Schlafeffizienz. Aufgrund der guten Schlafeffizienz der Bläser, kann in dieser Gruppe eine besondere Fähigkeit vermutet werden, gerade in ausgesprochen angespannten Situationen, diese Spannung kontrollieren zu können und bei Bedarf auf den Punkt entspannen zu können. Daher wird nachfolgend der interessante Versuch unternommen, die Gruppe der in der vorliegenden Studie untersuchten Musiker differenziert zu betrachten.

Da in der Studie von *Schmale und Schmidke*⁵⁷ anhand der Pulsfrequenzdaten von einem erhöhten Stresslevel unter der Bläsergruppe berichtet wird, könnte ein möglicher Unterschied durch eine differenzierte Betrachtung der Bläser- und Streichergruppe deutlicher hervortreten. Bei der gesonderten Betrachtung der Streicher und Bläser, fällt bei den Streichern eine längere SL und WASO ins Auge. Dies bedeutet, dass die Streicher eine schlechtere Schlafeffizienz aufweisen. Vor diesem Hintergrund kann abgeleitet werden, dass das erhöhte Stressniveau zur Nacht bei den Streichern eine größere Auswirkung zeigt als bei der Bläsergruppe. Dies könnte auf eine schlechtere Coping-Strategie des Stresses innerhalb der Streichergruppe hindeuten. Da die Bläser durch ihre solistischen Aufgaben im Orchester stärker darauf angewiesen sind, trotz großer Aufregung fehlerfrei zu funktionieren, kann hier ein entscheidender Unterschied zwischen den Bläsern und den Streichern zu finden sein. Ein Musiker mit einer solistischen

Funktion unterliegt einem höheren Erfolgsdruck und einer höheren Versagensangst, da seine Fehler instantan von Kollegen, Publikum und Dirigenten wahrgenommen werden und dadurch auch direkte Folgen haben können. Daher benötigen solistische Bläser gut funktionierende Coping–Mechanismen. Streicher hingegen spielen in einer größeren Gruppe, in welcher nicht jeder Fehler deutlich hörbar ist und dies weitaus geringere Folgen für den Musiker bedeutet. Daher spielt diese besondere Fähigkeit bei den Bläsern eine bedeutendere Rolle und ist hier stärker ausgeprägt als bei den Streichern. Möglicherweise können Bläser infolgedessen auch zur Nacht schneller entspannen und besser schlafen. Dies könnte die bessere Schlafeffizienz unter den Bläsern im Gegensatz zu den Streichern erklären.

Eine weiterer Gesichtspunkt bezüglich der Differenz in der Schlafeffizienz könnte in der Zufriedenheit mit der jeweiligen Tätigkeit liegen. Streicher können in einer Tutti-Gruppe wenig Möglichkeiten der musikalischen Entfaltung genießen. Ihnen wird sehr genau vorgeschrieben wie sie etwas zu spielen haben, da hier eine große Gruppe möglichst homogen zusammenspielen muss. Im Gegensatz dazu sind Bläser durch ihre zahlreichen solistischen Parts interpretatorisch sehr viel freier und können sich damit häufiger musikalisch entfalten. Dieser Umstand kann unter den Streichern zu einer höheren Frustration führen; schliesslich haben sie alle mal den Beruf ergriffen, um sich musikalisch zu entfalten. Möglicherweise kann die Stressempfindung durch ein positives Erlebnis – hier in Form von persönlicher musikalischer Entfaltung – verringert werden und damit trotz ähnlicher oder sogar höherer Anstrengung zu besserem Schlaf führen. Im Gegensatz dazu verstärkt möglicherweise die höhere Frustration des Tutti-instrumentalisten die Stressempfindung, wodurch diese stärker und länger empfunden wird und dadurch den Schlaf stört. Auch dies könnte die bessere Schlafeffizienz unter den Bläsern erklären.

In der Zusammenschau wird die ursprüngliche Hypothese untermauert, dass die Bläser eine bessere Schlafeffizienz haben. Bei jedoch fehlendem Unterschied in den Atmungsparametern, insbesondere im AHI, zwischen Bläsern und Streichern, ist eine Erklärung am ehesten in effektiveren Coping–Mechanismen bzw. einer geringeren Stressempfindung durch höhere musikalische Entfaltungsmöglichkeit innerhalb der Bläsergruppe zu suchen.

Im Vergleich zwischen den Tiefdruckbläsern und den Hochdruckbläsern zeigen sich sowohl in der Schlafeffizienz als auch im PSQI Ergebnis sehr ähnliche Werte, so dass anzunehmen ist, dass die Unterschiede im Anblasdruck und der Tonerzeugung keinen direkten Einfluss auf die Schlafeffizienz und Schlafqualität haben. Die jedoch im Vergleich niedrige SE der Hörner stimmt mit dem hohen AHI und Schnarchanteil innerhalb dieser Gruppe überein. Hierbei kann durchaus die niedrige SE ursächlich mit dem hohen AHI der Hörnergruppe

zusammenhängen, da vermehrte Apnoen und Hypopnoen zu Arousals und damit zu Schlafunterbrechungen führen. Dies hat eine schlechtere SE und kürzere TST zur Folge.

Der Fragebogen zur Schlafqualität (PSQI) bestimmt die subjektive Schlafqualität der Musiker. Der Mittelwert des PSQI liegt bei 4,9 Punkten und ist damit im oberen Normbereich angesiedelt. Zwischen der Bläser- oder Streichergruppe findet sich kein Unterschied im PSQI Ergebnis. Das Ergebnis verdeutlicht, dass die Musiker auch subjektiv unter einer eingeschränkten Schlafqualität leiden. Vergleichen lässt sich dieser Wert mit dem Ergebnis der Tänzer, wobei die Tänzer im Mittel sogar einen erhöhten PSQI Wert von 5,67 aufweisen.⁵ In der Normalbevölkerung lag der Anteil von >5 Punkten innerhalb der Bevölkerung laut Messungen zur PSQI Punkteverteilung durch *Zeitlhofer et al.*¹⁶⁴ in einer Untersuchung von 1049 gesunden Österreichern bei 32,1%. Von den Musikern weisen zwölf einen Wert von >5 Punkten auf, was einem Anteil von 37% entspricht. Dieses Ergebnis ist gegenüber den Werten von *Zeitlhofer et al.*¹⁶⁴ höher und weist damit unter den Musikern auf einen leicht erhöhten Anteil an schlechter Schlafqualität hin.

Im Vergleich der Schlafeffizienzdaten aus dem PSQI-Fragebogen und der Polysomnographie zeigt sich ein nicht signifikanter jedoch minimal negativer Zusammenhang. Die Probanden mit einer hohen Schlafeffizienz in der PSG weisen im PSQI eine eher niedrige Schlafeffizienz mit höheren PSQI Werten auf. Anscheinend entspricht die Wahrnehmung der Nacht nicht den objektiven Messdaten. Die Musiker nehmen ihren Schlaf als einen schlechteren Schlaf wahr als er ist. Teilweise zeigen die Probanden mit einer sehr niedrigen Schlafeffizienz in der PSG sogar sehr hohe Werte im PSQI. Hier trägt das subjektive Empfinden der Musiker bezüglich der Schlafeffizienz auf beiden Seiten.

4.4 Chronotyp der Musiker

Nach Auswertung der D-MEQ-Fragebögen zum Chronotyp zeigt sich bei den Musikern eine Verteilung zwischen Abend-, Morgen- und Normaltyp, welcher der aus der Normalbevölkerung vergleichbar ist und entspricht mit jeweils einem Anteil von 9% aller Probanden als Extremtypen annäherungsweise der Normalverteilung mit einem leichten Übergewicht an Spättypen.³ Der Großteil der Musiker ist mit einem Anteil von 59% Normaltyp. Zu der Gruppe der Abendtypen gehören insgesamt 22% der Musiker, 9% sind definitive Abendtypen und 13% gehören zu den Morgentypen. Der Morgentyp ist aufgrund seiner biologischen Determinanten nicht in der Lage, ein Schlafdefizit durch das spätere Zubettgehen am Morgen auszugleichen. Zudem zeigen Morgentypen einen sehr engen Toleranzbereich in ihrem biologisch determinierten Rhythmus. Trotz der größeren Toleranzbreite der Abendtypen, kommt es

dennoch bei den definitiven Abendtypen nach regelmäßiger Nacharbeit zu Schlafdefiziten, da sie weder vor noch nach der Nacharbeit in der Lage sind, den Schlaf nachzuholen. Dadurch können sowohl Abendtypen als auch Morgentypen Schlaf- sowie gesundheitliche Probleme durch permanent wechselnde Arbeitszeiten entwickeln.⁷⁷

Da 13% der Musiker beim D-MEQ-Fragebogen als Morgentypen einzuteilen sind, könnte dies durch die Orchesterarbeit am späten Abend zu Schwierigkeiten im Sinne von Müdigkeit, Schlafstörungen und Gesundheitsstörungen, führen. Dies sollte bei der Probenarbeit in Form von Regenerationsphasen am frühen Abend bedacht werden.^{79,165} Da auch die feinmotorischen Fähigkeiten je nach Tagesrhythmik und Chronotyp variieren, wie *Van Vugt et al.*¹⁶⁶ darlegten, kann dies ebenfalls Einfluss auf die Musiker ausüben. Besonders stark zeigt sich hierbei eine Spielinstabilität bei Abendtypen am Morgen. Da in dieser Studie jedoch lediglich an zwei Zeiten am Tag, einmal morgens und einmal abends, die feinmotorischen Fähigkeiten verglichen wurden, bleibt über die eigentlich interessante Differenz zwischen Morgen- und Abendtypen zu der üblichen Vorstellungszeit der Musiker am Abend nur zu mutmaßen. Möglicherweise zeigen hierbei die Abendtypen gegenüber den Morgentypen einen Vorteil, da sich diese zu dieser Zeit auf ihrem circadianen Höhepunkt befinden.

4.5 Tagesschläfrigkeit der Musiker

Eine erhöhte Tagesmüdigkeit mit einem Punktwert im ESS von über 10 Punkten fand sich bei acht Musikern, dies entspricht einem Anteil von 25%. Der Großteil zeigte keine erhöhte Tagesmüdigkeit. Der Mittelwert aller Musiker lag bei $7,4 \pm 3,4$ Punkten. Da bis zu einem Wert von 7 Punkten der Normbereich angesiedelt ist, befindet sich das Ergebnis der Musiker knapp darüber, in einer sogenannten diagnostischen Grauzone, da erst ab einem Wert von über 10 Punkten von einer erhöhten Tagesschläfrigkeit ausgegangen werden kann. Die Ergebnisse des ESS zeigen keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen der Streicher und Bläser.

Die ESS Ergebnisse werden ebenfalls in die einzelnen Blasinstrumente, die Gruppen Hochdruck- und Tiefdruckinstrumente sowie Blech- und Holzblasinstrumente aufgeteilt dargestellt. Hierbei fallen erhöhte mittlere Werte bei den Oboen, Fagotten, Trompeten und Hörnern zwischen 8,5 bis 11 auf. Die Flöten und Klarinetten hingegen liegen bei ESS Werten zwischen 4 und 5 im Median. Dieser Unterschied findet sich ebenfalls im Vergleich zwischen Tiefdruck- und Hochdruckinstrumenten mit Werten von 4,5 bei den Tiefdruck- und 9 bei den Hochdruckbläsern. Die Blechbläser haben einen höheren ESS Wert von 10, wobei auch die Holzbläser mit einem Median von 5,5 deutlich niedriger liegen.

*Sauter et al.*¹¹² konnten in einer Studie mit 239 gesunden Erwachsenen einen Normwert für den ESS messen, welcher im Mittel bei $6,6 \pm 3,6$ Punkten lag. Bei dieser Untersuchung zeigten sich bei 85% der Probanden Werte von <10 Punkten. Da nur 69% der Musiker <10 Punkten liegen, kann hier trotz einem im Normbereich liegenden Mittelwert von einer leicht erhöhten Tagesmüdigkeit ausgegangen werden.

Eine erhöhte Tagesmüdigkeit begründet sich häufig mit einem schlechten Nachtschlaf mit häufigen Unterbrechungen. Als Ursache kann dies z. B. durch vermehrte Apnoephasen und daraus resultierenden Sauerstoffmangel entstehen. Ebenfalls kann dies eine Folge von chronischer Schlafdeprivation sein. Da der mittlere AHI der Musiker im Normbereich angesiedelt ist und bei keinem Musiker ein manifestes Schlafapnoesyndrom vorlag, ist die wahrscheinlichste Ursache der leicht erhöhten Tagesmüdigkeit durch eine chronische Schlafdeprivation zu begründen; ausgelöst einerseits durch zu kurzen Schlaf mit einer durchschnittlichen Gesamtschlafzeit von im Median 6,3h. Andererseits kann dies durch einen nach hinten verschobenen Tag-Nacht-Rhythmus mit einer durchschnittlichen Einschlafzeit von 00:15 Uhr mit einem zusätzlich erhöhten Stresslevel am Abend aufgrund der späten Auftritte begründet sein. Diese Hypothese korreliert mit den Ergebnissen aus der Polysomnographie, welche Zeichen einer Schlafdeprivation zeigen.

Die Bläser mit einem höheren Anblasdruck zeigen ein deutlich höheres ESS Ergebnis und liegen mit einem Median von 10 Punkten im erhöhten Bereich. Die erhöhte Tagesmüdigkeit bei den Hochdruckbläsern korreliert mit den Ergebnissen des höheren AHI von im Median 5/h in dieser Gruppe. Diese Ergebnisse können auch als ursächlich miteinander verknüpft angesehen werden, da ein erhöhter AHI zu mehr Arousals und einem unerholsameren Schlaf führt, der wiederum eine erhöhte Tagesmüdigkeit nach sich ziehen kann. Den Unterschied zwischen der Blech- und Holzbläsergruppe ist wahrscheinlich durch den Effekt zwischen Tief- und Hochdruckbläsern entstanden, so dass die Tiefdruckbläser den Wert in der Holzbläsergruppe deutlich vermindern.

4.6 Zusammenhänge zwischen den Fragebögen ESS, PSQI und D-MEQ

Folgende Zusammenhänge wurden ausgewertet: Leiden die Probanden, die eine schlechte Schlafqualität im PSQI aufweisen, auch an einer erhöhten Tagesschläfrigkeit? Sind die Probanden mit einer schlechten Schlafqualität eher Morgen- oder Abendtypen? Wieviele Morgen-typen leiden an einer erhöhten Tagesschläfrigkeit?

Es zeigt sich bei drei Probanden von insgesamt zwölf mit schlechter und chronisch schlechter Schlafqualität im PSQI ebenfalls eine erhöhte Tagesschläfrigkeit im ESS. Von den

insgesamt zölf Probanden mit schlechter und chronisch schlechter Schlafqualität sind zwei Morgentypen und vier Abendtypen. Von insgesamt sechs Probanden mit erhöhter Tages-schläfrigkeit ist ein Proband Morgentyp und ein Proband Abendtyp. Unter Berücksichtigung der geringen Probandenanzahl fallen hierbei folgende Umstände auf. Es sind zwar nur zwei der schlechten Schläfer Morgentypen, jedoch handelt es sich bei insgesamt vier Morgentypen hierbei schon um die Hälfte aller Morgentypen, die schlecht bis chronisch schlecht schlafen. Dies ist angesichts der spät abendlichen Arbeits- und Belastungszeiten einerseits nicht unerwartet jedoch kritisch zu sehen. Ebenfalls die Hälfte der schlechten und chronisch schlechten Schläfer im PSQI sind Morgen- oder Abendtypen und scheinen damit einen größeren Nachteil durch die unregelmäßigen Arbeitszeiten davon zu tragen als die Intermediärtypen. Ähnliche Ergebnisse finden sich in der aktuellen Arbeit von *Juda et al.*¹⁶⁷, die 238 Schichtarbeiter in Bezug auf verschiedene Schlafveränderungen untersuchten.

4.7 Spezifische Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter (FEPS–II)

Der Fragebogen zur Erfassung spezifischer Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter FEPS–II wurde anhand der Merkmale „Fokussieren“ und „Grübeln“ bei den Musikern durchgeführt. Nach Auswertung anhand von Staninen aus der Normalbevölkerung zeigen sich bei den Musikern im Durchschnitt Werte im mittleren Bereich der schlafgesunden Normalbevölkerung. Kleinere Abweichungen fallen beim Merkmal „Grübeln“ im Vergleich der Streicher mit den Bläsern auf. Hier zeigen die Bläser (männliche sowie weibliche) einen höheren Wert als die Streicher. Hohe „Grübel“ Werte können auf eine psychische Mitbeteiligung einer Schlafstörung hinweisen. Jedoch weicht der Wert der weiblichen Bläser im Vergleich zu den weiblichen Streichern bezogen auf die Stanine der schlafgesunden Normalbevölkerung von 5 auf 6 nach oben und der Wert der männlichen Streicher im Vergleich zu den männlichen Bläsern von Stanin 5 auf 4 nach unten ab. Somit zeigen nur die weiblichen Streicher höhere „Grübel“ Werte.

Dieses Ergebnis kann auf eine stärkere psychische Auswirkung der schlechten Schlafqualität hindeuten, welche sich hauptsächlich bei den weiblichen Musikern bemerkbar macht. Auch hier sind es die Streicher, welche eine stärkere Wirkung auf den stressreichen Beruf zeigen. Ob die Bläser durch eine von den Streichern divergierende Persönlichkeitsstruktur besser mit dem Stress umgehen können oder über erfolgreichere Coping–Strategien verfügen, bleibt offen. Trotz höherem Erfolgsdruck zeigen dennoch die Bläser im Gegensatz zu den Streichern eine besserer Schlafqualität, Schlaffeffizienz als auch fehlende Auffälligkeiten im FEPS–II–Fragebogen.

Diskussion

Alle Musiker zusammen genommen zeigen anhand dieser Ergebnisse keine besonderen Ausprägungen der Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter. Die Einschränkungen in der Schlafqualität im PSQI und der Schlafeffizienz sowie die Zeichen einer Schlafdeprivation als Ergebnisse in der Polysomnographie scheinen sich im Mittel nicht auf die Merkmale „Fokussieren“ und „Grübeln“ im Sinne von Schlafgestörten auszuwirken bzw. lagen bei den Musikern im Vorfeld nicht vor.

4.8 Beantwortung der Fragestellung

Als Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse lassen sich die in Kapitel 1.1 zugrunde gelegten Fragestellungen wie folgt beantworten:

1. Professionelle Orchestermusiker zeigen im Vergleich zu einer altersentsprechenden Gruppe Schlafgesunder eine veränderte Schlafarchitektur sowie eine verkürzte Gesamtschlafdauer. Die Veränderungen in der Schlafarchitektur sind durch eine verkürzte REM–Schlafphase und eine verlängerte Tiefschlafphase im Sinne einer Erholungsnacht nach Schlafdeprivation zu interpretieren.
2. Die Atmungsparameter, in Form von Apnoe Hypopnoe Index und Schnarchanteil, zeigen sich insgesamt bei der Bläsergruppe im Vergleich zur Streichergruppe nicht signifikant verringert. Somit kann die ursprüngliche Hypothese nicht bestätigt werden. Der AHI der Bläsergruppe ist im Median minimal höher als der AHI der Streichergruppe. Deutlich höher dagegen fällt der Schnarchanteil bei der Bläsergruppe aus.
3. Neben einer späten durchschnittlichen Zubettgehzeit von 00:15 Uhr ist die Gesamtschlafzeit mit 6,2 Stunden im Median im Vergleich zu Schlafgesunden verkürzt. Die polysomnographisch ermittelte Schlafqualität in Form des Schlafeffizienzindex ist mit 84,6% eingeschränkt und signifikant geringer als die der Vergleichsgruppe Schlafgesunder. Die subjektive Schlafqualität, gemessen mittels PSQI–Fragebogens, ist bei professionellen Orchestermusikern im oberen Normbereich angesiedelt und damit definitionsgemäß nicht eingeschränkt.

4.9 Ausblick

Der deutliche Unterschied im AHI zwischen den Hochdruckbläsern und den Tiefdruckbläsern lässt vermuten, dass der Blasansatz und die Tonerzeugung eines Blasinstrumentes von entscheidender Bedeutung, insbesondere im Hinblick auf eine positive Beeinflussung einer Schlafapnoe, sind. Um dies zu bestätigen, sind weitere Untersuchungen zu empfehlen. Hier könnte der AHI von Studenten einer Horn- oder Trompetenklasse als Hochdruckblasinstrumente mit einer Klarinetten- oder Flötenklasse als Tiefdruckblasinstrumente verglichen werden.

Da Phasen der Erholung während der Wachzeit besonders bei Schichtarbeitern einen großen Stellenwert haben, ist eine weitere Studie zum Mittagsschlaf bei Berufsmusikern denkbar: eine Studie, welche die Auswirkungen auf einen Mittagsschlaf und einen „Power Nap“ auf die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit von Berufsorchestermusikern im Hinblick auf Veränderungen in der Schlafqualität untersucht.

Aufgrund des unregelmäßigen Schlaf-Wach-Rhythmus', welcher durch die Arbeitsbedingungen bei Berufsorchestermusikern unabdingbar auftritt, sind Phasen der Erholung und Regeneration von besonderer Bedeutung. Diese im direkten Arbeitsumfeld zu schaffen, um hierdurch eine bessere Konzentrations- und Leistungsfähigkeit zu erreichen, sollte die Bestrebung sein. Um den Musikern zwischen den Proben eine Erholungsmöglichkeit am Theater zu ermöglichen, könnte ein Ruheraum ähnlich dem, der für die Tänzer des Staatsballetts eingerichtet wurde, eine große Verbesserung bringen und somit einer Schlafdeprivation vorbeugen.

5 Literaturverzeichnis

- 1 Puhan MA, Suarez A, Cascio CL, Zahn A, Heitz M, Braendli O. Didgeridoo playing as alternative treatment for obstructive sleep apnoea syndrome: randomised controlled trial. *BMJ* 2006;332:266–70.
- 2 Alberts C, Laier-Groeneveld G. Didgeridoo, eine Alternative bei OSAS? *Pneumologie* 2012;66.
- 3 Roenneberg T, Kuehnle T, Juda M, et al. Epidemiology of the human circadian clock. *Sleep Med Rev* 2007;11:429–38.
- 4 Zeiß K. Berufskrankheiten : Mit welchen Leiden Musiker für ihren Job bezahlen - Nachrichten Gesundheit - DIE WELT. Welt. (accessed 19. April 2013 at <http://www.welt.de/gesundheit/article110458350/Mit-welchen-Leiden-Musiker-fuer-ihren-Job-bezahlen.html>.)
- 5 Fietze I, Strauch J, Holzhausen M, et al. Sleep quality in professional ballet dancers. *Chronobiol Int* 2009;26:1249–62.
- 6 Brown DL, Zahuranec DB, Majersik JJ, et al. Risk of sleep apnea in orchestra members. *Sleep Med* 2009;10:657–60.
- 7 Bórbely A. Das Geheimnis des Schlafs: neue Wege und Erkenntnisse der Forschung. Muenchen: Deutscher Taschenbuch Verlag, 1987.
- 8 Böttcher H. Ein Drittel jedes Lebens...eine kleine Kulturgeschichte des Schlafes. Stolberg/Rheinland: Med.-Wiss. Abt. der Chemie-Grünenthal-GmbH, 1965.
- 9 Penzel T, Peter H, Peter JH. Schlafstörungen. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Berlin, Robert-Koch-Inst, 2005.
- 10 Feld M. Schlaf und Stress. Schattauer GmbH Verlag für Medizin und Naturwissenschaften 2013;1:3.
- 11 Borck C. Hirnströme: eine Kulturgeschichte der Elektroenzephalographie. Göttingen: Wallstein, 2005.
- 12 Aserinsky E, Kleitman N. Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep. *Science* 1953;118:273–4.

Literaturverzeichnis

- 13 Gastaut H, Tassinari C, Duron B. Etude polygraphique des Manifestations episodiques (hypniques et respiratoires) diurnes et nocturnes du syndrome de Pickwick. *Revue Neurologique* 1965;115:568–79.
- 14 Harris CD. Neurophysiology of sleep and wakefulness. *Respir Care Clin N Am* 2005;11:567–86.
- 15 Schwartz J, Roth T. Neurophysiology of sleep and wakefulness: basic science and clinical implications. *Curr Neuropharmacol* 2008;6:367–78.
- 16 Bjarnason GA, Jordan RC, Wood PA, et al. Circadian expression of clock genes in human oral mucosa and skin: association with specific cell-cycle phases. *Am J Pathol* 2001;158:1793–801.
- 17 Aschoff J, Wever R. Spontanperiodik des Menschen bei Ausschluß aller Zeitgeber. *Naturwissenschaften* 1962;49:337–8.
- 18 Okamoto-Mizuno K, Mizuno K. Effects of thermal environment on sleep and circadian rhythm. *J Physiol Anthropol* 2012;31:14.
- 19 Steinberg R, Weess H-G, Landwehr R. *Schlafmedizin: Grundlagen und Praxis*. Bremen: UNI-MED-Verl, 2010.
- 20 Suchecki D, Tiba PA, Machado RB. REM Sleep Rebound as an Adaptive Response to Stressful Situations. *Front Neurol* 2012;3.
- 21 Rechtschaffen A, Kales A. *Manual of standardized terminology, techniques and scoring system for the sleep stages of human subjects*. Washington, D.C.: Government Printing Office, 1968.
- 22 Cajochen C. Schlafregulation. *Somnologie - Schlafforschung Schlafmed* 2009;13:64–71.
- 23 Stuck B, Maurer JT, Schredl M, Wee HG. *Praxis der Schlafmedizin: Schlafstörungen bei Erwachsenen und Kindern. Diagnostik, Differentialdiagnostik und Therapie*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009.
- 24 Matthys H, Aigner K. *Schlafmedizin: ein Kompendium*. München-Deisenhofen: Feistle, 1995.
- 25 Penzel T. Polysomnographie und Hypnogramm. In: *Enzyklopädie der Schlafmedizin mit 137 Tabellen*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007.

Literaturverzeichnis

- 26 Ohayon MM, Carskadon MA, Guilleminault C, Vitiello MV, others. Meta-analysis of quantitative sleep parameters from childhood to old age in healthy individuals: developing normative sleep values across the human lifespan. *Sleep* 2004;27:1255–74.
- 27 Cajochen C. Schlafdauer. In: Peter, Penzel Hrsg. Enzyklopädie der Schlafmedizin mit 137 Tabellen. Springer Berlin Heidelberg, 2007:1080–4.
- 28 Steptoe A, Peacey V, Wardle J. Sleep duration and health in young adults. *Arch Intern Med* 2006;166:1689.
- 29 Tamakoshi A, Ohno Y. Self reported sleep duration as a predictor of all cause mortality: results from the JACC study, Japan. *Sleep* 2004;27:51–4.
- 30 Groeger JA, Zijlstra FRH, Dijk D-J. Sleep quantity, sleep difficulties and their perceived consequences in a representative sample of some 2000 British adults. *J Sleep Res* 2004;13:359–71.
- 31 Horne JA, Ostberg O. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Int J Chronobiol* 1976;4:97–110.
- 32 Bailey SL, Heitkemper MM. Circadian rhythmicity of cortisol and body temperature: morningness-eveningness effects. *Chronobiol Int* 2001;18:249–61.
- 33 Scottish Intercollegiate Guidelines Network. Clinical guideline no 73. Management of Obstructive Sleep Apnoea/Hypopnoea Syndrome in adults. Edinburgh: Scottish Intercollegiate Guidelines Network, 2003.
- 34 Duchna HW. Schlafbezogene Atmungsstörungen. Neuauflage der Internationalen Klassifikation von Schlafstörungen (ICSD–2) der American Academy of Sleep Medicine (AASM). *Pneumologie* 2006;60:568–75.
- 35 Sankri-Tarbichi A. Obstructive Sleep Apnea Hypopnea Syndrome: Etiology and diagnosis. *Avicenna J Med* 2012;2:3.
- 36 Iber C, D SA-I Ph. Das AASM Manual zum Scoring von Schlaf und assoziierten Ereignissen: Regeln, Technologie und technische Spezifikationen. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007.
- 37 Fietze I, Penzel T, Alonderis A, et al. Management of Obstructive Sleep Apnea in Europe. *Sleep Med* 2011;12:190–7.
- 38 Young T, Evans L, Finn L, Palta M. Estimation of the clinically diagnosed proportion of Sleep Apnea Syndrome in middle aged men and women. *Sleep* 1997;20:705–6.

- 39 White DP. Sleep related breathing disorder. 2. Pathophysiology of Obstructive Sleep Apnoea. *Thorax* 1995;50:797–804.
- 40 Punjabi NM. The epidemiology of adult Obstructive Sleep Apnea. *Proc Am Thorac Soc* 2008;5:136–43.
- 41 Young T, Peppard P E, Gottlieb D J. Epidemiology of Obstructive Sleep Apnea: A population health perspective. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;165:1217–39.
- 42 Mayer G, Fietze I, Fischer J, et al. S 3-Leitlinie. Nicht Erholsamer Schlaf/Schlafstörungen: Kurzfassung. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011.
- 43 Sullivan C, Berthon-Jones M, Issa F, Eves L. Reversal of Obstructive Sleep Apnoea by continuous positive airway pressure applied through the nares. *The Lancet* 1981;317:862–5.
- 44 Hsu AAL, Lo C. Continuous positive airway pressure therapy in Sleep Apnoea. *Respirology* 2003;8:447–54.
- 45 Jenkinson C, Davies RJ, Mullins R, Stradling JR. Comparison of therapeutic and subtherapeutic nasal continuous positive airway pressure for Obstructive Sleep Apnoea: a randomised prospective parallel trial. *Lancet Lond Engl* 1999;353:2100–5.
- 46 Weaver TE, Maislin G, Dinges DF, et al. Relationship between hours of CPAP use and achieving normal levels of sleepiness and daily functioning. *Sleep* 2007;30:711–9.
- 47 Marin JM, Carrizo SJ, Vicente E, Agusti AGN. Long-term cardiovascular outcomes in men with Obstructive Sleep Apnoea-Hypopnoea with or without treatment with continuous positive airway pressure: an observational study. *Lancet* 2005;365:1046–53.
- 48 Norman D, Loreda JS, Nelesen RA, et al. Effects of continuous positive airway pressure versus supplemental oxygen on 24-hour ambulatory blood pressure. *Hypertension* 2006;47:840–5.
- 49 Randerath WJ, Verbraecken J, Andreas S, et al. Non-CPAP therapies in Obstructive Sleep Apnoea. *Eur Respir J* 2011;37:1000–28.
- 50 CADTH. Oral appliances for treatment of snoring and Obstructive Sleep Apnea: a review of clinical effectiveness. *Can Agency Drugs Technol Health CADTH Technol Overv* 2010; 1: e0107.
- 51 Randerath WJ, Galetke W, Domanski U, Weitkunat R, Ruhle KH. Tongue-muscle training by intraoral electrical neurostimulation in patients with Obstructive Sleep Apnea. *Sleep* 2004;27:254–60.

Literaturverzeichnis

- 52 Strollo PJ Jr, Soose RJ, Maurer JT, et al. Upper airway stimulation for Obstructive Sleep Apnea. *N Engl J Med* 2014;370:139–49.
- 53 Guimarães KC, Drager LF, Genta PR, Marcondes BF, Lorenzi-Filho G. Effects of oropharyngeal exercises on patients with moderate obstructive sleep apnea syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2009;179:962–6.
- 54 Spahn C, Richter B, Altenmüller E. *Musiker Medizin. Diagnostik, Therapie und Prävention von musikerspezifischen Erkrankungen*. 1. ed. Stuttgart: Schattauer GmbH, 2011
- 55 Ministerialblatt des Sächsischen Staatsministeriums der Finanzen. Dresden, Staatsministerium der Finanzen, 2010.
- 56 Sandner W. Orchestermusiker: Ein Blick durchs Notenschlüsselloch - Kultur - FAZ. (accessed 17. May 2013 at: <http://www.faz.net/aktuell/rhein-main/kultur/orchestermusiker-ein-blick-durchs-notenschluesselloch-1753421.html>.)
- 57 Schmale H, Schmidtke H. *Der Orchestermusiker: seine Arbeit und seine Belastung: eine empirische Untersuchung*. Mainz, London: Schott, 1985.
- 58 Häusler R. *Die Auswirkungen von überlautem Schall auf das Gehör*. Bern: Ther Umsch Verl Hans Huber 2004;61:21-29.
- 59 Klöppel R. *Die Kunst des Musizierens: von den physiologischen und psychologischen Grundlagen zur Praxis*. 6. ed. Mainz: Schott, 2013.
- 60 SUVA Akustik. *Lärmtabelle Musik - Typische Lärmbelastungen für Berufe und Funktionen*. (accessed 22. May 2013 at <https://extra.suva.ch/suva/b2c/download>)
- 61 Schmidt JH, Pedersen ER, Juhl PM, et al. Sound exposure of symphony orchestra musicians. *Ann Occup Hyg* 2011;55:893–905.
- 62 Haider M, Groll-Knapp E. Psychophysiologische Untersuchung über die Belastung des Musikers in einem Sinfonieorchester. In: Piperek M, ed. *Streß und Kunst. Gesundheitliche, psychische, soziologische und rechtliche Belastungsfaktoren im Beruf des Musikers eines Sinfonieorchesters*. Wien: Braumüller, 1971;1:15-37.
- 63 BAuA - EG-Lärmrichtlinie 2003/10/EG ins nationale Recht umgesetzt / Lärm und Akustik /Themen von A-Z/Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. (accessed 26. Aug 2013 at <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Laerm-und-Akustik/EG-Laermrichtlinie.html>)

Literaturverzeichnis

- 64 Hohmann B, Dupasquier S, Billeter T. Fortissimo mit Folgen Gehörgefährdung bei Orchestermusikern und Berufssängern. In: Landau A, Peter Stulz, eds. Musik und Medizin - Zwei Künste im Dialog. Zürich: Chronos-Verlag, 2003;1:53-58.
- 65 Iñesta C, Terrados N, García D, Pérez JA. Heart rate in professional musicians. *J Occup Med Toxicol* 2008;3:16.
- 66 Looser RR, Metzenthin P, Helfricht S, et al. Cortisol is significantly correlated with cardiovascular responses during high levels of stress in critical care personnel. *Psychosom Med* 2010;72:281–9.
- 67 Ferstl E. Die Relevanz psychophysiologischer Reaktionen und Prozesse für das Erbringen von Höchstleistungen am Beispiel des konzertierenden Musikers. *Musik Tanz Kunsttherapie* 2006;17:68–75.
- 68 Kemp A. The Personality Structure of the Musician: I. Identifying a Profile of Traits for the Performer. *Psychol Music* 1981;9:3–14.
- 69 Spitzer M. Musik im Kopf: Hören, Musizieren, Verstehen und Erleben im neuronalen Netzwerk. Stuttgart: Schattauer, 2009.
- 70 Yerkes RM, Dodson JD. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *J Comp Neurol Psychol* 1908;18:459–82.
- 71 Kreuter M, Kreuter C, Herth F. Pneumologische Aspekte des Musizierens auf einem Blasinstrument - physiologische, pathophysiologische und therapeutische Gesichtspunkte. *Pneumologie* 2008;62:83–7.
- 72 Bouhuys A. Lung volumes and breathing patterns in wind-instrument players. *J Appl Physiol* 1964;19:967–75.
- 73 Fuks L, Sundberg J. Blowing pressures in reed woodwind instruments. *KTH TMH-QPSR* 1996;3:41–56.
- 74 Fletcher NH. Acoustical correlates of flute performance technique. *J Acoust Soc Am* 1975;57:233.
- 75 Fletcher NH, Tarnopolsky A. Blowing pressure, power, and spectrum in trumpet playing. *J Acoust Soc Am* 1999;105:874–81.
- 76 Fletcher N H. The physiological demands of wind instrument performance. *Acoust Aust* 2000; 28: 53–6.

Literaturverzeichnis

- 77 Griefahn B. Nachtarbeit und Schichtarbeit. In: Peter, Penzel Hrsg. Enzyklopädie der Schlafmedizin mit 137 Tabellen. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007:785–9.
- 78 Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz. ArbZG - Arbeitszeitgesetz. (accessed 24. Feb 2014 at [1994.http://www.gesetze-im-internet.de/arbzg/BJNR1171-00994.html](http://www.gesetze-im-internet.de/arbzg/BJNR1171-00994.html).)
- 79 Cajochen C. Sleep disruption in shift work and jet lag: the role of the circadian timing system. *Praxis* 2005;94:1479–83.
- 80 Knauth P, Landau K, Dröge C, Schwitteck M, Widynski M, Rutenfranz J. Duration of sleep depending on the type of shift work. *Int Arch Occup Environ Health* 1980;46:167–77.
- 81 Knauth P. Shiftwork. *Z Für Gastroenterol* 2002;40:106–10.
- 82 Mulrine HM, Signal TL, van den Berg MJ, Gander PH. Post-sleep inertia performance benefits of longer naps in simulated nightwork and extended operations. *Chronobiol Int* 2012;29:1249–57.
- 83 Lovato N, Lack L. The effects of napping on cognitive functioning. *Prog Brain Res* 2010;185:155–66.
- 84 Asaoka S, Fukuda K, Murphy TI, Abe T, Inoue Y. The effects of a nighttime nap on the error-monitoring functions during extended wakefulness. *Sleep* 2012;35:871–8.
- 85 Seyle H. Stress (The physiology and pathology of exposure to systemic stress). *Acta Inc Med Publ Montr* 1950.
- 86 Weber CS, Thayer JF, Rudat M, et al. Low vagal tone is associated with impaired post stress recovery of cardiovascular, endocrine, and immune markers. *Eur J Appl Physiol* 2010;109:201–11.
- 87 Hall M. Acute Stress Affects Heart Rate Variability During Sleep. *Psychosom Med* 2004;66:56–62.
- 88 Palma BD, Suchecki D, Tufik S. Differential effects of acute cold and footshock on the sleep of rats. *Brain Res* 2000;861:97–104.
- 89 Papale LA, Andersen ML, Antunes IB, Alvarenga TAF, Tufik S. Sleep pattern in rats under different stress modalities. *Brain Res* 2005;1060:47–54.

Literaturverzeichnis

- 90 Bodosi B, Obál F Jr, Gardi J, Komlódi J, Fang J, Krueger JM. An ether stressor increases REM sleep in rats: possible role of prolactin. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2000;279:R1590–1598.
- 91 Bonnet C, Marinesco S, Debilly G, Kovalzon V, Cespuglio R. Influence of a 1-h immobilization stress on sleep and CLIP (ACTH(18-39)) brain contents in adrenalectomized rats. *Brain Res* 2000;853:323–9.
- 92 Pace-Schott EF, Hobson JA. The neurobiology of sleep: genetics, cellular physiology and subcortical networks. *Nat Rev Neurosci* 2002;3:591–605.
- 93 Söderström M, Ekstedt M, Akerstedt T, Nilsson J, Axelsson J. Sleep and sleepiness in young individuals with high burnout scores. *Sleep* 2004;27:1369–77.
- 94 Riemann D. Schlafentzug. In: Peter, Penzel Hrsg. *Enzyklopädie der Schlafmedizin mit 137 Tabellen*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007:1085–8.
- 95 Banks S, Dinges DF. Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. *J Clin Sleep Med JCSM Off Publ Am Acad Sleep Med* 2007;3:519–28.
- 96 Taheri S, Lin L, Austin D, Young T, Mignot E. Short sleep duration is associated with reduced leptin, elevated ghrelin, and increased body mass index. *PLoS Med* 2004;1:e62.
- 97 Meier-Ewert HK, Ridker PM, Rifai N, et al. Effect of sleep loss on C-reactive protein, an inflammatory marker of cardiovascular risk. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:678–83.
- 98 Kato M, Phillips BG, Sigurdsson G, Narkiewicz K, Pesek CA, Somers VK. Effects of sleep deprivation on neural circulatory control. *Hypertension* 2000;35:1173–5.
- 99 Spiegel K, Leproult R, L'hermite-Balériaux M, Copinschi G, Penev PD, Van Cauter E. Leptin levels are dependent on sleep duration: relationships with sympathovagal balance, carbohydrate regulation, cortisol, and thyrotropin. *J Clin Endocrinol Metab* 2004;89:5762–71.
- 100 Spiegel K, Leproult R, Van Cauter E. Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function. *Lancet* 1999;354:1435–9.
- 101 Spiegel K, Knutson K, Leproult R, Tasali E, Van Cauter E. Sleep loss: a novel risk factor for insulin resistance and Type 2 diabetes. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985 2005;99:2008–19.

Literaturverzeichnis

- 102 Robertson MD, Russell-Jones D, Umpleby AM, Dijk D-J. Effects of three weeks of mild sleep restriction implemented in the home environment on multiple metabolic and endocrine markers in healthy young men. *Metabolism* 2013;62:204–11.
- 103 Van Dongen HPA, Maislin G, Mullington JM, Dinges DF. The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. *Sleep* 2003;26:117–26.
- 104 Greenberg R, Pillard R, Pearlman C. The effect of dream (stage REM) deprivation on adaptation to stress. *Psychosom Med* 1972;34:257–62.
- 105 Shipley JE, Scheingart DE, Tandon R, et al. EEG sleep in Cushing's disease and Cushing's syndrome: comparison with patients with major depressive disorder. *Biol Psychiatry* 1992;32:146–55.
- 106 Vandekerckhove M, Cluydts R. The emotional brain and sleep: an intimate relationship. *Sleep Med Rev* 2010;14:219–26.
- 107 Habukawa M, Uchimura N, Maeda M, Kotorii N, Maeda H. Sleep findings in young adult patients with posttraumatic stress disorder. *Biol Psychiatry* 2007;62:1179–82.
- 108 Jasper H. The ten twenty system of the International Federation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1958;10:371–5.
- 109 Griefahn B. Einsatz eines Fragebogens (D-MEQ) zur Bestimmung des Chronotyps bei der Zuweisung eines Schichtarbeitsplatzes. München: GRIN Verlag GmbH, 2002:142-49
- 110 Johns MW. A new method for measuring daytime sleepiness the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep* 1991;14:540–5.
- 111 Buysse DJ, Reynolds CF 3rd, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res* 1989;28:193–213.
- 112 Sauter C, Popp R, Danker-Hopfe H, et al. Normative values of the German Epworth Sleepiness Scale: Results from a multicenter study. *Somnologie - Schlafforschung Schlafmed* 2007;11:272–8.
- 113 Johns MW. Sensitivity and specificity of the multiple sleep latency test (MSLT), the maintenance of wakefulness test and the Epworth Sleepiness Scale: failure of the MSLT as a gold standard. *J Sleep Res* 2000;9:5–11.

Literaturverzeichnis

- 114 Riemann D, Backhaus J. Behandlung von Schlafstörungen. Weinheim: Beltz, Psychologie-Verl-Union, 1996.
- 115 Backhaus J, Junghanns K, Broocks A, Riemann D, Hohagen F. Test–retest reliability and validity of the Pittsburgh Sleep Quality Index in primary insomnia. *J Psychosom Res* 2001;53:737–40.
- 116 Heyden T, Schmeck-Kessler K, Schreiber HJ. Spezifische Persönlichkeitsmerkmale von Schlafgestörten. *Z Klin Psychol* 1984;13:280-299.
- 117 Freedman RR, Sattler HL. Physiological and psychological factors in sleep-onset insomnia. *J Abnorm Psychol* 1982;91:380–9.
- 118 Hauri PJ. Primary Insomnia. In: Principles And Practice Of Sleep Medicine. M.H. Kryger , Roth, T., Dement, W.C (Eds.). Philadelphia, W.B. Saunders Company, 1989:442–7.
- 119 Schmeck K, Schreiber H-J. Funktionelle Schlafstörungen. Persönlichkeitsbezogene Erklärungsansätze und empirische Überprüfung. 1981.
- 120 Hoffmann RM, Schnieder G, Heyden T. Fragebogen zur Erfassung spezifischer Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter (FEPS II). Göttingen: Hogrefe-Verlag für Psychologie, 1996.
- 121 Peter H, Penzel T, Peter JH. Enzyklopädie der Schlafmedizin mit 137 Tabellen. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007.
- 122 Fietze I, Diefenbach K. Healthy sleepers are rare: problems and success rates in establishing a control group for sleep studies. *Neuropsychopharmacology* 2002;28:558–61.
- 123 Agnew Jr. HW, Webb WB, Williams RL. The First Night Effect: an eeg study of sleep. *Psychophysiology* 1966;2:263–6.
- 124 Rechtschaffen A, Verdone P. Amount of dreaming: effect of incentive, adaption to laboratory, and individual differences. *Percept Mot Skills* 1964;19:947–58.
- 125 Mendels J, Hawkins DR. Sleep laboratory adaptation in normal subjects and depressed patients. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1967;22:556–8.
- 126 Schmidt HS, Kaelbling R. The differential laboratory adaptation of sleep parameters. *Biol Psychiatry* 1971;3:33-45.

Literaturverzeichnis

- 127 Coates TJ, George JM, Killen JD, Marchini E, Hamilton S, Thorensen CE. First night effects in good sleepers and sleep maintenance insomniacs when recorded at home. *Sleep* 1981;4:293–8.
- 128 Coble P, McPartland RJ, Silva WJ, Kupfer DJ. Is there a first night effect? (a revisit). *Biol Psychiatry* 1974;9:215–9.
- 129 Sharpley AL, Solomon RA, Cowen PJ. Evaluation of first night effect using ambulatory monitoring and automatic sleep stage analysis. *Sleep* 1988;11:273–6.
- 130 Wauquier A, van Sweden B, Kerkhof GA, Kamphuisen HA. Ambulatory first night sleep effect recording in the elderly. *Behav Brain Res* 1991;42:7–11.
- 131 Wauquier A, van Sweden B, Lagaay AM, Kemp B, Kamphuisen HA. Ambulatory monitoring of sleep wakefulness patterns in healthy elderly males and females (greater than 88 years): the ‘Senieur’ protocol. *J Am Geriatr Soc* 1992;40:109–14.
- 132 Edinger JD, Marsh GR, McCall WV, Erwin CW, Lininger AW. Sleep variability across consecutive nights of home monitoring in older mixed DIMS patients. *Sleep* 1991;14:13–7.
- 133 Gupta R. Gibt es einen First Night Effect bei ambulanter Polysomnographie? Eine Untersuchung an fünfundzwanzig schlafgesunden Probanden. 2005.
- 134 Bliwise D. Normal aging. In: Kryger MH, Roth T, Dement WC, eds. *Principles and practice of sleep medicine*, 4th ed. Philadelphia, PA, Elsevier/Saunders, 2005:24–38.
- 135 Banks S, Van Dongen HPA, Maislin G, Dinges DF. Neurobehavioral dynamics following chronic sleep restriction: dose-response effects of one night for recovery. *Sleep* 2010;33:1013–26.
- 136 DaSilva JK, Lei Y, Madan V, et al. Fear conditioning fragments REM sleep in stress-sensitive Wistar-Kyoto, but not Wistar, rats. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2011;35:67–73.
- 137 Carskadon MA, Dement WC. Normal human sleep: an overview. *Princ Pract Sleep Med* 1994;4:13–23.
- 138 Ehlers CL, Reed TK, Henriksen SJ. Effects of corticotropin-releasing factor and growth hormone-releasing factor on sleep and activity in rats. *Neuroendocrinology* 1986;42:467–74.

Literaturverzeichnis

- 139 Chastrette N, Cespuglio R, Jouvet M. Proopiomelanocortin (POMC)-derived peptides and sleep in the rat. Part 1--Hypnogenic properties of ACTH derivatives. *Neuropeptides* 1990;15:61–74.
- 140 Meerlo P, Turek FW. Effects of social stimuli on sleep in mice: non-rapid-eye-movement (NREM) sleep is promoted by aggressive interaction but not by sexual interaction. *Brain Res* 2001;907:84–92.
- 141 Meerlo P, Pragt BJ, Daan S. Social stress induces high intensity sleep in rats. *Neurosci Lett* 1997;225:41–4.
- 142 Steiger A. Sleep and the hypothalamo-pituitary-adrenocortical system. *Sleep Med Rev* 2002;6:125–38.
- 143 Friess E, Wiedemann K, Steiger A, Holsboer F. The hypothalamic-pituitary-adrenocortical system and sleep in man. *Adv Neuroimmunol* 1995;5:111–25.
- 144 Kant GJ, Pastel RH, Bauman RA, et al. Effects of chronic stress on sleep in rats. *Physiol Behav* 1995;57:359–65.
- 145 De Kloet ER, Vreugdenhil E, Oitzl MS, Joëls M. Brain corticosteroid receptor balance in health and disease. *Endocr Rev* 1998;19:269–301.
- 146 Descamps A, Cespuglio R. Influence of aging on the sleep rebound induced by immobilization stress in the rat. *Brain Res* 2010;1335:14–23.
- 147 Marinesco S, Bonnet C, Cespuglio R. Influence of stress duration on the sleep rebound induced by immobilization in the rat: a possible role for corticosterone. *Neuroscience* 1999;92:921–33.
- 148 McDevitt EA, Alaynick WA, Mednick SC. The effect of nap frequency on daytime sleep architecture. *Physiol Behav* 2012;107:40–4.
- 149 Ferrara M, De Gennaro L. How much sleep do we need? *Sleep Med Rev* 2001;5:155–79.
- 150 Ohayon MM, Zulley J. Correlates of global sleep dissatisfaction in the German population. *Sleep* 2001;24:780–7.
- 151 American Sleep Disorders Association. The international classification of sleep disorders, revised: diagnostic and coding manual. Rochester, MN: American Sleep Disorders Association, 1997.

Literaturverzeichnis

- 152 Roehrs T, Roth T. Sleep, sleepiness, and alcohol use. *Alcohol Res Health J Natl Inst Alcohol Abuse Alcohol* 2001;25:101–9.
- 153 Feige B, Gann H, Brueck R, et al. Effects of alcohol on polysomnographically recorded sleep in healthy subjects. *Alcohol Clin Exp Res* 2006;30:1527–37.
- 154 Michels U, Vogel G. Instrumentenkunde Aerophone. In: *Dtv-Atlas Musik: systematischer Teil, Musikgeschichte von den Anfängen bis zur Gegenwart*. München: Dt. Taschenbuch-Verl, 2001.
- 155 *The Cambridge companion to the saxophone*. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 1998.
- 156 Cartwright RD. Effect of sleep position on sleep apnea severity. *Sleep* 1984;7:110–4.
- 157 Oksenberg A, Silverberg DS, Arons E, Radwan H. Positional vs nonpositional Obstructive Sleep Apnea patients: anthropomorphic, nocturnal polysomnographic, and multiple sleep latency test data. *Chest* 1997;112:629–39.
- 158 Oksenberg A, Khamaysi I, Silverberg DS, Tarasiuk A. Association of body position with severity of apneic events in patients with severe nonpositional Obstructive Sleep Apnea. *Chest* 2000;118:1018–24.
- 159 Richard W, Kox D, den Herder C, Laman M, van Tinteren H, de Vries N. The role of sleep position in Obstructive Sleep Apnea syndrome. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2006;263:946–50.
- 160 Rohrmeier C. Der snoring-Index - Ein valider und vergleichbarer Wert? *Somnologie* 2012;16:73–4.
- 161 Lehnkering H, Strauss A, Wegner B, Siegmund R. Actigraphic investigations on the activity rest behavior of right and left handed students. *Chronobiol Int* 2006;23:593–605.
- 162 Knauth P. Extended work periods. *Ind Health* 2007;45:125–36.
- 163 Pilcher JJ, Lambert BJ, Huffcutt AI. Differential effects of permanent and rotating shifts on self report sleep length: a meta-analytic review. *Sleep* 2000;23:155–63.
- 164 Zeitlhofer J, Schmeiser-Rieder A, Tribl G, et al. Sleep and quality of life in the Austrian population. *Acta Neurol Scand* 2000;102:249–57.
- 165 Rüdiger HW. Health problems due to night shift work and jetlag. *Internist* 2004;45:1021–5.

Literaturverzeichnis

- 166 Van Vugt FT, Treutler K, Altenmüller E, Jabusch H-C. The influence of chronotype on making music: circadian fluctuations in pianists' fine motor skills. *Front Hum Neurosci* 2013;7:347.
- 167 Juda M, Vetter C, Roenneberg T. Chronotype modulates sleep duration, sleep quality, and social jet lag in shift-workers. *J Biol Rhythms* 2013;28:141–51.

6 Veröffentlichungen

Hild C, Uibel S, Glos M, Penzel T, Fietze I

„Alterations in sleep among professional orchestra musicians“

Sleep, submitted 05/2014

Hild C, Uibel S, Glos M, Penzel T, Fietze I

Poster: „Wie schlafen professionelle Orchestermusiker?“

DGSM, 12/2012

7 Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Lebenslauf

8 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Tina Antje Corin Hild, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Der Schlaf von Orchestermusikern der Staatskapelle Berlin anhand einer polysomnographischen Untersuchung“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik und Resultaten entsprechen den URM und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

9 Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. Ingo Fietze, Leiter des Interdisziplinären Schlafmedizinischen Zentrums Berlin gebührt mein besonderer Dank für die freundliche Überlassung des Themas und die effiziente Unterstützung bei der Bearbeitung dieser Arbeit sowie Herrn Prof. Dr. rer. physiol. Thomas Penzel, wissenschaftlicher Leiter des Interdisziplinären Schlafmedizinischen Zentrums Berlin für die engagierte Betreuung der Arbeit, die vielen wertvollen und sachkundigen Ratschläge und das große Vertrauen.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Dipl.–Ing. Martin Glos, der mir stets in statistischen sowie computertechnischen Fragestellungen beratend zur Seite stand und mir jederzeit als präsender Ansprechpartner sein Ohr lieh. Iris Rieger danke ich für die hilfreiche Unterstützung bei der Auswertung der polysomnographischen Daten.

Des Weiteren möchte ich mich bei den teilnehmenden Musikern der Berliner Staatskapelle bedanken, da nur durch sie diese Studie ermöglicht werden konnte. Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei Dr. Stefanie Uibel für die wertvolle Vermittlung zu den Musikern der Staatskapelle Berlin sowie für die vertrauensvolle Einarbeitung zu Beginn.

Meinen Eltern gebührt größter Dank, dass sie mich zeitlebens in jeder Hinsicht unterstützt, mich stets zu dieser Arbeit ermutigt haben und mir die Zeit für diese Arbeit erst ermöglichten. Von Herzen danke ich meiner Mutter Anne Hild für die großartige Hilfe bei der Umsetzung der Graphiken und die wertvollen Diskussionen und Hilfestellungen zu Problemen jeglicher Art bei der Bearbeitung der Arbeit, ohne deren engagierte Unterstützung diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Für die ständige Motivation und liebevolle Unterstützung danke ich im Besonderen Tobias Schwind.

Oliver Falk danke ich herzlich für die extrem hilfreiche Unterstützung bei der Korrektur dieser Arbeit und die anregenden Exkurse trotz späterer Stunde. Mein Dank gilt ebenso Dr. Jan Scholz für die interessanten und konstruktiven Diskussionen, die immer wieder neue Ideen hervorbrachten. Julia Päplow gilt ein großes Dankeschön für die Hilfe durch die Wirren der neuen deutschen Rechtschreibung!