

Aus dem CharitéCentrum Innere Medizin und Dermatologie
mit Schwerpunkt Infektiologie und Pneumologie
Interdisziplinäres Schlafmedizinisches Zentrum (ISMZ)
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Untersuchung des Zusammenhanges von Jetlag-Symptomen und des Schlaf-Wach-
Rhythmus bei Langstreckenpiloten

Investigation of the relation between jet lag symptoms and the sleep-wake-rhythm of
long-range pilots

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von Nora Victoria Kubach

aus Schwäbisch Hall

Datum der Promotion: 03.12.2021

Inhaltsverzeichnis

1	<u>Abbildungsverzeichnis</u>	5
2	<u>Tabellenverzeichnis</u>	8
3	<u>Abkürzungsverzeichnis</u>	9
4	<u>Abstracts</u>	12
4.1	Deutscher Abstract	12
4.2	English Abstract	14
5	<u>Anmerkung</u>	16
6	<u>Einleitung</u>	17
6.1	Verkehrsflugzeugführer – ein globaler 24/7-Beruf	17
6.1.1	Schichtarbeit in der Luftfahrt	18
6.1.2	Institutionen zur Überwachung und Standardisierung in der Luftfahrt	18
6.1.3	Arbeitszeiten in der Luftfahrt	19
6.1.4	Gesundheitsstatus der Piloten	23
6.2	Schlaf	24
6.2.1	Die Schlafarchitektur	24
6.2.2	Schlafregulation	26
6.2.3	Funktion und Bedeutung des Schlafes	26
6.2.4	Tagesschlaf	27
6.3	Zirkadianer Rhythmus	28
6.3.1	Chronotypen	29
6.4	Schlafstörungen	30
6.4.1	Jetlag	31
6.4.2	Schichtarbeit und Gesundheit	33
6.5	Fatigue Risk Management System	34
6.6	Messverfahren Schlaf	35

6.6.1	Entwicklung der Schlafmessung	35
6.6.2	Aktigraphie – ein Messverfahren zur Schlaf-Wach-Quantifikation	35
6.6.3	Charité Jetlag Scale (CJS)	37
6.7	Aktueller Forschungsstand	38
6.8	Zielsetzung der Arbeit	39
6.8.1	Forschungsfragen	40

7 Methoden **41**

7.1	Probanden	41
7.1.1	Einschlusskriterien	41
7.1.2	Ausschlusskriterien	42
7.2	Studienablauf	42
7.3	Fragebogen: Charité Jetlag Scale (CJS)	43
7.4	Aktigraphie mittels Huawei Watch	44
7.5	Statistik	45

8 Ergebnisse **46**

8.1	Demographische Daten	46
8.2	Fallzahlen	49
8.3	Charité Jetlag Score, deskriptive Auswertung	50
8.3.1	Tagesmüdigkeit	51
8.3.2	Schlafprobleme	52
8.3.3	Vegetative Symptome	53
8.3.4	Physische Symptome	55
8.3.5	Psychische Symptome	56
8.3.6	Kognitive Symptome	58
8.4	Aktigraphie – allgemeine Auswertung	58
8.5	Vergleiche zwischen verschiedenen Gruppen	62
8.5.1	Morgen- vs. Abendprotokoll	62
8.5.2	Flugrichtung Osten vs. Westen	64
8.5.3	CJS – Flugrichtung Osten vs. Westen	65
8.5.4	Aktigraphie Flugrichtung Osten vs. Westen	67

8.5.5 Vergleich Männer vs. Frauen	68
8.5.5.1 CJS	68
8.5.5.2 Aktigraphie Vergleich Männer vs. Frauen	69
8.5.6 Vergleich von Piloten mit und ohne außerberufliche Verpflichtungen	69
8.5.6.1 CJS – Piloten mit und ohne Verpflichtungen	70
8.5.6.2 Aktigraphie - Piloten mit und ohne Verpflichtungen	73
<u>9 Diskussion</u>	<u>76</u>
9.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	76
9.2 Beantwortung und Diskussion der Forschungsfragen	77
9.2.1 Forschungsfrage 1	77
9.2.2 Forschungsfrage 2	80
9.2.3 Forschungsfrage 3	82
9.2.4 Forschungsfrage 4	83
9.3 Limitationen der Studie	84
9.4 Ausblick	86
9.4.1 Zukünftige individuelle Dienstplangestaltung	86
9.4.2 Weitere Maßnahmen zur Prävention von Jetlag und Fatigue	87
9.5 Weitere Forschungsfragestellungen	88
<u>10 Literaturverzeichnis</u>	<u>90</u>
<u>11 Anhang</u>	<u>104</u>
<u>12 Eidesstattliche Versicherung</u>	<u>109</u>
<u>13 Lebenslauf</u>	<u>110</u>
<u>14 Danksagung</u>	<u>112</u>
<u>15 Bescheinigung des akkreditierten Statistikers</u>	<u>113</u>

1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Pilot in Uniform während des Fluges mit dem Aktigraphen	44
Abbildung 2: Histogramm zum Altersdurchschnitt der Piloten	47
Abbildung 3: Histogramm zur Größenverteilung der Teilnehmer	47
Abbildung 4: Histogramm zum BMI der Teilnehmer (Angabe in kg/m ²)	48
Abbildung 5: Boxplot Darstellung der systolischen und diastolischen Blutdruckwerte	48
Abbildung 6: Boxplots mit der Darstellung von Jetlag-Symptomen (keine, moderate, schwere)	51
Abbildung 7: Boxplot mit Darstellung der CJS Ergebnisse der Tagesmüdigkeit (n=25)	52
Abbildung 8: Boxplots mit Darstellung der Kategorie Schlafprobleme (n=25)	53
Abbildung 9: Boxplots mit Darstellung vegetativer Symptome im Morgenprotokoll (n=25)	54
Abbildung 10: Boxplots mit Darstellung vegetativer Symptome im Abendprotokoll (n=25)	54
Abbildung 11: Boxplots mit Darstellung physischer Symptome im Morgenprotokoll (n=25)	55
Abbildung 12: Boxplots mit Darstellung physischer Symptome im Abendprotokoll (n=25)	56
Abbildung 13: Boxplots mit Darstellung psychischer Symptome im Morgenprotokoll (n=25)	57
Abbildung 14: Boxplots mit Darstellung psychischer Symptome im Abendprotokoll (n=25)	57
Abbildung 15: Boxplots mit Darstellung der CJS Ergebnisse kognitiver Symptome (n=25)	58
Abbildung 16: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung von TIB und TST der Nächte A1, A2 und Z	59
Abbildung 17: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der SL von A0, A1, A2 und Z	59
Abbildung 18: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der SE aller Schlafzeiträume	60
Abbildung 19: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der WASO	61

Abbildung 20: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der Anzahl der Aufwachereignisse _____	61
Abbildung 21: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der Wachzeiten _____	62
Abbildung 22: Boxplots mit CJS Summenwerten morgens, abends und während des gesamten Tages _____	63
Abbildung 23: Boxplots mit Darstellung der CJS Ergebnisse der Kategorie „psychische Symptome“. Signifikanz für das vermehrte Auftreten von Stimmungsschwankungen und Reizbarkeit am Morgen. _____	64
Abbildung 24: Zeitzonenerunterschiede zwischen der ME(S)Z und der lokalen Zeit am Ankunftsort _____	65
Abbildung 25: Boxplots mit Darstellung des CJS Summenscores (nach der Flugrichtung Osten/Westen) am Morgen, am Abend sowie am gesamten Tag _____	66
Abbildung 26: Boxplots mit Darstellung der signifikanten CJS Ergebnisse des Morgenprotokolls beim Vergleich der Flugrichtungen ($p=0,03$) _____	67
Abbildung 27: Boxplots mit Darstellung des CJS Summenscores (nach Geschlecht) am Morgen, am Abend sowie am gesamten Tag _____	68
Abbildung 28: Boxplots mit Darstellung des einzigen signifikanten CJS Ergebnisses beim Vergleich der Geschlechter _____	69
Abbildung 29: Boxplots mit Darstellung des CJS Summenscores (nach Verpflichtungen) am Morgen, am Abend sowie am gesamten Tag _____	70
Abbildung 30: Boxplots mit Darstellung eines signifikanten CJS Ergebnisses (generelles Schwächegefühl) im Morgenprotokoll beim Vergleich der Piloten mit und ohne Verpflichtungen _____	71
Abbildung 31: Boxplots mit Darstellung eines signifikanten CJS Ergebnisses im Morgenprotokoll (Kreislaufbeschwerden) beim Vergleich der Piloten mit und ohne Verpflichtungen _____	72
Abbildung 32: Boxplots mit Darstellung eines signifikanten CJS Ergebnisses (Unbeholfenheit) im Morgenprotokoll beim Vergleich der Piloten mit und ohne Verpflichtungen _____	73
Abbildung 33: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der Anzahl der Aufwachereignisse von Piloten mit und ohne Verpflichtungen während A1 _____	74
Abbildung 34: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der Anzahl der Wachzeit (in min) von Piloten mit und ohne Verpflichtungen während A1 _____	74

Abbildung 35: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der SE (in Prozent) von Piloten mit und ohne Verpflichtungen während A1 _____ **75**

Abbildung 36: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der Anzahl der Aufwachereignisse der Piloten ohne Verpflichtungen während A1 und Z _____ **76**

2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Maximale Dienstzeit in Stunden, bezogen auf Kalendertage. Eigene Darstellung als Tabelle, Quelle (14)	19
Tabelle 2: Maximale Flugdienstzeit, bezogen auf unterschiedliche Zeiträume. Eigene Darstellung als Tabelle, Quelle (14)	20
Tabelle 3: Ausschnitt der Tabelle der höchstzulässigen täglichen Flugdienstzeit - Akklimatisierte Besatzungsmitglieder, in Anlehnung an (14)	20
Tabelle 4: Beispiel eines einmonatigen Dienstplans, eigene Darstellung	21
Tabelle 5: Internationalen Klassifikation von Schlafstörungen nach ICSD-3, in Anlehnung an (22)	30
Tabelle 6: Zeiträume der Aufzeichnungen mittels Aktigraphie. Eigene Darstellung	45
Tabelle 7: Anzahl der aktigraphischen Messungen	49
Tabelle 8: Ursachen unterschiedlicher Anzahlen mittels Aktigraphie. Eigene Darstellung	49
Tabelle 9: Auswertung der CJS nach Vorhandensein eines Jetlags mit Hilfe eines Summenscores	50

3 Abkürzungsverzeichnis

AASM	American Academy of Sleep Medicine
ATPL	Airline Transport Pilot License
BMI	Body-Mass-Index
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
ca.	circa
CJS	Charité Jetlag Scale
d.h.	das heißt
km	Kilometer
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MPL	Multi-Crew Pilot License
LBA	Luftfahrt Bundesamt
DGSM	Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin
D-MEQ	Deutscher Morningness-Eveningness-Questionnaire
DZ	Dienstzeit
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EEG	Elektroenzephalographie
FDZ	Flugdienstzeit
FO	First Officer
FRMS	Fatigue Risk Management System

ICAO	International Civil Aviation Organization
ICSD-3	International Classification of Sleep Disorders
IGD	Institut für Graphische Datenverarbeitung
LBA	Luftfahrt Bundesamt
MEZ	Mitteleuropäischen Zeit
min	Minuten
NREM	Non-Rapid Eye Movement
PF	Pilot Flying
PM	Pilot Monitoring
PSG	Polysomnographie
REM	Rapid Eye Movement
RLS	Restless-Legs-Syndrom
SCN	Nucleus suprachiasmaticus
SE	Sleep Efficiency
SL	Sleep Latency
SFO	Senior First Officer
sog.	sogenannte
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
TIB	Time In Bed
TST	Total Sleep Time

UTC	Universal Time Coordinated
VC	Vereinigung Cockpit
WASO	Wake After Seep Onset
WOCL	Window Of Circadian Low

4 Abstracts

4.1 Deutscher Abstract

Durch die zunehmende Globalisierung hat der Luftverkehr in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich zugenommen. Zur Steuerung der Maschinen werden eine Vielzahl von Verkehrsflugzeugführern (Piloten) benötigt, die auf Langstrecken in unterschiedlicher Weise Jetlag und einem veränderten Schlaf-Wach-Rhythmus unterworfen sind. In dieser Studie wurde untersucht, inwieweit diese Faktoren die Schlafqualität sowie die Befindlichkeiten der Piloten beeinflussen.

Mithilfe der Charité Jetlag Scale (CJS) wurde der Jetlag-Schweregrad ermittelt und ein Jetlag Score errechnet. Hierzu erfolgte die Auswertung eines Morgen- und eines Abendprotokolls mit einer Unterteilung in die Kategorien Schlafprobleme, Tagesmüdigkeit, psychische-, physische-, kognitive- und vegetative Symptome. Zur Erfassung der Schlaf-Wach-Struktur wurden mittels Aktigraphie (am Handgelenk) charakteristische Schlafparameter während eines Langstreckenfluges und der darauffolgenden Nacht/Nächte im Ausland sowie während einer Nacht in der Heimatzeitzone gemessen. Außerdem wurden Daten zum allgemeinen Schlafverhalten, Blutdruck, Gewicht und zur Raucheranamnese erhoben.

Neben der Untersuchung der Gesamtgruppe erfolgte eine Auswertung nach 1. Tageszeit (morgens/abends) 2. Flugrichtung (Ost/West), 3. Geschlecht (männlich/weiblich) und 4. Verpflichtungen außerhalb der Fliegerei (beispielsweise Kinder).

Insgesamt nahmen 25 Piloten (m=21, w=4) mit einem Durchschnittsalter von $38,0 \pm 6,8$ Jahren an der Studie teil. Von den untersuchten Piloten wiesen 92 % Jetlag auf, die Tagesmüdigkeit war mit 96 % das häufigste Symptom.

Es zeigte sich ein hochsignifikantes Ergebnis mit $p < 0,01$ für das vermehrte Vorhandensein von Stimmungsschwankungen und Reizbarkeit am Morgen im Vergleich zum Abend. Bei neun Symptomen ließ sich eine signifikant stärkere Ausprägung des Jetlags in Ost-Flugrichtung verzeichnen.

Ebenso zeigten sich Signifikanzen bei Piloten ohne Verpflichtungen (40 %); sie litten im Ausland vermehrt an Jetlag-Symptomatik und fragmentiertem Schlaf.

In der Gesamtgruppe ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Schlafqualität im Ausland und zu Hause.

Im Vergleich zur Gesamtbevölkerung zeigten die Piloten einen besseren Gesundheitsstatus, jedoch beeinflusste das Vorhandensein von Jetlag das allgemeine Wohlbefinden der Piloten. Die langen Arbeitszeiten scheinen einen hohen Schlafdruck zu generieren. Ein geregelter Alltag in der heimatlichen Zeitzone könnte die Jetlag-Symptome mildern. In zukünftigen Studien wäre der längerfristige Einsatz von objektiven Messverfahren zur Erfassung des Jetlags und der Schlafstruktur sinnvoll. Darüber hinaus muss zukünftig an einer individuellen Dienstplangestaltung, an einer verstärkten Besatzung (Einsatz eines zusätzlichen Piloten) sowie an einer Unternehmenskultur gearbeitet werden, die alle dabei helfen, besser auf persönliche Dispositionen einzugehen und moralische Hürden im Rahmen des Fatigue-Risk-Management-Systems (z.B. Meldung „unfit-to-fly“) abzubauen.

4.2 English abstract

Due to increasing globalization, air traffic has increased continuously in the past decades. Many commercial pilots are required to control the amount of aircrafts. They are exposed to different types of jet lag and a changed sleep-wake-rhythm during long-haul flights. In this study, it was examined to what extent these factors influence the quality of sleep and the condition of the pilots.

The jet lag was investigated using the Charité Jetlag Scale (CJS), which included a jet lag score based on an evaluation of a morning and an evening protocol as well as a division into the categories sleep problems, psychological-, physical-, cognitive- and vegetative symptoms. To record the sleep-wake structure, sleep parameters were measured by using wrist-actigraphy during a long-haul flight and the subsequent night(s) abroad as well as during a night in the home time zone. Data on general sleep behavior, blood pressure, weight and smoking history was collected as well.

In addition to the investigation of the entire group, an evaluation was carried out according to the 1. daytime (morning/evening), 2. flight direction (East/West), 3. gender (male/female) and 4. obligations outside of aviation (e.g. children).

A total of 25 pilots (m=21, f=4) with an average age of 38.0 ± 6.8 years participated in the study. 92 % of the pilots examined showed jet lag, daytime tiredness was the most common symptom with 96 %. There was a highly significant result with $p < 0.01$ for the increased presence of mood swings and irritability in the morning compared to the evening.

With nine symptoms specific to jet lag, there was a significantly stronger manifestation in east flight direction.

Significance was also seen in pilots without private obligations (40 %); abroad they suffered more from jet lag symptoms and fragmented sleep.

The entire group showed no significant differences between sleep quality abroad and at home.

Although the examined pilots had a better general health status compared to the rest of the population, the presence of jet lag influenced the well-being of the pilots.

The long working hours seem to generate a high level of sleep pressure. Regulated everyday life in the home time zone could alleviate the symptoms of jet lag. In future studies,

the long-term use of objective measurement techniques to record the jet lag and the sleep structure would make sense. In addition, an individual duty roster design and a corporate culture will have to be worked out in the future, which will help to respond better to personal dispositions and reduce moral hurdles within the framework of the fatigue risk management system (e.g. notification "unfit-to-fly").

5 Anmerkung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Dissertation das generische Maskulin verwendet. Dabei werden weibliche sowie anderweitige Geschlechteridentitäten ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

6 Einleitung

6.1 Verkehrsflugzeugführer – ein globaler 24/7-Beruf

Nahezu 100.000 Passagiermaschinen starten und landen täglich zu allen Uhrzeiten weltweit (1). Sie sind somit für eine globale Mobilität verantwortlich. Die dazu benötigten Verkehrsflugzeugführer (Piloten) sind aufgrund des Schichtrythmus, der Wochentage, der Uhrzeit, der Flugdauer, der Flugrichtung und der Anzahl der überflogenen Zeitzonen auf unterschiedliche Weise einem veränderten Schlaf-Wach-Rhythmus unterworfen. Zum Fliegen einer Passagiermaschine wird eine Lizenz als Pilot vorausgesetzt. Dazu benötigt der Pilot eine Airline Transport Pilot License (ATPL) oder eine Multi-Crew Pilot License (MPL), die 2018 in Deutschland insgesamt 12,733 Personen besaßen (2). Passagierflugzeuge werden in Mannmannbesatzung, mindestens zu zweit, geflogen. Sind mehr als zwei Piloten im Einsatz, spricht man von einer verstärkten Besatzung (3). Die Piloten arbeiten im Team, folgende Personen befinden sich in genannter Hierarchie im Cockpit:

1. Kapitän: er hat die Entscheidungsberechtigung und ist für die Sicherheit an Bord verantwortlich (3).
2. Senior First Officer (SFO): er hat die Befugnis, den Kapitän während einer Pause auf einem Langstreckenflug zu vertreten (3). Die meisten Fluggesellschaften setzen ab einer Strecke von 7500 Kilometern (km) einen SFO ein.
3. First Officer (FO)/Kopilot: er ist ein vollständig ausgebildeter Pilot. Im Gegensatz zum Kapitän und dem SFO hat er weniger Berufserfahrung. Die Position des FO wird durchschnittlich für einen Zeitraum von acht bis zwölf Jahren ausgeübt (3).

Bei allen Flügen ist ein „Pilot Flying“ (PF) sowie ein „Pilot Monitoring“ (PM) vorhanden (4). Der PF startet und landet die Maschine, wohingegen der PM das Funken mit den Fluglotsen übernimmt (4). Wer welche Aufgabe übernimmt, ist in der Regel nicht vorgeschrieben, das heißt (d.h.) alle Piloten dürfen sowohl die Aufgabe des PF als auch die des PM ausüben (4).

Es gibt keine international gültige Definition in Bezug auf Kurz-, Mittel-, und Langstrecken. Mit über 18 Stunden Flugzeit und 15300 km ist die Strecke von Singapur nach New York derzeit die längste Flugstrecke weltweit (5).

6.1.1 Schichtarbeit in der Luftfahrt

In der Luftfahrt gibt es in Hinsicht auf die Arbeitszeit und die Arbeitsumgebung einen gravierenden Unterschied zu herkömmlicher Schichtarbeit mit einer Arbeitszeit von circa (ca.) acht Stunden pro 24-Stunden (6): ein Flug von Frankfurt nach San Francisco beispielsweise dauert in etwa elf Stunden. Hinzu kommen zahlreiche andere Aufgaben, die außerhalb dieses Zeitfensters anfallen, so zum Beispiel (z.B.) die Flugvorbereitung (Briefing), in der sich die Cockpit- und Kabinenbesatzung kennenlernen, außerdem das Ein- und Aussteigen der Passagiere [Boarding und Deboarding (7)]. Darüber hinaus ist in diesem Beispiel das Flugpersonal am Zielort einer Zeitverschiebung von minus sieben Stunden gegen die UTC (Englisch: Universal Time Coordinated) ausgesetzt. In der Luftfahrt erfolgen alle Zeitangaben in UTC, um Zeitzonen rund um den Globus ableiten zu können (8). Im Sommer ergibt sich in San Francisco somit eine Zeitdifferenz von minus neun und im Winter von minus acht Stunden zur Mitteleuropäischen Sommer Zeitzone (MESZ) bzw. zur Mitteleuropäischen Zeitzone (MEZ).

Die Anpassung an eine Zeitzone bezeichnet man als Akklimation. Dieser Zustand wird erreicht, wenn die aufgebaute Desynchronisation zwischen innerer Uhr und lokaler Zeit abgebaut wurde und sich beide wieder im Einklang befinden. Werden mehrere Zeitzonen innerhalb weniger Stunden mit dem Flugzeug überquert, kann die innere Uhr somit nicht unmittelbar im Gleichschritt mit der lokalen Zeit gestellt werden. Piloten sind in ihrem Berufsleben regelmäßig von Zeitzonenüberquerungen und daraus resultierendem Jetlag betroffen (9).

6.1.2 Institutionen zur Überwachung und Standardisierung in der Luftfahrt

Die Internationale Zivilluftfahrt-Organisation (Englisch: International Civil Aviation Organization, ICAO), eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen, besteht aus 193 Mitgliedsstaaten und Branchenverbänden und ist zuständig für die Standardisierung und Regulierung der Luftfahrt, mit dem Ziel einer zugkräftigen, sicheren sowie umweltbewussten Luftfahrt (1). Die Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (EASA) wurde 2002 auf europäischer Ebene mit dem Ziel der Vereinheitlichung von Sicherheitsstandards gegründet (10). Sie hat 32 Mitgliedsländer, davon 28 EU-Staaten sowie die Schweiz, Norwegen, Liechtenstein und Island. Auf deutscher Ebene ist das 1954 gegründete Luftfahrt Bundesamt (LBA) verantwortlich für die Sicherheit vor, während und nach

einem Flug. Das LBA unterliegt der Aufsicht des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur [BMVI (11)].

6.1.3 Arbeitszeiten in der Luftfahrt

Mit der europäischen Verordnung (EU) Nr. 83/2014 (EU OPS) trat eine neue Regelung zu Flugdienst- und Ruhezeiten in Kraft, welche seit Februar 2017 verbindlich Anwendbarkeit findet (12). Dem Vorschlag der EU-Kommission zur Überarbeitung der Arbeitszeiten von Piloten wurde durch das Europäische Parlament zugestimmt und es erfolgte eine Senkung der Arbeitsstunden. Interne Manteltarifverträge finden in den meisten Flugbetrieben Anwendung und müssen als Mindeststandard die Vorgaben der EU-OPS erfüllen.

Es wird zwischen der Dienstzeit (DZ) und der Flugdienstzeit (FDZ) unterschieden.

Folgende Erläuterungen sind dazu in der genannten EU-Verordnung definiert (12) :

- Die DZ definiert einen Zeitraum, in dem ein Pilot auf Verlangen seines Arbeitgebers zum Dienst antreten muss. Darunter fallen Tätigkeiten des Flugdienstes, der Vor- und Nachbereitung eines Fluges, administrative Angelegenheiten, die Teilnahme an lizenzhaltenden Schulungen, Simulator Training, Weiterbildungen sowie Bereitschaftsdienste.
- Die FDZ bezeichnet den reinen Zeitraum des Fluges und deren Vorbereitung. Sie kann auch - wie auf Kurzstreckeneinsätzen üblich - mehrere Flüge innerhalb eines Tages beinhalten. Die FDZ endet jeweils mit dem Erreichen der Parkposition und dem Abstellen der Triebwerke.

Die folgenden Tabellen (1-3) stellen die maximalen Dienst- und Flugdienstzeiten auf unterschiedliche Zeiträume betrachtet dar (12). Im Alltag ist meistens die FDZ von Relevanz.

Tabelle 1: Maximale Dienstzeit in Stunden, bezogen auf Kalendertage. Eigene Darstellung als Tabelle, Quelle (12)

Maximale Dienstzeit (DZ) in Stunden	60	110	190
Tage	7	14	28

Tabelle 2: Maximale Flugdienstzeit, bezogen auf unterschiedliche Zeiträume. Eigene Darstellung als Tabelle, Quelle (12)

Maximale Flugdienstzeit (FDZ) in Stunden	100	900	1000
Tage	28	Kalenderjahr	12 aufeinanderfolgende Kalendermonate

Tabelle 3: Ausschnitt der Tabelle der höchstzulässigen täglichen Flugdienstzeit - Akklimatisierte Besatzungsmitglieder, in Anlehnung an (12)

Dienstbeginn	Maximale Dienstzeit 1-2 Flüge	Maximale Dienstzeit 3 Flüge	Maximale Dienstzeit 4 Flüge
06:00 - 13:29	13h	12h 30min	12h
13:30 - 13:59	12h 45min	12h 15min	11h 45min
14:00 - 14:29	12h 30min	12h	11h 30min
14:30 - 14:59	12h 15min	11h 45min	11h 15min
15:00 - 15:29	12h	11h 30min	10h
15:30 - 15:59	11:45min	11h:15min	10:45min
16:00 - 16:29	11h 30min	11h	10h 30min
16:30 - 16:59	11h 15min	10h 45min	10h 15min
17:00 - 04:59	11h	10h 30min	10h
05:00 - 05:14	12h	11h 30	11h
05:15 - 05:29	12h 15min	11h 45min	11h 15min
05:30 - 05:44	12h 30min	12h	11h 30min
05:45 - 05:59	12h 45min	12h 15min	11h 45min

Eine dreistündige Verlängerung der FDZ darf erfolgen, wenn für die Piloten im Flugzeug eine Ruhemöglichkeit in Form eines großen Sitzes oder eines (zumindest schmalen) Bettes besteht (12). Voraussetzung dafür ist jedoch eine Verstärkung der Cockpitbesatzung (12) durch einen SFO.

Nach einem Flugeinsatz steht den Piloten eine Ruhezeit zu, die mindestens den Zeitraum der vorangegangenen DZ erfüllen muss (12).

- Jeder Pilot hat eine „Heimatbasis“, den Ort der Stationierung. Hier liegt die Ruhezeit nie unter zwölf Stunden.
- Befindet sich der Pilot fernab seiner Heimatbasis im sogenannten (sog.) Layover, sind mindestens zehn Stunden Ruhezeit einzuhalten.

Beim Vorhandensein folgender Faktoren, die bei Langstreckenpiloten nahezu immer vorliegen, kommt es zu einer Ausdehnung der Ruhezeit (12):

- Zeitzonendifferenzen
- Verlängerungen der FDZ
- Kumulative Ermüdung: Regenerationsmöglichkeit im Sinne freier Tage am Stück

Ein Umlauf definiert den Zeitraum vom Dienstbeginn an der Heimatbasis (Ort der Stationierung) bis zum Dienstenende an der Heimatbasis. Als Beispiel wird folgend ein einmonatiger Dienstplan eines Teilnehmers erläutert (Tabelle 4). Kumuliert fielen innerhalb des Zeitfensters von einem Monat neun Nächte (nach MESZ) in die DZ, ferner war der Pilot Zeitverschiebungen von minus fünf bis plus sechs Stunden ausgesetzt.

Tabelle 4: Beispiel eines einmonatigen Dienstplans, eigene Darstellung

Umlauf/Flüge	Beschreibung
<p>Umlauf Nummer 1</p> <p>Flug nach Buenos Aires</p> <p>Zeitraum: 29. August bis 2. September</p>	<p>Tag 1: Abflug um 22Uhr, somit fällt der Hinflug in die komplette Nacht nach MESZ</p> <p>Tag 2: Landung, Ortszeit 6 Uhr, Zeitverschiebung zur MESZ: minus 5 Stunden</p> <p>Tag 2-4: 2 Ortsnächte</p> <p>Tag 4: Rückflug, Abflug 18 Uhr Ortszeit</p> <p>Tag 5: Ankunft, Landung 12 Uhr MESZ, somit fällt der Rückflug in die komplette Nacht nach MESZ</p> <p>5 Tage dienstfrei</p>
<p>Umlauf Nummer 2</p> <p>Flug nach Buenos Aires</p> <p>Zeitraum: 8. bis 12. September</p>	<p>Tag 1: Abflug um 22Uhr, somit fällt der Hinflug in die komplette Nacht nach MESZ</p> <p>Tag 2: Landung, Ortszeit 6 Uhr, Zeitverschiebung zur MESZ: minus 5 Stunden</p>

	<p>Tag 2-4: 2 Ortsnächte</p> <p>Tag 4: Rückflug, Abflug 18 Uhr Ortszeit</p> <p>Tag 5: Ankunft, Landung 12 Uhr MESZ, somit fällt der Rückflug in die komplette Nacht nach MESZ</p> <p>3 Tage dienstfrei</p>
<p>Umlauf Nummer 3</p> <p>Flug nach Johannesburg</p> <p>Zeitraum: 16. bis 20. September</p>	<p>Tag 1: Abflug um 20 Uhr, somit fällt der Hinflug in die komplette Nacht nach MESZ</p> <p>Tag 2: Landung, Ortszeit 8:30 Uhr, keine Zeitverschiebung zur MESZ</p> <p>Tag 2-4: 2 Ortsnächte</p> <p>Tag 4: Rückflug, Abflug 19 Uhr Ortszeit</p> <p>Tag 5: Landung 6 Uhr MESZ, somit fällt der Rückflug in die komplette Nacht nach MESZ</p> <p>2 Tage dienstfrei</p>
<p>Umlauf Nummer 4</p> <p>Flug nach Bangalore</p> <p>Zeitraum: 23. bis 25. September</p>	<p>Tag 1: Abflug um 13 Uhr MESZ</p> <p>Tag 2: Landung, Ortszeit 2 Uhr, Zeitverschiebung zur MESZ: plus 3,5 Stunden, Ortsnacht</p> <p>Tag 3: Rückflug, Abflug 3:30 Uhr Ortszeit</p> <p>Tag 3: Landung 9 Uhr MESZ, somit fällt der Rückflug in die komplette Nacht nach MESZ</p> <p>1 Tag dienstfrei</p>

<p>Umlauf Nummer 5</p> <p>Flug nach New York</p> <p>Zeitraum: 27. bis 29. September</p>	<p>Tag 1: Abflug um 17 Uhr MESZ, Landung Ortszeit 21:30 Uhr, Zeitverschiebung zur MESZ: plus 6 Stunden, bis zum Erreichen des Hotels fällt die komplette Dienstzeit in das Zeitfenster der Nacht nach MESZ.</p> <p>Tag 2: Ortsnacht</p> <p>Tag 2: Rückflug, Abflug 23 Uhr Ortszeit, mit der Flugvorbereitung und der Fahrt zum Flughafen fällt die komplette Dienstzeit in das Zeitfenster der Nacht nach MESZ.</p> <p>Tag 3: Landung 12 Uhr MESZ</p> <p>2 Tage dienstfrei</p>
--	---

6.1.4 Gesundheitsstatus der Piloten

Piloten zählen zu der Gesellschaftsgruppe mit dem sog. "healthy worker effect" (13). Dies bedeutet, dass statistisch gesehen Berufstätige einen gesünderen, besseren Gesundheitsstatus als die Gesamtbevölkerung aufweisen. Das lässt sich dadurch erklären, dass innerhalb einer Kohorte die Berufstätigen einen Standard an Gesundheitsstatus aufweisen müssen, um überhaupt einen Arbeitsvertrag zu erhalten. Zur Lizenzerhaltung müssen Piloten je nach Alter alle sechs bis zwölf Monate zu einer medizinischen Untersuchung zur Aufrechterhaltung des erforderlichen Tauglichkeitszeugnisses der Klasse 1 für Passagierflugzeuge (14). Kardiovaskuläre Erkrankungen sind der häufigste Grund für einen Verlust der Lizenz (15).

Es gibt starke sozioökonomische Unterschiede zwischen den Gesellschaftsschichten (16). Schichtarbeiter haben im Durchschnitt einen niedrigeren sozioökonomischen Status als die Normalbevölkerung (17). Diese Tatsache trifft allerdings nicht auf Piloten zu: nach Zahlen des Statistischen Bundesamtes verdiente im Jahr 2018 ein Arbeitnehmer, der in Vollzeit beschäftigt war, 3880 € brutto (18). Piloten haben hohe Verdienstaussichten und gehen in Gehaltsstatistiken als Berufsgruppe im oberen Drittel hervor (19). Zahlreiche Studien belegen, dass ein hoher sozioökonomischer Status mit niedrigeren Prävalenzen kardiovaskulärer Erkrankungen einhergeht (20).

In einer retrospektive Kohortenstudie von Houston et al. (21) wurden knapp 15.000 Piloten mit zwei Kontrollgruppen (1.Normalbevölkerung und 2.Bevölkerung mit dem höchsten Einkommen, Daten aus "Health Survey for England", 2006) verglichen. Im Vergleich zur Bevölkerungsgruppe mit ähnlicher Gehaltsklasse zeigte sich unter den Piloten eine geringere Prävalenz kardiovaskulärer Erkrankungen sowie deren Risikofaktoren wie Nikotinkonsum (7,7 % vs. 16 %) und Adipositas [BMI \geq 30 kg/m² (12,4 % vs. 21,0 %)]. Bei Betrachtung der Daten im Vergleich zur Normalbevölkerung hatten Piloten ebenso deutlich niedrigere Prävalenzen bezogen auf die Risikofaktoren Adipositas und Rauchen, wohingegen das Outcome in den Punkten Übergewicht und Hypertonus eine deutliche Unterteilung in die verschiedenen Altersgruppen erforderte (21).

In den vergangenen Jahrzehnten sind die Zahlen der Menschen mit Übergewicht (BMI 25-29,9 kg/m²) weltweit in vielen Ländern drastisch gestiegen (22,23). Adipositas (BMI \geq 30 kg/m²) ist ein Risikofaktor für viele Erkrankungen, u.a. für das metabolische Syndrom (22). Die Prävalenz der Adipositas innerhalb der Allgemeinbevölkerung liegt nach der Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell“ (GEDA 2014/2015-EHIS) bei 18,1 % (24). Nach GEDA 2014/2015-EHIS gibt es in Deutschland 20,8 % weibliche und 27,0 % männliche Raucher (24).

6.2 Schlaf

Die Schlafdauer variiert in verschiedenen Lebensphasen, kumuliert schläft der Mensch ca. ein Drittel seiner Lebenszeit (25) und ohne Schlaf wäre er nicht lebensfähig. Studien der letzten Jahre belegten, dass es keine ideale Schlafdauer gibt und dass diese individuell unterschiedlich ist. Eine mittlere Dauer von sieben Stunden pro Nacht hat langfristig die niedrigste Mortalität (26–28). Zu viel Schlaf geht genauso wie zu wenig Schlaf mit erhöhter Sterblichkeit einher (26,29). Es zeigte sich, dass anhaltender Schlafmangel eine Gewichtszunahme begünstigen kann, vor allem (v.a.) durch eine erhöhte Kalorienzufuhr (30). Die Schlafdauer nimmt mit steigendem Alter ab, wohingegen Schlafprobleme zunehmen (31).

6.2.1 Die Schlafarchitektur

Seit 2007 gilt die Klassifikation der American Academy of Sleep Medicine (AASM) für die Schlafstadieneinteilung (32). Man unterscheidet zwischen dem mit schnellen

Augenbewegungen (Rapid-Eye Movement – REM) einhergehenden Schlaf, der ebenso paradoxer oder desynchronisierter Schlaf genannt wird und dem Non-REM-Schlaf, der auch orthodoxer bzw. synchronisierter Schlaf genannt wird (33). Der Schlaf besteht aus Zyklen, die jeweils ca. 90 Minuten (min) anhalten und nächtlich in der Regel vier bis sechs Mal durchlaufen werden. Dazu gehören folgende Stadien (34):

1. W (Wach)

2. N1 (Non-REM 1)

- Einschlafstadium
- Niedrige Weckschwelle
- Kurze Zeitdauer (ca. 15 min)

3. N2 (Non-REM 2)

- Übergang in einen stabilen Schlaf
- Nimmt zusammen mit N1 ca. die Hälfte der Gesamtschlafdauer ein (28)

4. N3 (Non-REM 3)

- Tiefschlaf
- Hohe Weckschwelle
- Länge der Tiefschlafphase nimmt mit jedem Zyklus ab (35)
- Im mittleren Alter ca. 25 % der Gesamtschlafdauer (28)

5. R (REM)

- Intensive Traumphase
- Länge der REM-Schlafphasen nimmt mit jedem Zyklus im Gegensatz zur Tiefschlafphase zu, insgesamt ca. 25 % der Gesamtschlafdauer (28,35)

Der REM-Schlaf wird umgangssprachlich auch als Traumschlaf bezeichnet. Mittlerweile ist jedoch bekannt, dass in geringem Maße ebenso in den Non-REM Phasen geträumt wird (36,37). Im Laufe des Lebens verringern sich die REM Schlafphasen erheblich. Ein Säugling verbringt in etwa 50 % des Gesamtschlafzeit im REM-Schlaf, während dieser sich dann mit steigendem Alter auf ca. 20 % reduziert (35,38).

Die Leitlinie „Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen“ (39) der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM) empfiehlt die kardiorespiratorische

Polysomnographie als Goldstandard zur Messung der Schlafstadien, diese beinhaltet die Aufzeichnungen von (28,39):

- Elektroenzephalogramm (EEG)
- Elektroofokulogramm
- Muskelaktivität an Bein und Kinn (Elektromyogramm)
- Elektrokardiogramm
- Atmungsbezogene Parameter in Form von Schnarchen, Sauerstoffsättigung (SaO₂), Luftfluss an der Nase, Atmungsbewegungen von Brustkorb (Thorax) und Bauch (Abdomen)
- Beobachtung des Verhaltens des Schlafenden mittels Videokamera

6.2.2 Schlafregulation

Alexander Borbély veröffentlichte 1982 das Zwei-Prozess-Modell der Schlafregulation (40). Demnach ist Schlaf eine homöostatisch regulierte physiologische Reaktion und wird als Prozess S bezeichnet. Das Schlafbedürfnis und der Schlafdruck steigen, je länger man wach ist. Der Faktor C steht für den zirkadianen Prozess, der durch die innere Uhr getaktet ist.

Neben der zirkadianen Rhythmik und dem Schlafdruck ist die Schlafsteuerung abhängig von Faktoren des sozialen und gesellschaftlichen Lebens, so können auch Motivationsprozesse das bewusste Wachbleiben teilweise steuern (41). Genussmittel wie Kaffee, Alkohol oder Nikotin stellen ebenso Einflussfaktoren auf das Schlafverhalten dar (42,43).

6.2.3 Funktion und Bedeutung des Schlafes

Während des Schlafes kommt es zu einer verminderten Reaktion auf Umweltreize (44). Körperliche Regeneration findet insbesondere während der Tiefschlafstadien des Non-REM Schlafes statt, wohingegen der REM-Schlaf Auswirkungen auf die psychische Erholung hat (45). Schlaf ist relevant für das Gedächtnis (46,47). Die REM-Phasen fördern das prozedurale Gedächtnis, welches für die Aufnahme motorischer Handlungsabläufe verantwortlich ist. Die tiefen Schlafphasen des Non-REM Schlafes fördern dagegen das deklarative Gedächtnis, somit werden Fakten- und Allgemeinwissen im semantischen Gedächtnis und biographisches Wissen im episodischen Gedächtnis gespeichert (47–49).

Bei zahlreichen Infektionserkrankungen steigt das individuelle Schlafbedürfnis. Hauptmediatoren dafür sind der Tumornekrosefaktor-alpha und Interleukin 1 β , die während einer Infektionserkrankung zu einem vermehrten Anteil des Non-REM-Schlafes führen (50). Infektionskrankheiten beim Menschen gehen mit sehr unterschiedlichen Schlafprofilen einher, die von einer Hypersomnie bis zu extremen Schlafstörungen reichen können (51). Das Zusammenspiel von Schlaf und Immunsystem zeigt sich beispielsweise bei Epstein-Barr-Virus Infektionen; noch Jahre nach einer Infektion treten bei vielen Patienten Hypersomnien auf (52).

Während des Schlafes kommt es zur Energieeinsparung und darüber hinaus auch zu einer Speicherung von Energie in einigen Hirnarealen (53). Antioxidative Prozesse finden ebenso während des Schlafens statt; einer der wichtigsten und ältesten Antioxidanten heißt Melatonin (54). Ferner kommt es in der Pubertät zur stärksten Produktion des Wachstumshormons Somatotropin, welches nächtlich seinen Peak erreicht (55).

Schlaf trägt elementar zum psychischen und physischen Wohlbefinden bei, Folgen des gestörten Schlafes beeinträchtigen Gesundheit und soziale Kosten (56). Im Vordergrund von langfristig zu kurzer und auch zu langer Schlafdauer stehen v.a. kardiovaskuläre Erkrankungen, Diabetes Mellitus Typ II und Adipositas (57). Eine Verzerrung der zirkadianen Rhythmik und dem damit verbundenen Schlafverhalten spielt eine wichtige Rolle im Rahmen einer Depression sowie anderer psychiatrischer Erkrankungen (58).

6.2.4 Tagesschlaf

Neugeborene haben über den Tag verteilt viele Schlaf- und Wachphasen und daher einen sog. polyphasischen Zyklus (57). Im Kindesalter sowie erneut im Seniorenalter und auch in einigen anderen Ländern (vorwiegend in südlichen und fernöstlichen Gegenden) findet häufig ein Mittagsschlaf bzw. eine „Siesta“ statt. Man spricht in diesem Fall von einem biphasischen Schlafzyklus, während die meiste Zeit des Lebens, auch gesellschaftlich bedingt, monophasisch geschlafen wird (57) - also binnen 24 Stunden lediglich einmal. Ergebnisse mehrerer Studien zeigten, dass ein kurzes Nickerchen am Arbeitsplatz effektiv ist und die Wachsamkeit steigert. Ein kurzer Schlaf von zehn bis 30 Minuten verbessert die Konzentrations-, Reaktions-, und Leistungsfähigkeit (59–61).

Im Cockpit tragen diese kurzen Schlafphasen (Napping, Naps) zur Aufrechterhaltung der Leistung bei (62,63). Die "Napping Policy" wurde vor einigen Jahren im Cockpit

eingeführt, und es darf in Absprache mit dem zweiten Piloten und den Flugbegleitern ein Nap stattfinden (64).

6.3 Zirkadianer Rhythmus

Der Begriff „zirkadian“ leitet sich vom lateinischen „circa“ (ungefähr) und „dies“ (Tag) ab und wurde von Franz Halberg in den 1950-er Jahren eingeführt (65). Zirkadiane Rhythmik definiert die Fähigkeit der inneren Uhr, physiologische Prozesse auf die Länge eines Tages anzupassen und auf Veränderungen der Umwelt vorzubereiten (66–68). Die innere Uhr läuft autonom in einem Takt von etwa 24,5 Stunden ohne Signale aus der Umwelt. Durch Wechselwirkungen mit der Umwelt (Zeitgeber) und unserem Lebensstil kann sich der Rhythmus auf eine Laufzeit von 24 Stunden einstellen; dies bezeichnet man als Synchronisation. Die Mischung endogener und exogener Faktoren reguliert die Feinheiten der zirkadianen Rhythmik (69). Der wichtigste externe Zeitgeber ist das Tageslicht (70,71). Wäre ein Menschen jedoch komplett von der Außenwelt abgeschirmt, ohne Bezug zu Licht oder anderen Zeitgebern aus der Umwelt, würde trotzdem eine annähernde Stabilität eines Schlaf-Wach-Rhythmus erhalten bleiben (35). Durch die Jahreszeiten bedingte wechselnde Tageslänge ist eine ständige Resynchronisation der inneren Uhr notwendig. Gesteuert wird die innere Uhr durch die suprachiasmatischen Kerne (SCN) im Hypothalamus oberhalb des Chiasma opticum und der Glandula pinealis (72,73). Die SCN bestehen aus einem großen Netzwerk von Transkriptionsfaktoren, wodurch es zur rhythmischen Expression von Uhren-Genen kommt (70). Über Afferenzen der Netzhaut (Retina) wird hell und dunkel erkannt (74). In der Retina existiert neben dem Stäbchen- und Zapfen-System ein Melanopsin-assoziiertes Photorezeptionssystem zur stabilen Wahrnehmung der Umgebungshelligkeit (75,76). Das über die Melanopsin-Rezeptoren aufgenommene Lichtsignal wird über die retino-hypothalamische Bahn direkt an die SCN weitergeleitet (77). Untersuchungen zeigten eine Beteiligung von Melanopsin an der lichtabhängigen Hemmung der Melatonin-Synthese, obwohl sie nur 1 % der retinalen Ganglienzellen ausmachen (78). Die Glandula pinealis ist ein Kernareal im Diencephalon und besitzt spezifische Zellen, die für die Produktion von Melatonin verantwortlich sind. Diese Zellen heißen Pinealozyten. Das von ihnen produzierte Hormon spielt eine wesentliche Rolle für den Tag-Nacht-Rhythmus (79). Erste Vermutungen über die Rolle dieses Hormons wurden in den 1980-er Jahren erkannt und untersucht (80). Melatonin ist ein lipophiles Derivat des Serotonins, welches ausschließlich bei Dunkelheit synthetisiert wird.

Der Reiz zur Ausschüttung erreicht die Zellen über mehrere Wege, ausgehend von der Retina und erreicht etwa zwei Stunden vor der gewöhnlichen Schlafenszeit seinen Höchstwert (81). Im Sommer ist das frühe Einschlafen bei Helligkeit erschwert, da Licht die Produktion von Melatonin hemmt. Umgekehrt gilt die kurze Dauer der Helligkeit in den Wintermonaten als Erklärungsansatz für eine Winterdepression (82,83). Der zirkadiane Rhythmus steuert darüber hinaus die Körpertemperatur (mit einem Minimum während der Nacht), Hormonsekretionen (z.B. Kortisol und Wachstumshormone), Blutdruck, Hungergefühl und Zuckerstoffwechsel (84,85). Über den Regelkreislauf der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse wird das Hormon Kortisol in der Nebennierenrinde (NNR) als Gegenspieler des Melatonins ausgeschüttet. Die nächtlichen Höchstwerte des Kortisols treten in der zweiten Schlafhälfte, der Tageshöchstwert tritt ungefähr 30 Minuten nach dem Aufwachen auf (86).

6.3.1 Chronotypen

Chronotypen sind genetisch determiniert (87). Sie verändern sich im Laufe des Lebens; so sind Kinder in der Regel Frühaufsteher, während in der Pubertät die meisten Jugendlichen spät erwachen, ehe es im Erwachsenenalter zur Determination des Chronotyps kommt. Es gibt verschiedene Einteilungen der Chronotypen, die gängigste ist die Unterscheidung nach dem Morningness-Eveningness Questionnaire [MEQ (88)]. Hier wird zwischen folgenden Chronotypen unterschieden:

- Definitiver Abendtyp
- Moderater Abendtyp
- Neutraltyp
- Moderater Morgentyp
- Definitiver Morgentyp

Demzufolge ergeben sich andere Uhrzeiten für „Leistungshochs“ und „Leistungstiefs“, dies spiegelt sich auch zu unterschiedlichen Tageszeiten in Peaks von Hormonsekretionen wider (89). Am häufigsten gibt es Neutraltypen ohne klare Morgen- oder Abendpräferenz (90). Oft sind die Chronotypen nicht kongruent zu dem gesellschaftlichen Leben. Man bezeichnet diese Differenz als sozialen Jetlag (43). Bei 70 % der Bevölkerung unterscheiden sich die innere und soziale Uhr um über eine Stunde (91). Abendtypen

empfinden den Umgang mit Schichtarbeit am leichtesten (92), ebenso Menschen jungen Alters (93).

6.4 Schlafstörungen

Die dritte Ausgabe der Internationalen Klassifikation von Schlafstörungen (ICSD) ist eine vollständig überarbeitete Version des Handbuchs der AASM zur Einteilung von Schlafstörungen, die 2014 veröffentlicht wurde (32). Es wurde in Zusammenarbeit mit internationalen Schlafgesellschaften veröffentlicht und gilt als das zentrale Nachschlagwerk für die Diagnosen von Schlafstörungen. Das ICSD-3 (32) identifiziert folgende Hauptkategorien (Tabelle 5):

Tabelle 5: Internationalen Klassifikation von Schlafstörungen nach ICSD-3, in Anlehnung an (32)

Name	Erläuterung
<p>1. Insomnie</p>	<p>Schlaflosigkeit während der Nacht</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein- und Durchschlafstörungen • Vorzeitiges Erwachen am Morgen
<p>2. Schlafbezogene Atmungsstörung (SBAS)</p>	<p>Apnoen und Hypopnoen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit oder ohne pharyngale Obstruktion und Hypoventilation • Häufigste Ursache: Obstruktion der oberen Atemwege • Obstruktives Schlafapnoesyndrom (OSAS): Die Erkrankung tritt meistens bei adipösen Menschen auf und geht mit erhöhter Tagesschläfrigkeit einher
<p>3. Hypersomnien zentralvenösen Ursprungs</p>	<p>Erhöhtes Schlafbedürfnis und starke Tagesschläfrigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beispiel: Narkolepsie (häufig begleitet von Kataplexien)
<p>4. Zirkadiane Schlaf-Wach-Rhythmusstörung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Typ Jetlag • Typ Schichtarbeit <p>Gemeinsame Symptome:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein- und Durchschlafstörungen

	<ul style="list-style-type: none"> • Früherwachen • erhöhte Tagesschläfrigkeit • Verdauungsstörungen
5. Parasomnien	<p>Motorische / autonome Ereignisse, die aus dem Schlaf heraus oder beim Teilerwachen auftreten.</p> <p>Meist keine subjektive Wahrnehmung der Ereignisse und keine zwingende Störung der Erholungsfunktion des Schlafes – Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schlafwandeln (Somnambulismus) • Umsichschlagen • Kopfschlagen • Zähneknirschen (Bruxismus) • Reden • Schreien • Gewisse Formen des Einnässens
6. Schlafbezogene Bewegungsstörungen	<ul style="list-style-type: none"> • Schlafbezogene rhythmische Bewegungsstörungen • Restless-Legs-Syndrom • Periodische Bewegungsstörungen der Gliedmaßen • Schlafbezogener Bruxismus (Zähneknirschen)
7. Andere Schlafstörungen	

6.4.1 Jetlag

Jetlag setzt sich aus den Begriffen „jet“ (Englisch: Düsenflugzeug) und „lag“ (Englisch Zeitzonendifferenz) zusammen. Laut dem Klassifikationssystem für Schlafstörungen (ICSD-3) zählt der Jetlag zu den zirkadianen Schlaf-Wach-Rhythmusstörungen, Typ Jetlag und wird gemäß ICSD-3 mit drei Kriterien definiert (32):

1. Übermäßige Schläfrigkeit am Tage oder Verzerrung des Schlafzyklus zusammen mit einer verringerten Gesamtschlafzeit, die mit dem Reisen über mindestens zwei Zeitzonen (Ost nach West oder West nach Ost) zusammenfällt.

2. Generalisierte Müdigkeit oder Vorhandensein somatischer Symptome, die innerhalb von zwei Tagen nach Reisebeginn auftreten.
3. Keine andere Störung oder Bedingung kann der Schlafstörung zugeschrieben werden.

Werden Breitengrade überquert, wechseln lediglich die klimatischen Bedingungen, während bei der Überquerung von Längengraden ebenso die Zeitzonen wechseln.

Wird die Zeit schneller verschoben als eine Anpassung an die neue Ortszeit erfolgen kann, liegt ein Jetlag Syndrom und somit eine Desynchronisation vor (94). Physiologische Prozesse wie die Produktion von Hormonen, die Steuerung der Körpertemperatur und der Nahrungsaufnahme sowie das Schlafverhalten kommen aus dem natürlichen Rhythmus. Jetlag ist immer ein Syndrom, also ein Komplex aus mehreren Symptomen, das nach Flügen über mehrere Zeitzonen hinweg auftritt. Die Symptome sind individuell sehr unterschiedlich und reichen von Schlafstörungen über Tagesmüdigkeit, Stimmungsschwankungen, psychomotorische Einschränkungen, Unwohlsein, Kopfschmerzen bis hin zu Magen-Darm-Problemen (95). Den meisten Reisenden fällt es leichter, den Tag zu verlängern als ihn zu verkürzen, da der Organismus auf eine Tageslänge von etwas über 24 Stunden eingestellt ist. Flüge Richtung Osten werden demzufolge mit stärkerer Jetlag Symptomatik in Verbindung gebracht als Flüge Richtung Westen (96,97). Der Körper schafft pro Tag in etwa eine Anpassung von einer Stunde an die vorherrschende Ortszeit (98), wobei Studien belegten, dass im Westen eine Anpassung von anderthalb Stunden pro Tag gelingt (99). Richtung Osten, wo eine Verkürzung der Tageslänge vorliegt, kann es ab Zeitunterschieden von über sechs Stunden auch zu einer Verlängerung des Tages kommen. Dies bezeichnet man als "anti-dromic effect" und geht mit einer Verlangsamung der Akklimatisierung einher (93). Bei einem Flug nach San Francisco mit einer Differenz von minus neun Stunden zur MESZ braucht der Körper in etwa neun Tage, um vollständig akklimatisiert zu sein. Bei Menschen, die häufig fliegen, besteht die Gefahr einer Chronifizierung des Jetlag Syndroms (96).

Bei kurzen Aufenthalten in einer neuen Zeitzone kann die Beibehaltung der heimatischen Zeit die Beschwerden vor Ort lindern (100). In vielen Studien zeigte sich ein positiver Effekt nach der Einnahme von 5 mg Melatonin zur Bekämpfung des Jetlags (101–106). Piloten dürfen Melatonin jedoch nicht medikamentös zuführen, ebenso verboten sind Schlaftabletten. Die meisten Medikamente (wie beispielsweise viele Schmerzmittel) sind in dieser Berufsgruppe aufgrund von Nebenwirkungen untersagt (107). Zur Verringerung der Jetlag induzierten Tagesmüdigkeit hat sich Koffein als wirksam erwiesen (108).

Vom Jetlag abzugrenzen ist die allgemeine Reisefatigue, welche durch Schlafmangel, langes Sitzen sowie mögliche Dehydratation verursacht wird. Während die Reisefatigue durch einen adäquaten Schlaf behoben werden kann, muss es beim Jetlag erst zu einer Resynchronisation der inneren Uhr mit der veränderten Tag-Nacht-Rhythmik kommen (109). Eine Studie zeigte, dass es nach 17 Stunden ohne Schlaf zu verminderter Aufmerksamkeit und Reaktionsfähigkeit kommen kann, die schlechter als die Reaktionsfähigkeit von alkoholisierten Menschen mit 0,5 Promille ist (110).

6.4.2 Schichtarbeit und Gesundheit

Schichtarbeit definiert die Verrichtung einer beruflichen Tätigkeit innerhalb eines definierten Zeitraums zu jeweils unterschiedlichen Zeiträumen (Wechselschichtsystem) oder zu dauerhaft ungewöhnlichen Zeiträumen [Permanentschichtsystem (111)].

Das Wechselschichtsystem beinhaltet sowohl Tätigkeiten mit Unterbrechungen jeweils vor Tagesende [das sog. Zwei-Schicht-System (nicht kontinuierliche Schichtarbeit)] als auch Tätigkeiten, die im gesamten 24 Stunden Zeitraum als Drei- (oder mehr) Schicht-System eines Tages stattfinden können (kontinuierliche Schichtarbeit oder teilkontinuierliche Schichtarbeit), mit einer Arbeitszeit von normalerweise acht Stunden in einem 24 Stunden Zeitfenster (6,111). Das permanente Schichtsystem beinhaltet dauerhaft nächtliche Arbeitszeiten sowie Dauerfrühschichten, Dauerspätschichten und geteilte Schichten zu konstanten Zeiten (111).

In Europa findet das Wechselschichtsystem am meisten Anwendung (111). In zahlreichen, langfristig angelegten Studien zur Schichtarbeit wurden negative Auswirkungen auf die Gesundheit nachgewiesen. In einer Metanalyse mit 28 einbezogenen Studien zeigte sich ein höheres Risiko für die Entwicklung einer Adipositas bei Schichtarbeitern im Vergleich zur Normalbevölkerung, wobei insbesondere die Nachtschicht ein erhöhtes Risiko darstellt (112). Schlafstörungen, Diabetes mellitus Typ II sowie Erkrankungen des kardiovaskulären Systems haben hohe Prävalenzen unter Arbeitnehmern in Schichtarbeit (113–115). Langfristig erhöht sich darüber hinaus die Wahrscheinlichkeit für:

- Einen Apoplex (116)
- Eine koronare Herzkrankheit (117)
- Erkrankungen aus dem psychiatrischen Formenkreis (118)

Die physiologischen Funktionen und Rhythmen des Körpers passen sich selten komplett der Schichtarbeit an. Nach einer Nachtschicht kommt es während des Tagschlafes zu einer fehlenden Anpassung der Körpertemperatur sowie zu einer verkürzten Dauer des REM-Schlafes (119,120). Ferner treten bei Schichtarbeitern häufiger gastrointestinale Beschwerden auf als bei am Tag tätigen Arbeitnehmern (114).

Schichtarbeit beeinträchtigt das soziale Leben, da im modernen Zeitalter Arbeitgeber auf große Flexibilität der Mitarbeiter angewiesen sind und keinen geregelten Acht-Stunden-Alltag von acht bis 17 Uhr für die Arbeitnehmer gewährleisten können (121–123). Der soziale Jetlag betrifft Schichtarbeiter in besonderer Weise (43). Sofern Schichtarbeit erforderlich ist, sollten die Dienstpläne in der Reihenfolge Frühschicht-Mittelschicht-Spät-schicht-Freizeit geschrieben werden (28).

6.5 Fatigue Risk Management System

Fatigue Risk Management System (FRMS) beschreibt ein Risikoanalyse-Verfahren der Luftfahrtunternehmen mit dem Ziel Ermüdungsgefahren zu identifizieren und zu analysieren, um proaktiv Prozesse zu verbessern (124). Durch ein FRMS soll sichergestellt werden, dass die Piloten und Flugbegleiter einen sicheren Flug durchführen können, indem das Wissen über Ermüdung mit dem Wissen über Sicherheit in der Luftfahrt vereint wird. Fatigue in der Luftfahrt beschreibt eine vermindert geistige oder körperliche Leistungsfähigkeit, die auf Schlafmangel, Störungen des zirkadianen Rhythmus oder eine hohe Arbeitsbelastung zurückzuführen ist. Sie kann subjektiv durch die persönliche Wahrnehmung oder objektiv durch eine Leistungsbewertung gemessen werden (124). Eigenberichte von Piloten, Unfallstatistiken und Studien belegten, dass Müdigkeit in der Luftfahrt ein bekanntes sowie riskantes Problem darstellt (125). Die Wachsamkeit der Piloten und die Fähigkeit zur sicheren Flugdurchführung kann durch Fatigue beeinträchtigt werden (64).

Der Begriff Fatigue versteht sich als eine Ablehnung gegen eine bevorstehende Aufgabe mit dem Bewusstsein der vorhandenen Müdigkeit (126). Die ICAO unterscheidet zwischen den Begriffen „chronic fatigue“ und „chronic fatigue syndrome“ (124). Ersteres kann durch genügend Schlaf wieder rückgängig gemacht werden, wohingegen das „chronic fatigue syndrome“ u.a. mindestens für einen Zeitraum von sechs Monaten durch chronische Müdigkeit definiert wird (124). Mit der stärksten Müdigkeit wird das „Window Of Circadian Low“ (WOCL) empfunden, es gilt als der Zeitraum mit der geringsten

Körperkerntemperatur. Bei einer vollständigen Akklimatisierung an eine Zeitzone tritt das WOCL etwa zwischen 03:00 und 05:00 Uhr auf (124).

Die Vereinigung Cockpit (VC) erhob im Jahre 2011 eine Umfrage zu dem Thema Fatigue, an der insgesamt knapp 3000 Piloten teilnahmen (64). Die Ergebnisse zeigten, dass nahezu jeder Pilot in seiner beruflichen Laufbahn bereits Erfahrung mit Fatigue hatte, insbesondere Langstreckenpiloten (64). Über 90 % der Befragten gaben an, innerhalb der vergangenen drei Jahre schon einmal so müde/erschöpft gewesen zu sein, dass sie den Dienst besser nicht angetreten hätten. Ferner wurde berichtet, dass aufgrund von Fatigue im Dienst bereits ein Fehler unterlaufen sei (64). Über ein ungewolltes Einschlafen im Cockpit wurde von über einem Drittel der Befragten berichtet (64). Es gibt für Piloten die Möglichkeit, sich "unfit-to-fly" zu melden und den Flug nicht zu absolvieren. Zum Zeitpunkt der Umfrage hatten ein Fünftel der Teilnehmer davon einmalig Gebrauch gemacht (64).

6.6 Messverfahren Schlaf

6.6.1 Entwicklung der Schlafmessung

Die moderne Untersuchung des menschlichen Schlafes begann im Jahre 1924 durch den deutschen Neurologen und Psychiater Hans Berger, der 1929 seine Erkenntnisse und Ergebnisse erstmaliger Darstellungen der elektrischen Aktivität des Gehirns mit Hilfe des EEGs publizierte (127). Durch die Erfindung des EEGs konnte bewiesen werden, dass Schlaf eine Dynamik hat (128,129). Während Hans Berger zwischen dem schlafenden und wachen Menschen unterschied, gelang es Aserinsky und Kleitman in den 1950-er Jahren den Schlaf in zwei Kategorien einzuteilen (130). Seitdem unterscheidet man zwischen dem REM und Non-REM-Schlaf (wie in 3.2.1 beschrieben). Der italienische Neuropsychiologe Giuseppe Mouzzi entdeckte durch seine Grundlagenforschung in den späten 1940er Jahren (131) neue Erkenntnisse über die Steuerung menschlicher Wachheit und den Hirnstamm. Bei Verletzungen oder Schädigungen des Hirnstamms fallen Patienten häufig mit somnolenten oder komatösen Zuständen auf (132,133).

6.6.2 Aktigraphie – ein Messverfahren zur Schlaf-Wach-Quantifikation

Die Aktigraphie ist ein kostengünstiges, nicht-invasives sowie unkompliziertes Verfahren und ermöglicht eine erste Einschätzung des Schlafes (134). Durch die Beurteilung von Bewegungen gibt die Aktigraphie Aufschluss über den Schlaf- oder Wachzustand (135).

Die Messung erfolgt über einen piezoelektrischen Beschleunigungsmesser in einem am Handgelenk getragenen Gerät, meistens in Form einer herkömmlichen Armbanduhr. Man bezeichnet das Gerät als Aktigraph oder Aktometer. In einer Aktigraphie-Aufnahme markiert die Unbeweglichkeit des Teilnehmers den Beginn der Schlafperiode (136), als Beginn wurde in der vorliegenden Arbeit eine Epoche von drei Minuten festgelegt. Die Probanden können das Messinstrument an jedem beliebigen Ort dauerhaft tragen und müssen nicht, wie beispielsweise bei einer Polysomnographie (PSG), in einem Schlaflabor und somit in unbekannter Umgebung übernachten. Insomnien und zirkadiane Rhythmusstörungen können heutzutage mittels der Aktigraphie gut identifiziert werden (135). Für eine Ersteinschätzung des Schlafes handelt es sich bei der Aktigraphie, insbesondere bei jungen und gesunden Menschen, um eine qualitativ gute Methode, der Goldstandard ist jedoch unumstritten die PSG. In den Aktigraphen befindet sich ein Datenspeicher, der mit Hilfe von Softwareprogrammen die Daten auswerten kann. In der Aktigraphie ist es wichtig, dass die Probanden in einem Fragebogen oder einem Schlaftagebuch die Zeiten notieren, die mit dem Schlaf in Verbindung stehen. So können die Angaben mit den objektiven Ergebnissen auf Übereinstimmung geprüft werden.

Für die Messungen ist eine hohe Compliance der Probanden erforderlich, da sie keiner Kontrolle unterliegen.

Die aufgelisteten Definitionen sind elementar zur Analyse des Schlafes und damit einhergehend zur Analyse zirkadianer Rhythmusstörungen (137,138):

- **Bettzeit (Time In Bed - TIB):** Zeitspanne des bewussten Einschlafversuchs -somit dem Zeitpunkt des aktiven Ausschalten des Lichtes - bis zum aktiven Anschalten des Lichtes (139). Die Angabe der TIB erfolgt in Minuten.
- **Gesamtschlafzeit (Total Sleep Time - TST):** Summe der tatsächlichen Zeit im Schlaf innerhalb der TIB. Die Angabe der TST erfolgt in Minuten.
- **Wachzeit (Wake):** Zeitraum während der TIB, in dem nicht geschlafen wurde, sie lässt sich durch die TIB minus der TST errechnen. Die Angabe erfolgt in Minuten.
- **Schlafeffizienz (Sleep Efficiency - SE):** Verhältnis von der TST zur TIB. Die SE wird berechnet als Summe aller Schlafstadien, geteilt durch die TIB, und multipliziert mit 100 (140). Die Angabe erfolgt in Prozent.

- **Einschlaflatenz (Sleep Latency - SL):** Zeitspanne zwischen dem Ausschalten der Lichter während des Schlafversuchs bis zum tatsächlichen Einschlafen. Als Beginn des Schlafes wurde in der vorliegenden Arbeit eine Epoche von drei Minuten festgelegt. Die Angabe der SL erfolgt in Minuten.
- **Aufwachereignisse:** Anzahl der Ereignisse, die ein Proband nach erstmaligem Einschlafen erwacht. Ein Aufwachereignis definiert in dieser Studie einen Zeitraum von mindestens drei Minuten.
- **Wachzeit nach dem erstmaligen Einschlafen (Wake after Sleep Onset - WASO):** Zeit des Wachseins (in Minuten) nach erstmaligem Einschlafen zur besseren Kenntnis über die Fragmentierung des Schlafes.

Die TST und SE verringern sich im Laufe des Lebens, während die WASO zunimmt (38). Die Mittelwerte der TST und der SE sind bei der PSG und der Aktigraphie annähernd kongruent (134,141).

6.6.3 Charité Jetlag Scale (CJS)

Zur persönlichen Einschätzung der Probanden wurde die Charité Jetlag Scale (Version 3.0 - siehe Anhang) als Fragebogen eingesetzt (142). Fünf Kategorien wurden nach einer Gliederung in ein Morgen- und ein Abendprotokoll abgefragt:

1. Schlafbezogene Symptome/Tagesmüdigkeit
2. Vegetative Symptome
3. Physische Symptome
4. Psychische Symptome
5. Kognitive Symptome

Zudem beinhaltete die CJS Fragen nach demografischen Daten sowie Fragen zur Schlafhygiene im Alltag und ein Schlaftagebuch. Die schlafbezogenen Symptome fanden lediglich im Morgenprotokoll Beachtung, hier beurteilten die Teilnehmer subjektiv das Schlafverhalten der vorangegangenen Nacht. Die psychischen, physischen und

vegetativen Symptome wurden sowohl im Morgen- als auch im Abendprotokoll abgefragt, während die kognitiven Symptome und die Tagesmüdigkeit ausschließlich im Abendprotokoll erhoben wurden.

Ferner wurde in jeder Kategorie nach der Beeinflussung der Symptome im Alltag und/oder im Berufsleben gefragt.

Eine Evaluation der Symptome erfolgte vor und nach dem Schlafen über 24 Stunden.

Zusammenfassend wurde eine Frage zur allgemeinen Jetlag-Wahrnehmung des kompletten Tages gestellt. Im Morgen- und Abendprotokoll gab es ebenso jeweils eine zusammenfassende Frage für den entsprechenden Tagesabschnitt.

6.7 Aktueller Forschungsstand

In einer Studie mit portugiesischen Piloten (Durchschnittsalter 39,05 Jahre \pm 8,14) beantworteten 435 Teilnehmer einen für die Studie entwickelten Fragebogen mit sozioökonomischen, arbeitsrechtlichen sowie Müdigkeit und Schlaf betreffenden Fragen (143). Die Ergebnisse zeigten, dass mehr als ein Drittel der Piloten innerhalb der vergangenen 28 Tage Schlafbeschwerden wahrnahmen, knapp 60 % berichteten über Tagesmüdigkeit, darüber hinaus lag die generelle Müdigkeit bei über 90 % der Probanden. Ein Drittel der Teilnehmer waren Langstreckenpiloten (definiert als Flüge >sechs Stunden). Die Ergebnisse erbrachten ein signifikant höheres Risiko für Ermüdung unter Piloten im Einsatz auf Kurzstrecken.

In einer weiteren Studie zeigten Signal et al., dass der Schlaf von Piloten an Bord im Vergleich zum Schlaf im Hotel oder zu Hause qualitativ schlechter ist (144). Ebenso ergab eine Studie mit Langstreckenpiloten von Roach et al. einen verminderten Erholungswert des Schlafes (bis zu 70 % Verminderung) im Vergleich zum Schlaf in einem richtigen Bett (145).

Eine weitere Studie untersuchte den Zusammenhang zwischen dem Schlaf vor einem Flug und der Müdigkeit während des Fluges. Die Ergebnisse zeigten, dass ein guter Schlaf vor dem Flug die Müdigkeit während des Fluges relevant senken kann (146). Über alle Flugsektoren hinweg war der Schlaf in den 24 Stunden vor den Flügen signifikant kürzer als nach den Flügen (146).

6.8 Zielsetzung der Arbeit

Die Studie war ein Pilotprojekt mit Langstreckenpiloten, die für eine Fluggesellschaft in deutschsprachigen Ländern arbeiten. Die Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Interdisziplinären Schlafmedizinischen Zentrum der Charité - Universitätsmedizin Berlin und dem Start-Up Unternehmen „&gesund“, dessen Algorithmen und Verfahren durch das Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD) Rostock entwickelt, validiert und publiziert wurden.

Die Schnittstelle von Jetlag und Schichtarbeit ist in vielerlei Hinsicht ein besonderes Phänomen und stellt Arbeitgeber und Arbeitnehmer vor spezielle Herausforderungen. In dieser Studie sollten objektive und subjektive Auswirkungen von Piloten nach Langstreckenflügen untersucht und dargestellt werden. Ziel dieser Pilotstudie war die Analyse des Schlafes von Berufspiloten nach Flügen mit unterschiedlichen Zeitzonen und das individuelle Befinden am darauffolgenden Tag. Die Teilnehmer dieser Studie zeigten alle eine Bereitschaft, ihren Schlaf subjektiv mittels CJS sowie objektiv mittels Aktigraphie untersuchen zu lassen. Ferner sollte der allgemeine Gesundheitsstatus überprüft werden, da dieser abhängig von einem gesunden Schlaf (und umgekehrt) ist. Dazu wurden die Prävalenzen für Nikotinkonsum, Adipositas und Hypertonus erhoben, und es erfolgte ein Vergleich mit vorliegenden Daten anderer Studien.

Die Teilnehmer hielten sich maximal zwei Nächte in den jeweiligen Ländern auf, sodass zu keinem Zeitpunkt eine vollständige Akklimatisierung erreicht werden konnte. Zu den objektiven Messungen wurden die unter „Aktigraphie“ beschriebenen Schlafparameter verwendet. Die Datenaufzeichnung erfolgte dabei durch eine am Handgelenk getragene, handelsübliche Smartwatch (Huawei Watch 2), aus deren kontinuierlich aufgezeichneten Parametern mittels speziell entwickelter Analysesoftware Rückschlüsse auf den Schlaf und dessen Qualität gezogen werden konnten. Zudem wurden Fragen zur subjektiven Schlafqualität erhoben. Die Messungen fanden während des Fluges, der Nacht im Ausland sowie im Zustand völliger Akklimatisierung in der heimatlichen Zeitzone statt. Als subjektives Messinstrument wurde die CJS mit einem Morgen- und einem Abendprotokoll eingesetzt. Die CJS ist in deutscher Sprache verfasst.

Diese Studie sollte der Frage nachgehen, ob die außergewöhnlichen beruflichen Beanspruchungen der Langstreckenpiloten (lange Flugdienstzeiten, Zeitverschiebungen, häufig wechselnde Klimazonen) Auswirkungen haben, die langfristig zu gesundheitlichen Risiken innerhalb dieser Berufsgruppe führen könnten.

Es sollte überlegt und erörtert werden, ob in Zukunft verstärkte Präventionsmaßnahmen oder Veränderungen grundlegender Prozesse bei den Fluggesellschaften erfolgen müssen, um Piloten vor eventuell negativen Auswirkungen der ständigen Überschreitungen von Zeitzonen und häufig stattfindender Nachtarbeit schützen zu können.

Im Fokus der Forschung standen in den vergangenen Jahren zunehmend Krebserkrankungen bei fliegendem Personal. Es zeigte sich beispielsweise, dass das maligne Melanom sowie andere Hauttumore bei Piloten und Flugbegleitern signifikant häufiger auftreten als in der Allgemeinbevölkerung (147). Außerdem gab es große Studien zu der Prävalenz von kardiovaskulären Erkrankungen bei Piloten (21), zu Unfällen durch menschliches Versagen (148) sowie zu dem Thema Fatigue (145). Es gibt jedoch kaum Daten zu der Schnittschnelle Schlaf und Jetlag. Jetlag beinhaltet weitaus mehr Symptome als Müdigkeit und in dieser Studie sollte daher untersucht werden inwiefern Symptome des Jetlags das subjektive Befinden der Piloten und den objektiv messbaren Schlaf beeinflussen. Das tatsächliche Ausmaß der Adaptation an eine neue Zeitzone während kurzer Aufenthalte von ein bis zwei Nächten ist kaum untersucht und mithilfe dieser Studie sollte ein komplettes, umfassendes Bild der Auswirkungen von Zeitzonenflügen bei Piloten geschaffen werden. Das größte Anliegen der Flugsicherheit ist die komplette Funktions- und Leistungsfähigkeit der Piloten während des sicherheitskritischen Ab- und Anfluges. Viele Studien gingen demzufolge der Frage nach, wie sich Müdigkeit und ein schlechter Schlaf der Piloten auf die Arbeit an Bord auswirkt. Die vorliegende Arbeit sollte neben dem Punkt der Flugsicherheit auch der Frage nachgehen inwiefern dieser Beruf Auswirkungen für die Piloten als Individuum hat. Die Fliegerei ist aus dem heutigen Zeitalter nicht mehr wegzudenken, deshalb sind Studien zu dem Thema Jetlag von besonderer Bedeutung, da nur so langfristig die höchste Priorität der Fliegerei garantiert werden kann: die Sicherheit.

6.8.1 Forschungsfragen

1. Welchen Einfluss hat ein Transkontinentalflug mit Zeitzonenverschiebung auf ak-timetrisch bestimmte Parameter des Schlaf-Wach-Rhythmus?
2. Wie hoch ist die Prävalenz der Jetlag Symptomatik nach Transkontinentalflügen?
3. Gibt es einen Zusammenhang zwischen der subjektiven und der objektiven Schlaf-qualität bei vorausgehenden Transkontinentalflügen?

4. Haben Piloten einen besseren oder schlechteren Gesundheitsstatus (bezogen auf die Risikofaktoren Nikotinkonsum, Adipositas und Hypertonus) als der Durchschnitt der Bevölkerung?

7 Methoden

7.1 Probanden

Nach dem positiven Ethikvotum (Studennummer EA1/202/17) fanden die Untersuchungen der Langstreckenpiloten statt.

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte initial durch eine Annoncierung über den E-Mail-Verteiler des Berufsverbandes der Piloten „Vereinigung Cockpit e.V.“ (VC). Einige der so gewonnenen Probanden informierten ihrerseits Kolleginnen und Kollegen über die Studie, sodass auf diesem Wege weitere Probanden für die Studie gewonnen werden konnten. Eine Aufklärung über den Hintergrund und die Durchführung der Studie erfolgte schriftlich und bei Bedarf zusätzlich im persönlichen Gespräch. Alle Probanden gaben ihr schriftliches Einverständnis zur Studienteilnahme. Die Studienteilnahme erfolgte ohne Aufwandsentschädigung. Der Zeitpunkt der Messungen wurde nach dem individuellen Dienstplan und den Verfügbarkeiten der Aktigraphen festgelegt. Alle Piloten erhielten Kontaktdaten, um für Rückfragen die Studienleitung erreichen zu können.

7.1.1 Einschlusskriterien

- Eine abgeschlossene Ausbildung als Verkehrspilot
- Ein gültiges Tauglichkeitszeugnis der Klasse 1 für Passagierflugzeuge
- Piloten aller Altersklassen, sofern diese zum Zeitpunkt der Messungen einen gültigen Arbeitsvertrag hatten und aktiv diesen Beruf ausübten
- Durchführung von Langstreckenflügen in Flugrichtung „Osten“ oder „Westen“ mit einem Minimum von dreieinhalb Stunden Zeitverschiebung zur Heimatzeitzone (MEZ/MESZ) während der Studienteilnahme
- Vorliegen einer Akklimatisierung bei Studienbeginn
- Deutsche Sprachkompetenz mindestens im Bereich der schriftlichen Kommunikation

7.1.2 Ausschlusskriterien

- Probanden mit einer medizinisch diagnostizierten Schlafstörung
- Rückkehr aus einem Urlaub mit Zeitverschiebung ohne Akklimatisierung zum Zeitpunkt der geplanten Messung
- Durchführung von Langstreckenflügen in Flugrichtung „Norden“ oder „Süden“ (aufgrund der fehlenden Zeitverschiebung zur MEZ/MESZ)

7.2 Studienablauf

Die Aktigraphen in Form von Handgelenksuhren sowie die CJS wurden den Probanden in den meisten Fällen persönlich übergeben, war dies nicht möglich, wurden alle Unterlagen in einem Postfach hinterlegt. Beim Anlegen der Handgelenksuhren erfolgte eine Blutdruckmessung. Dabei wurden die Teilnehmer gebeten, zunächst zehn Minuten in entspannter Körperhaltung zu sitzen. Darüber hinaus wurden die Blutdruckwerte der letzten medizinischen Untersuchung erfragt, um einen Vergleichswert zu haben. Die Teilnehmer sollten die Handgelenksuhren für eine genaue Datenerfassung wie eine herkömmliche Armbanduhr anlegen und sie mit der Unterseite stets etwas oberhalb des Handgelenkes fest, aber bequem am Arm anliegend tragen. Getragen werden sollten die Uhren mindestens auf einem Flug und einer darauffolgenden Nacht im Ausland, nach Möglichkeit über einen längeren Zeitraum auf dem Hin- und Rückflug und während der gesamten Aufenthaltsdauer. Darüber hinaus fand eine Messung während einer Nacht in der Heimat statt, wenn die Piloten vollständig akklimatisiert waren. Der Zeitpunkt für die Messung in der Heimat wurde individuell festgelegt, teilweise war es nicht möglich einen Messzeitpunkt unmittelbar vor oder nach dem Flugereignis zu finden, da private oder berufliche Ereignisse keine Akklimatisierung zuließen. Für die Studie standen anfangs zwei, im Verlauf bis zu sechs Aktigraphen zur Verfügung.

Die Teilnehmer erhielten die neuste Auflage der CJS. Sie beantworteten den Fragebogen morgens nach dem Aufstehen im Ausland sowie abends vor dem Einschlafen. Die Rückgabe der ausgefüllten Fragebögen und Aktigraphen erfolgte durch persönliche Übergabe, persönliches Postfach oder per Post.

7.3 Fragebogen: Charité Jetlag Scale (CJS)

Es gibt international keinen einheitlich gültigen Jetlag Fragebogen. Häufig werden Fragebögen studienspezifisch entwickelt. Der einzige Fragebogen, der international anerkannt ist und die Validitätsstufe eins besitzt, heißt *Columbia Jetlag Scale* (149). Auf dessen Basis wurde die *Charité Jetlag Scale* entwickelt und von Becker et al. veröffentlicht (142). Dr. Becker arbeitet selbst als Pilotin und hat langjährige Erfahrung mit Jetlag.

Da diese Dissertation in der deutschen Sprache verfasst wird und alle Teilnehmer als Einschlusskriterium mindestens schriftlich Deutsch beherrschen mussten, sollte ein deutschsprachiger Fragebogen zum Einsatz kommen, damit alle Details von den Teilnehmern richtig interpretiert und beantwortet werden konnten.

Die Skalierung der Symptome erfolgte fünfstufig ordinal von fehlender (Bewertungspunktzahl 0) bis sehr starker (Bewertungspunktzahl 4) Symptomatik (142). Insgesamt konnten pro Protokoll durch 15 Fragen maximal 60 Punkte erreicht werden, das Minimum betrug 0 Punkte (142). Die Summe aller Elemente ergab einen Jetlag Score und definierte somit die Kennzahl zur Bestimmung des Schweregrades (142). Ein Jetlag Score wurde für morgens, abends sowie den gesamten Tag errechnet (142). Die zusammenfassenden Fragen (am Ende der jeweiligen Symptomkategorien, am Ende des Morgen- und Abendprotokolls und als Zusammenfassung des gesamten Tages) flossen nicht in den Summenscore mit ein. Da die Symptome der CJS unspezifisch sind und ebenso eine nicht reisende Population betreffen könnten, kann nur eine Summe von Symptomen auf eine Jetlag-Störung hinweisen (142). Becker et al. verglichen Jetlag Scores anderer Fragebögen und übernahmen Perzentilen aus dem Dezimalsystem, somit konnten Schwellenwerte für die Auslösung eines Jetlags bestimmt werden. Werte, die über dem 90. Perzentil lagen, wurden als Ausreißer definiert, alle darunter liegenden Werte bildeten die Referenzgruppe. Innerhalb dieser wurden Werte über dem 90. Perzentil als schwerer Jetlag definiert, dafür ergab sich ein Jetlag Score von $\geq 6,23$ Punkten. Ein moderater Jetlag lag laut Definition ab einem Score von ≥ 3 Punkten (80. Perzentil) vor (142).

In dieser Arbeit wurde der Fokus neben dem allgemeinen Jetlag Score auf die Art und Ausprägung der einzelnen Symptome gerichtet, somit wurden alle einzelnen Items statistischen Tests unterzogen.

7.4 Aktigraphie mittels Huawei Watch

Die objektive Messung des Schlafes fand mit Hilfe der Aktigraphie statt. Es wurde das Gerät *HUAWEI WATCH* (Huawei Technologies Co. Ltd, Shenzhen, China) eingesetzt. Die Aktigraphen erfassten dreidimensional Bewegungen, welche als Summensignal mit einer minütlichen Auflösung gespeichert wurden. Zur Schlaf-Wach-Klassifikation wurde die Software *&gesund* (mHealth Pioneers GmbH, Berlin) verwendet. Die Algorithmen wurden durch das Fraunhofer IGD Rostock entwickelt, validiert und publiziert (150–156). Bei der Huawei Watch mit integrierter Software von *&gesund* handelte es sich um kein Medizinprodukt, sondern um eine digitale Gesundheitsanwendung.

Das Design der Aktigraphen erlaubte eine einfache Bedienung (Abbildung 1). Die Ladestation war mit einem Magnetverbinder ausgestattet, welcher an der Rückseite der Aktigraphen eingesteckt werden musste. Ein vollständiger Ladevorgang dauerte etwa 90 Minuten, das Aufladekabel erhielten die Teilnehmer gemeinsam mit dem Aktigraphen und wurden gebeten, diesen einmal täglich zu laden. Zum Duschen konnten, mussten sie jedoch nicht abgelegt werden. Alle Aktigraphen waren via Touchscreen zu bedienen. Die in der Studie verwendeten Aktigraphen (N=6) hatten alle ein Lederarmband. Zur Erfassung der Daten verwendete *&gesund* die Datenströme der Standardsensoren, die in aktuelle Android Wear-Smartwatches integriert waren. Basierend auf der Anwendung der Beschleunigungsmessung konnte der Zustand *Schlaf* oder *Wach* erfasst werden (157).

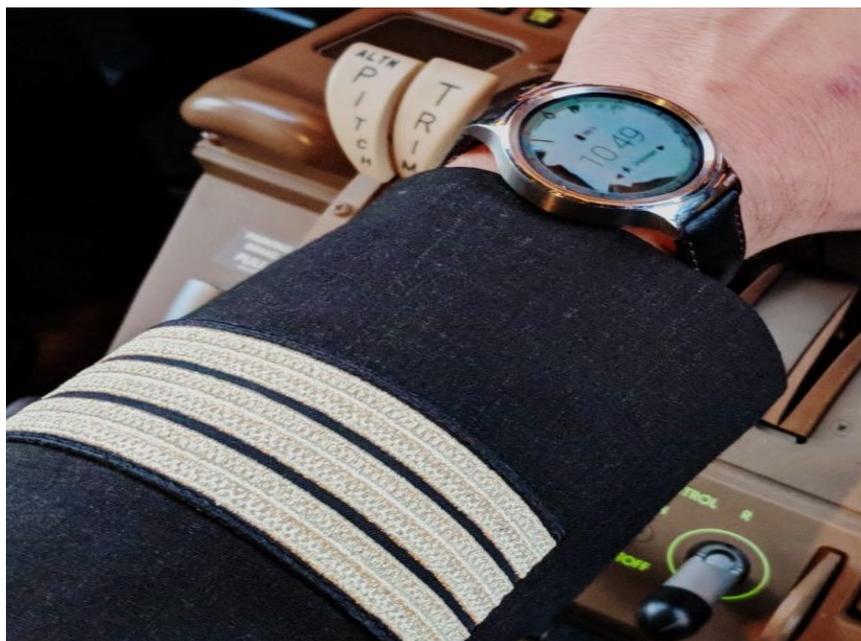


Abbildung 1: Pilot in Uniform während des Fluges mit dem Aktigraphen

Die Aktivitätsintensität ergab sich aus einem Wert der Beschleunigungssensoren. Sie war nicht skaliert, null entsprach kompletter Ruhe, nach oben gab es theoretisch keine Grenze. Die Schlafintensität war ein linearer Wert zwischen null und 100. Dabei definierte 100 kompletten Tiefschlaf und null komplett wach (die Extremwerte wurden in der Realität kaum erreicht). Die Skala war per Definition so festgelegt, dass der Schlafzustand erreicht war, wenn die Schlafintensität größer als 50 war. In der vorliegenden Arbeit wurden daher alle Werte ab 50 als Schlaf gewertet. Zwischen leichtem und tiefem Schlaf wurde nicht unterschieden. Es konnte zwar ein Wert zwischen tiefem Schlaf (Schlafintensität um die 90) und leichtem Schlaf (Werte knapp über 50) festgelegt werden, jedoch gab es keine Möglichkeit, die Schlafintensität direkt in Schlafphasen zu überführen. Die Daten wurden nach Beendigung der jeweiligen Messungen offline gespeichert. Für die Studie wurden alle Uhren in den Offlinemodus gesetzt, dies ermöglichte ein leichteres Nachvollziehen der Uhrzeiten bei den Auswertungen. Die Übertragung der Daten erfolgte in Form von Tages- und Minutendaten in eine Excel Tabelle. Für die detaillierte Auswertung und zur statistischen Analyse wurden insbesondere die Minutendaten betrachtet und verwendet. Aktigraphische Messungen wurden zu fünf verschiedenen Zeiträumen erhoben (Tabelle 6).

Tabelle 6: Zeiträume der Aufzeichnungen mittels Aktigraphie. Eigene Darstellung

Bezeichnung	Definition
A0	Schlaf am Tag, unmittelbar nach der Ankunft im Hotel
A1	Erste Nacht im Ausland
A2	Zweite Nacht im Ausland
F	Pause während des Fluges
Z	Nacht zu Hause

7.5 Statistik

Die CJS sowie die Daten der Aktigraphie wurden mit Hilfe von statistischen Verfahren ausgewertet, es erfolgte eine Beratung im Institut für Biometrie und Klinische Epidemiologie der Charité.

Zur statistischen Analyse wurden die Programme IBM SPSS (Statistical Package for Social Sciences) Statistics, Version 25 und Microsoft Excel verwendet.

In der Studie wurden nominale, metrische sowie ordinale Daten erhoben, die weder normalverteilt noch parametrisch waren. Für unverbundene Stichproben wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Dieser ist ein Homogenitätstest. Er dient zur Überprüfung der Signifikanz einer Übereinstimmung von zwei Gruppen. Der Mann-Whitney-U-Test findet Anwendung bei unabhängigen Stichproben und testet, ob diese verschieden sind. Wenn der p-Wert (probability, engl. für Wahrscheinlichkeit) $<0,05$ ist, spricht man von einem signifikanten Ergebnis, bei $p<0,01$ liegt ein hochsignifikantes Ergebnis vor, wohingegen ein p-Wert von $>0,05$ ein nicht signifikantes Ergebnis darstellt. Ebenso fand der Wilcoxon-Rangsummen Test Anwendung. Dieser Test vergleicht die Werte von abhängigen Stichproben zu zwei verschiedenen Messzeitpunkten. Es gibt demzufolge einen prä- sowie einen post-Wert. Wenn der p-Wert (Signifikanzniveau) $<0,05$ ist, spricht man von einer Signifikanz, $p<0,01$ stellt ein hochsignifikantes Ergebnis dar, es liegen also Unterschiede zwischen einem prä- und einem post-Wert vor. Bei p-Werten (Signifikanzniveau) $>0,05$ bestehen keine Unterschiede zwischen den prä- und post-Werten, somit sind die Ergebnisse nicht signifikant. Für abhängige Stichproben zu mehr als zwei Messzeitpunkten fand der Friedman-Test Anwendung. Hier lag das Signifikanzniveau ebenfalls bei $p<0,05$. Die p-Werte wurden mit zwei Nachkommastellen angegeben, ebenso die Werte des Summenscores der CJS, da diese von Becker et al. mit zwei Nachkommastellen zur Schweregradeinteilung des Jetlags betrachtet wurden. Alle weiteren Werte wie beispielsweise die Minutendaten der Aktigraphie sowie die Mittelwerte mit Standardabweichungen der einzelnen Fragen der CJS wurden nach Rücksprache mit dem Institut für Biometrie und Klinische Epidemiologie der Charité mit einer Nachkommastelle als ausreichend empfohlen. Zur Darstellung der Ergebnisse der statistischen Tests wurden Boxplots verwendet, die immer den Median beinhalten. Die demographischen Daten wurden mit Histogrammen inklusive einer Normalverteilungskurve dargestellt.

8 Ergebnisse

8.1 Demographische Daten

Es befanden sich 21 Männer (84 %) sowie 4 Frauen (16 %) unter den Probanden. Der Altersdurchschnitt lag bei $38,0 \pm 6,8$ (Median 37,0) Jahren, der älteste Teilnehmer war 61, der jüngste Teilnehmer 27 Jahre alt (Abbildung 2).

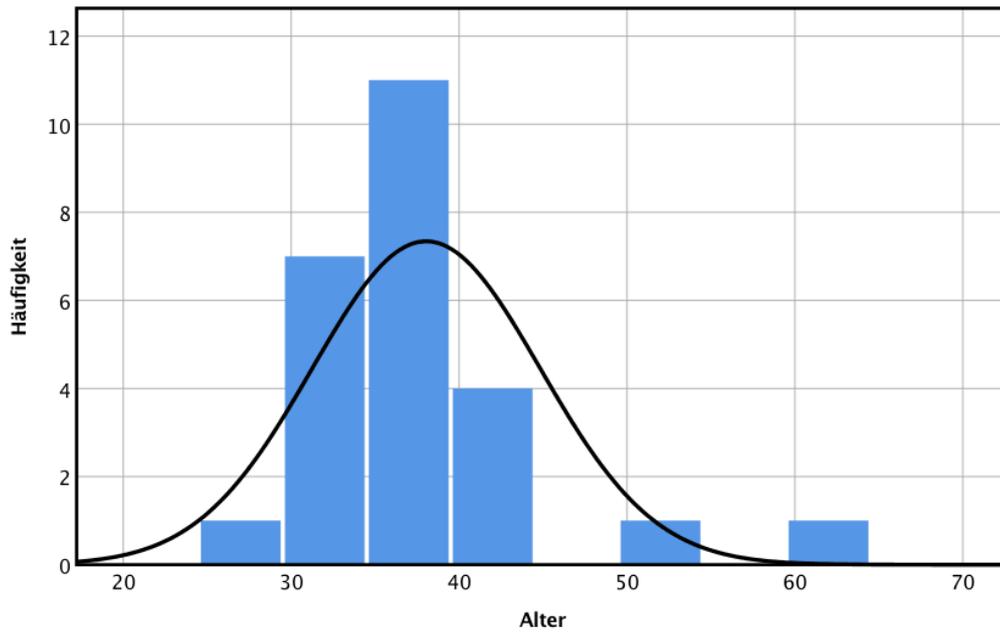


Abbildung 2: Histogramm zum Altersdurchschnitt der Piloten

Die mittlere Körpergröße betrug $181,0 \pm 7,9$ cm (Abbildung 3).

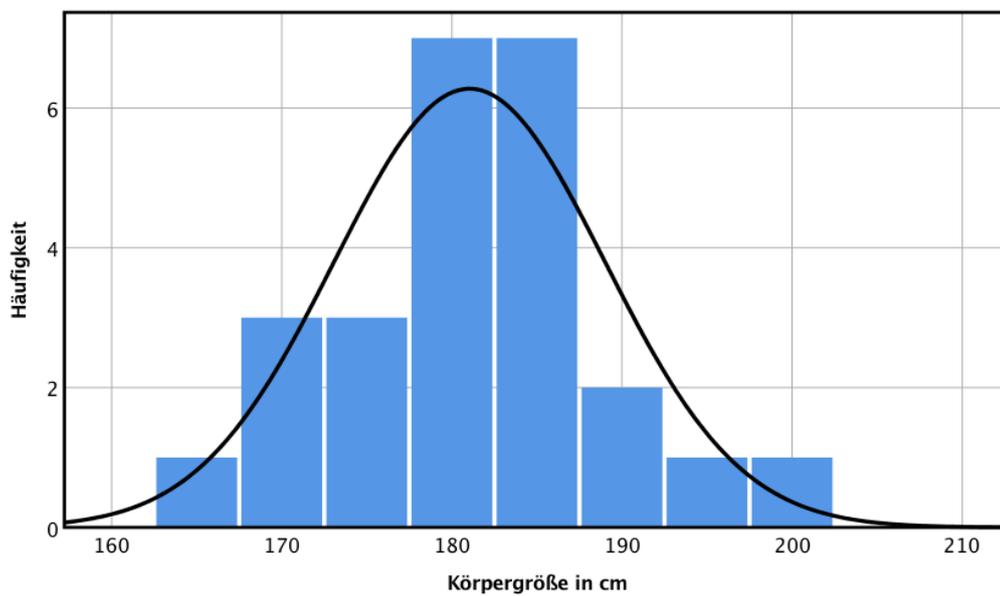


Abbildung 3: Histogramm zur Größenverteilung der Teilnehmer

Der Body-Mass-Index (BMI) lag bei $M=24,7 \pm 2,5$ kg/m² (Abbildung 4).

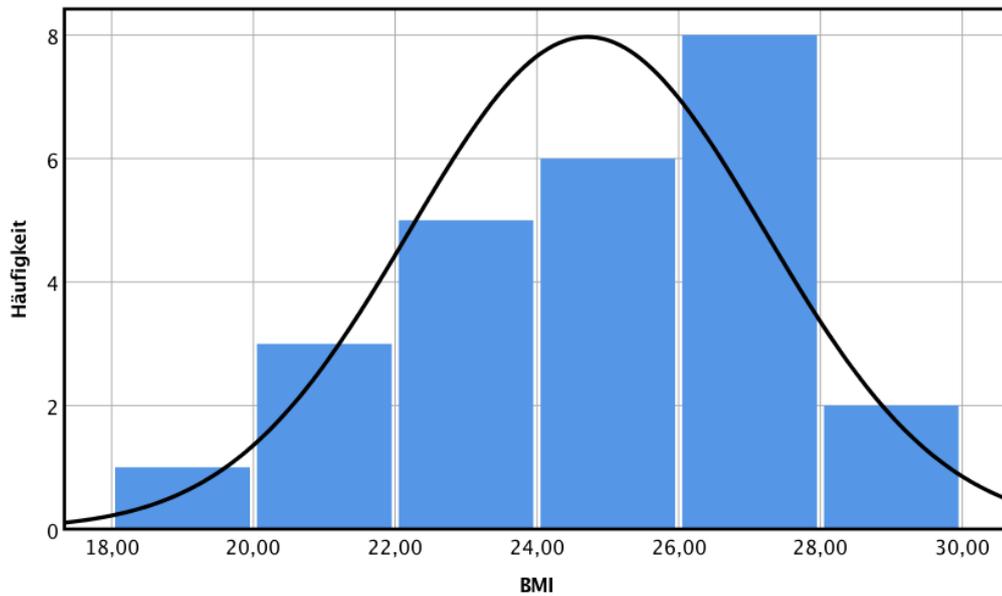


Abbildung 4: Histogramm zum BMI der Teilnehmer (Angabe in kg/m²)

Blutdruckmessungen erfolgten bei 24 Teilnehmern, wobei der Median des systolischen Blutdrucks in einem hoch-normalen Bereich lag (per WHO Definition zwischen 130mmHg und 139mmHg) und der Median des diastolischen Blutdrucks einen normotonen Wert ergab [(per WHO Definition zwischen 80mmHg und 84mmHg) Abbildung 5].

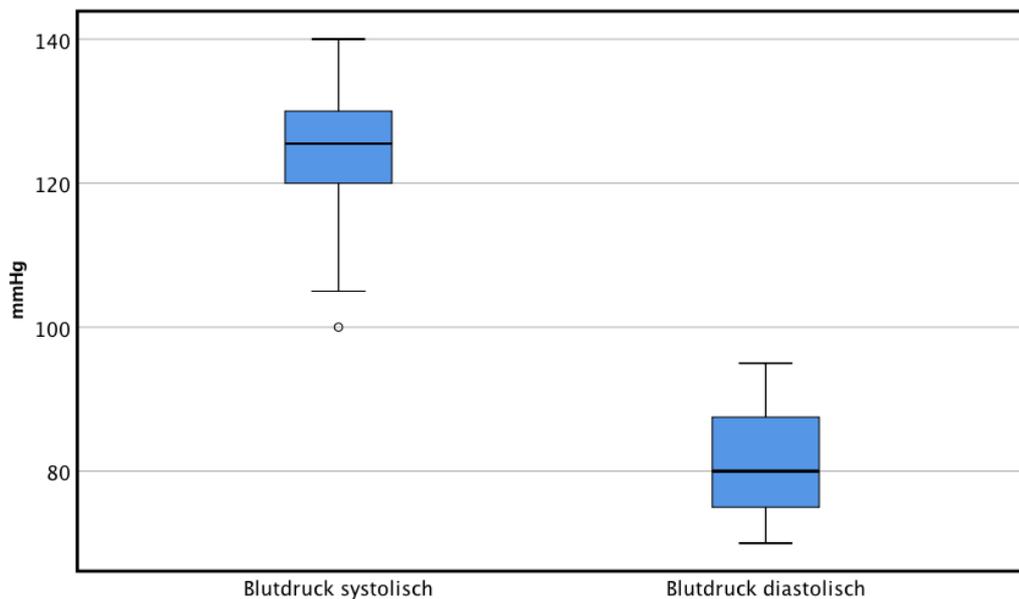


Abbildung 5: Boxplot Darstellung der systolischen und diastolischen Blutdruckwerte.

Unter den 25 Teilnehmern befanden sich insgesamt 8 % (n=2) männliche Raucher, somit bestand bei 92 % (n=23) kein Nikotinkonsum.

Bei der Frage nach der individuellen Chronobiologie gaben 56 % (n=14) der Teilnehmer an Spätaufsteher zu sein, 40 % (n=10) der Befragten bezeichneten sich dagegen als Frühaufsteher. Ein Proband beantwortete diese Frage nicht.

Im Median wurde eine Schlafenszeit von 7,0 Stunden während der vergangenen vier Wochen angegeben, $M=7,1 \pm 1,4$ Stunden.

8.2 Fallzahlen

Alle 25 Piloten beantworteten die Charité Jetlag Scale. Aktigraphische Messungen lagen von fünf verschiedenen Zeiträumen (A0, A1, A2, F, Z) vor.

Die Anzahlen der Messungen sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Anzahl der aktigraphischen Messungen

A0	A1	A2	Z	F
n=7	n=19	n=6	n=16	n=24

Ursachen für die unterschiedlichen Anzahlen der Messungen waren (Tabelle 8):

Tabelle 8: Ursachen unterschiedlicher Anzahlen mittels Aktigraphie. Eigene Darstellung

Ursachen für unterschiedliche Anzahlen (=n) von Messungen mittels Aktigraphie	Anzahl (n)
Lückenhafte Datenaufzeichnung aufgrund technischer Probleme	n = 6 für A1 n = 4 für A2 n = 5 für Z
Fehlende Akklimatisierung	n = 4 für Z
Nur sechs Piloten verbrachten eine zweite Nacht im Ausland	n = 6 für A2
Tagesschlaf unmittelbar nach der Ankunft *	n = 7 für A0

*Je nach Ankunftszeit legten einige Piloten eine Schlafphase direkt nach der Ankunft im Hotel am Zielort ein (A0): ein Flug von einer deutschen Stadt nach Shanghai startete

beispielsweise nach MESZ gegen 17 Uhr. Bei einer Flugzeit von ca. elf Stunden folgte die Landung gegen vier Uhr am Morgen nach MESZ, das Hotel wurde nach der Einreise und einer Busfahrt gegen sechs Uhr morgens erreicht. In Shanghai liegt im Sommer eine Zeitverschiebung von plus sechs Stunden zur MESZ vor, d.h. beim Erreichen des Hotels war es zwölf Uhr mittags nach lokaler Ortszeit. Die meisten Teilnehmer mit dieser Art von Ankunftszeiten legten sich unmittelbar nach der Ankunft im Hotel schlafen. Alle Teilnehmer stellten sich jedoch einen Wecker, um am späten Abend erneut schlafen zu können, da der Rückflug ca. 24 Stunden später erfolgte. Tageslicht sahen viele Probanden an dem Ankunftstag nach ihrem ersten Schlaf nicht mehr. Von diesen „kurzen Schlafphasen“ (A0), die im Ausland am Tag stattfanden, lagen sieben Messungen vor.

8.3 Charité Jetlag Score, deskriptive Auswertung

Die Auswertung der CJS, bezogen auf die Gesamtgruppe (N=25) ergab, dass 92 % (n=23) der Piloten über den gesamten Tag verteilt Jetlag wahrnahmen, der durchschnittliche Summenscore eines gesamten Tages lag bei $13,32 \pm 8,57$ Punkten (Tabelle 9 und Abbildung 6).

Tabelle 9: Auswertung der CJS nach Vorhandensein eines Jetlags mit Hilfe eines Summenscores

Keine Jetlag-Symptome (Summenwert <3 Punkte)	Moderate Jetlag-Symptome (Summenwert \geq 3 Punkte)	Schwere Jetlag-Symptome (Summenwert \geq 6.23 Punkte)
n=2 (8 %)	n=4 (16 %)	n=19 (76 %)

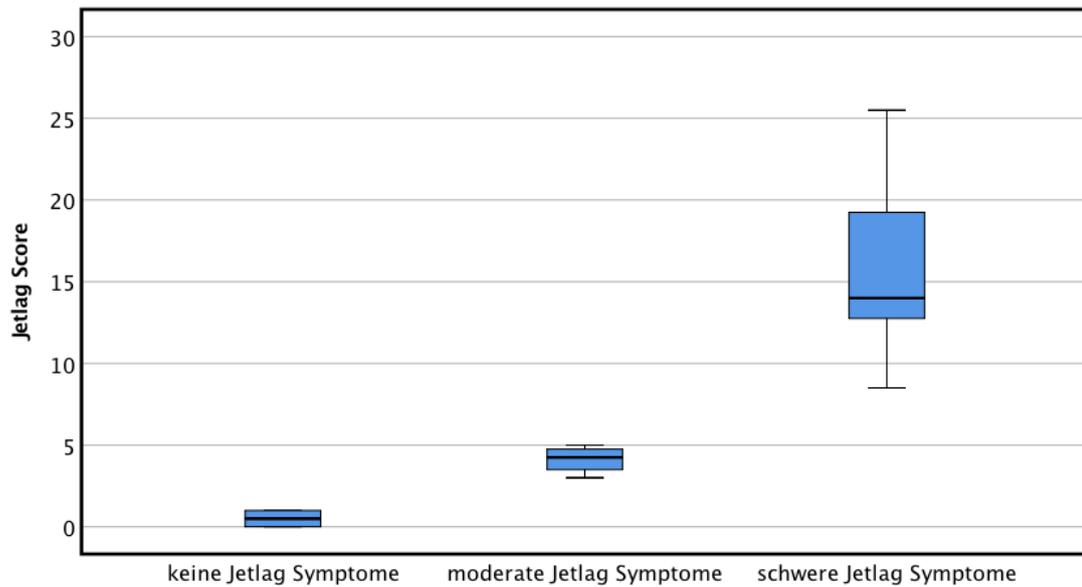


Abbildung 6: Boxplots mit der Darstellung von Jetlag-Symptomen (keine, moderate, schwere)

Die Teilnehmer beantworteten Fragen zu Symptomen eines Jetlags in folgenden Kategorien:

- Tagesmüdigkeit / Schlafprobleme
- Vegetative Symptome
- Physische Symptome
- Psychische Symptome
- Kognitive Symptome

8.3.1 Tagesmüdigkeit

Die Müdigkeit am Tage stellte sich unter den 25 Teilnehmern mit $M=2,0 \pm 1,0$ Punkten als das Symptom mit der stärksten Wahrnehmung heraus (Abbildung 7).

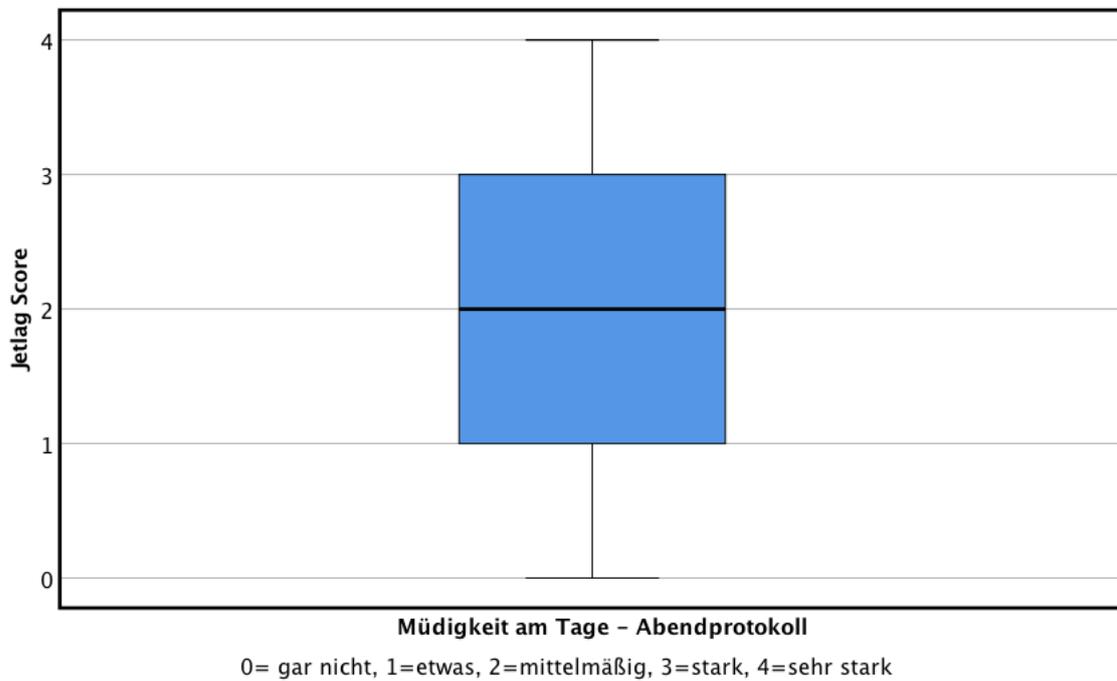
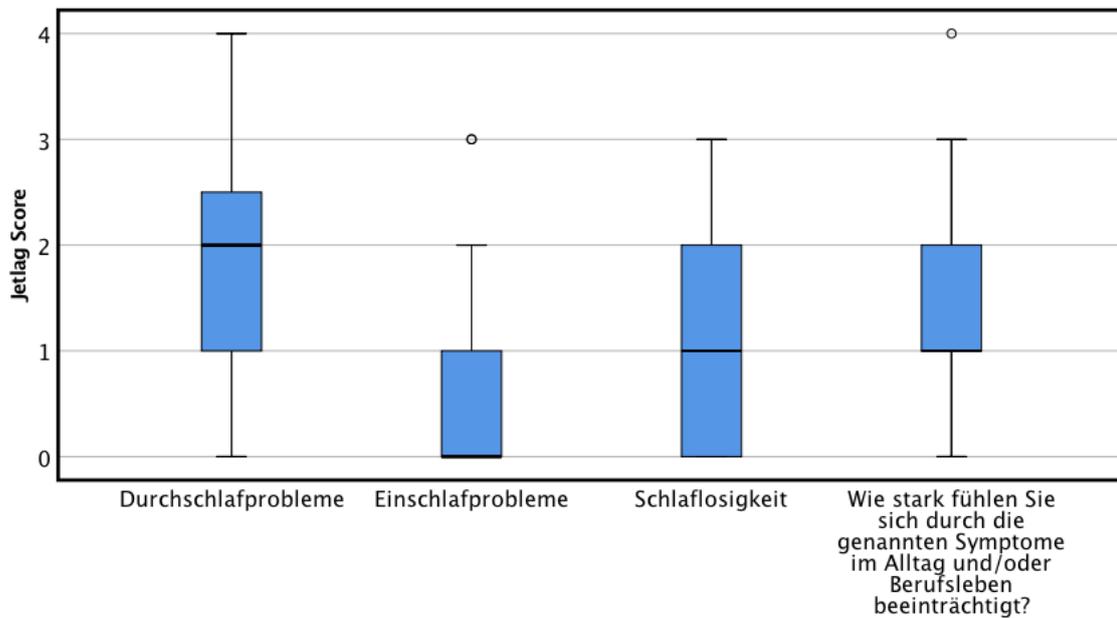


Abbildung 7: Boxplot mit Darstellung der CJS Ergebnisse der Tagesmüdigkeit (n=25)

8.3.2 Schlafprobleme

In der Kategorie der Schlafprobleme zeigte sich im Mittel der höchste Wert bei der Frage nach Durchschlafproblemen ($M=1,56 \pm 1,19$ Punkte). Einschlafprobleme dagegen ergaben mit $M=0,68 \pm 0,99$ Punkten den niedrigsten Wert (Abbildung 8).



0= gar nicht, 1=etwas, 2=mittelmäßig, 3=stark, 4=sehr stark

Abbildung 8: Boxplots mit Darstellung der Kategorie Schlafprobleme (n=25)

8.3.3 Vegetative Symptome

Die Kategorie der vegetativen Symptome ergab die geringste Symptomausprägung (Abbildungen 9 und 10). Die höchsten Mittelwerte innerhalb dieser Kategorie wurden bei der Frage nach verstärktem Hungergefühl am Morgen ($M=0,84 \pm 0,85$ Punkte) angegeben und im Abendprotokoll bei der Frage nach der Beeinträchtigung im Alltag/Berufsleben durch vegetative Symptome ($M=0,79 \pm 0,78$ Punkte).

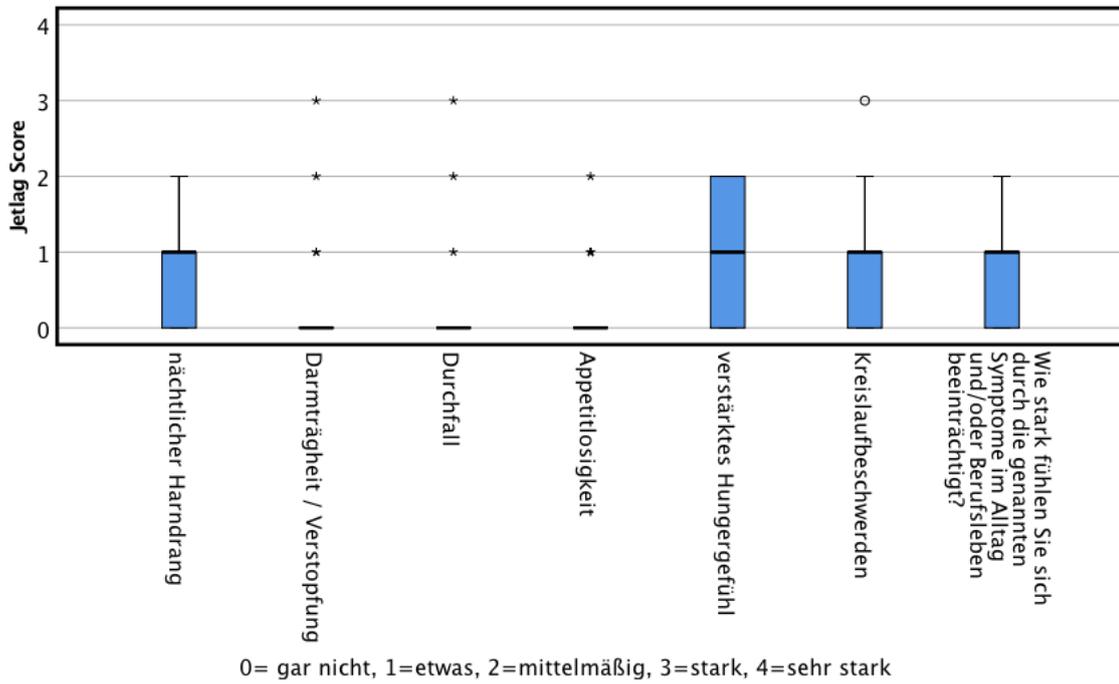


Abbildung 9: Boxplots mit Darstellung vegetativer Symptome im Morgenprotokoll (n=25)

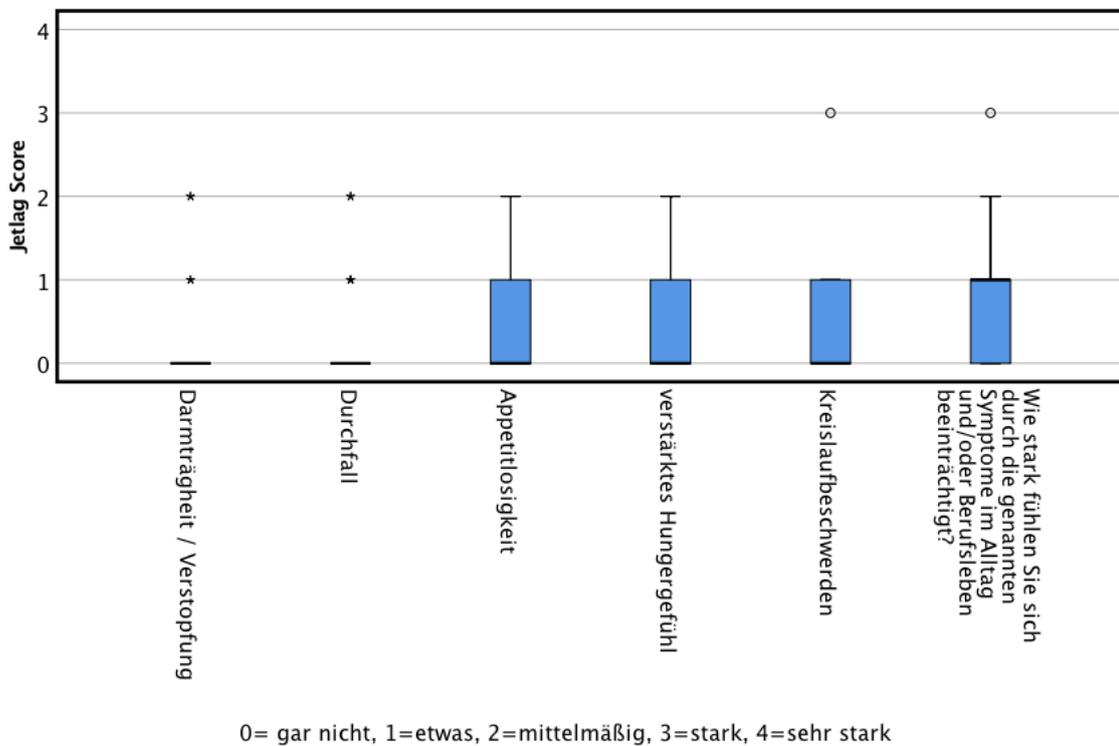


Abbildung 10: Boxplots mit Darstellung vegetativer Symptome im Abendprotokoll (n=25)

8.3.4 Physische Symptome

Die Abbildungen 11 und 12 zeigen die Wahrnehmung der physischen Symptome. Der höchste Mittelwert ergab sich im Morgenprotokoll bei der Frage nach einem generellen Schwächegefühl ($M=1,20 \pm 1,04$ Punkte) und am Abend bei der Frage nach der Beeinträchtigung physischer Symptome auf den Alltag und/oder auf das Berufsleben ($M=1,04 \pm 0,81$ Punkte).

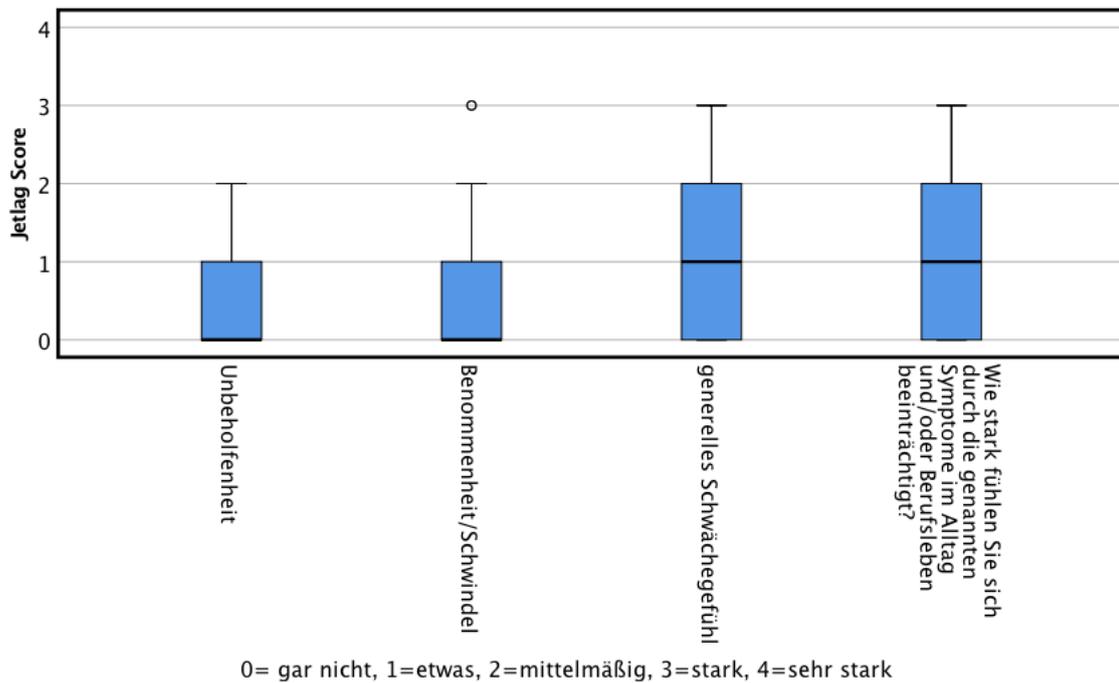


Abbildung 11: Boxplots mit Darstellung physischer Symptome im Morgenprotokoll (n=25)

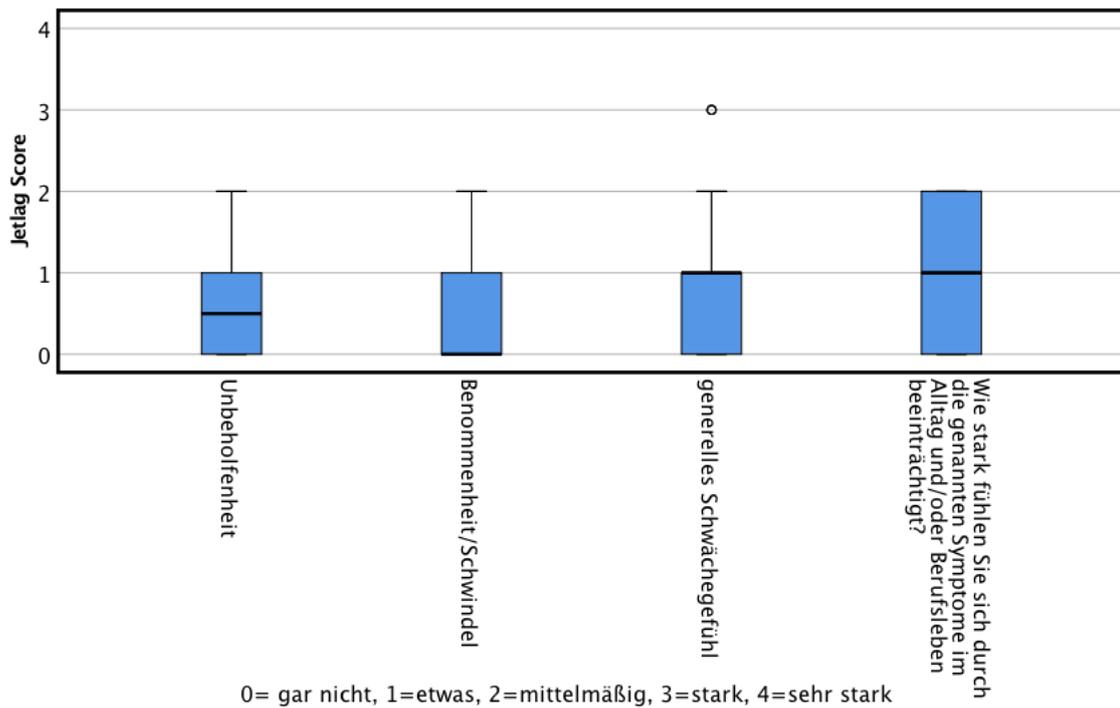


Abbildung 12: Boxplots mit Darstellung physischer Symptome im Abendprotokoll (n=25)

8.3.5 Psychische Symptome

Im Durchschnitt wurde innerhalb der Kategorie psychischer Symptome die Ermattung und schnelle Ermüdung sowohl morgens ($M=1,56 \pm 1,16$ Punkte) als auch abends ($M=1,44 \pm 1,23$ Punkte) am intensivsten wahrgenommen (Abbildungen 13 und 14).

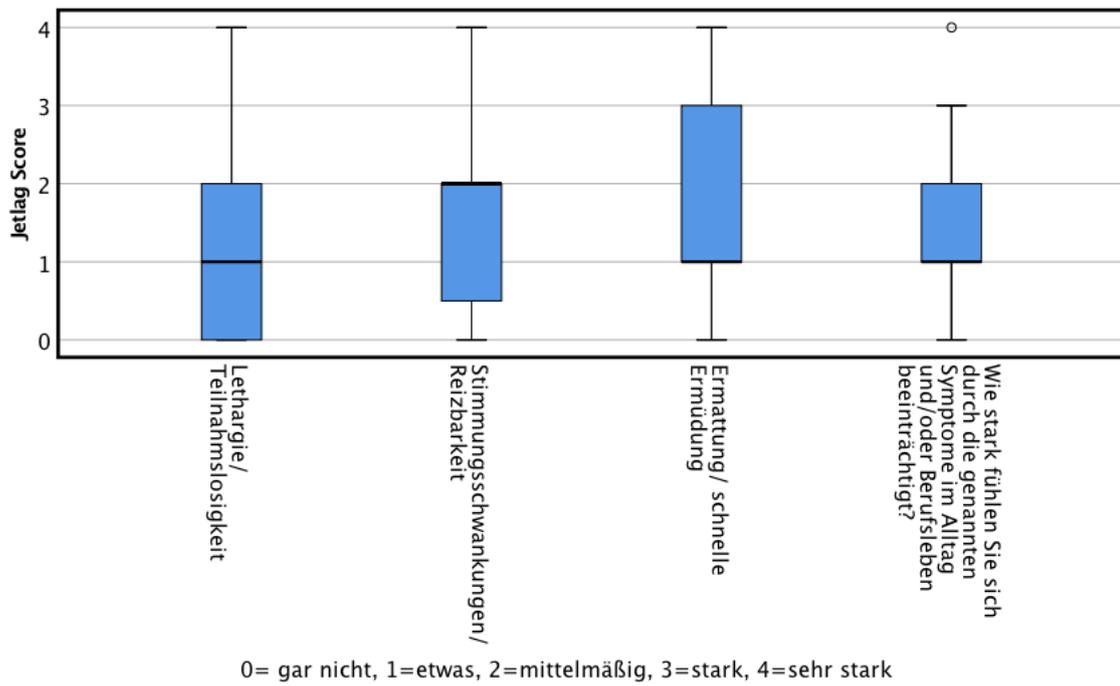


Abbildung 13: Boxplots mit Darstellung psychischer Symptome im Morgenprotokoll (n=25)

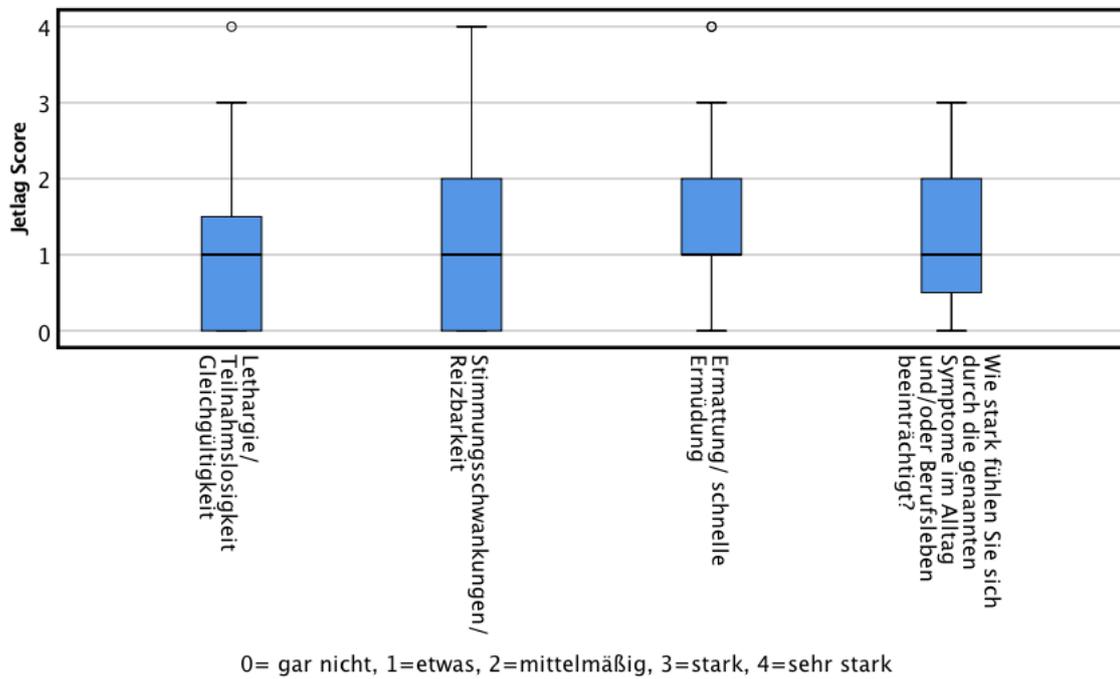


Abbildung 14: Boxplots mit Darstellung psychischer Symptome im Abendprotokoll (n=25)

8.3.6 Kognitive Symptome

Im Abendprotokoll wurde nach kognitiven Symptomen gefragt, da eine Bewertung anhand des Tagesverlaufs erfolgen sollte. Die gesenkte Aufmerksamkeit am Tag wurde innerhalb dieser Kategorie mit $M=1,36 \pm 1,11$ Punkten als stärkstes Symptom angegeben (Abbildung 15).

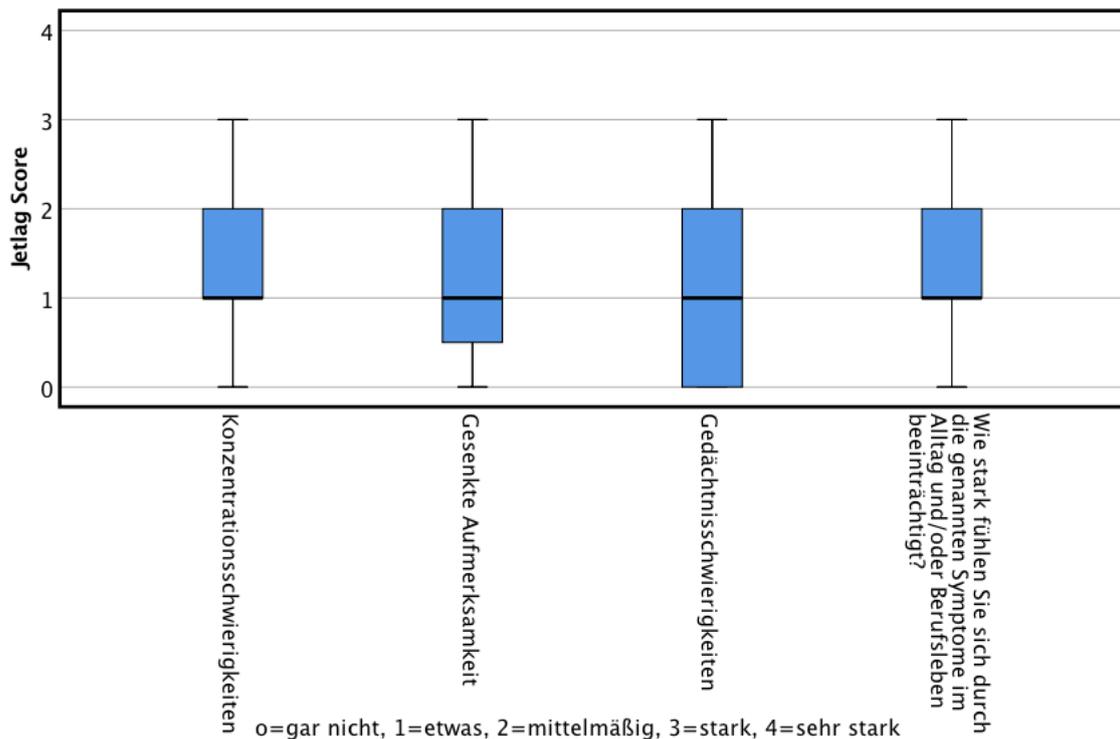


Abbildung 15: Boxplots mit Darstellung der CJS Ergebnisse kognitiver Symptome (n=25)

8.4 Aktigraphie – allgemeine Auswertung

Beim Vergleich der Nächte mit Hilfe des Friedman Tests zeigten sich zwischen den Nächten A1, A2 und Z keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf alle definierten Zeiträume. Folgend sind als Beispiele die TIB und die TST der Nächte A1, A2 und Z dargestellt (Abbildung 16).

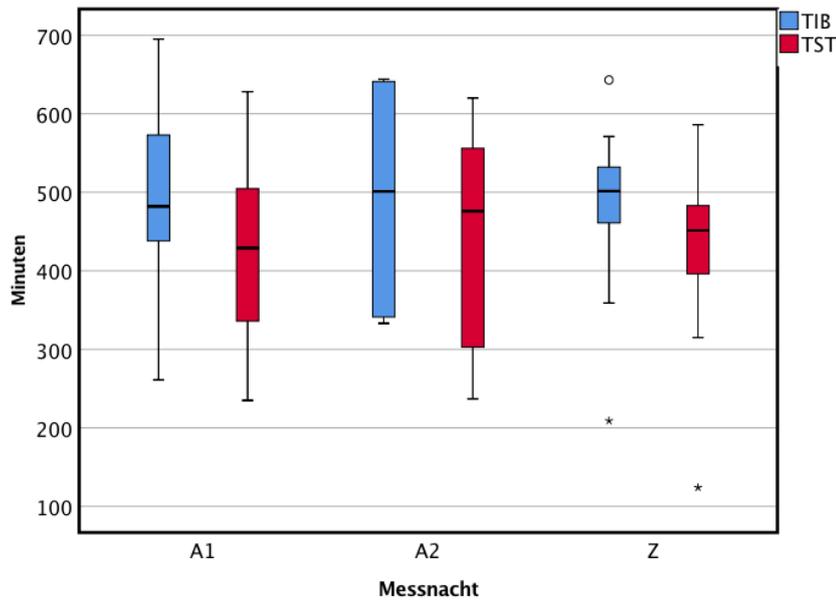


Abbildung 16: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung von TIB und TST der Nächte A1, A2 und Z

Da der Zeitraum TIB während A0 von den Teilnehmern ein vorher festgelegter Zeitraum war konnte kein Vergleich mit den Nächten A1, A2 und Z, bezogen auf die TIB und TST, gezogen werden.

Die SL wurde während der Pause an Bord (F) nicht berücksichtigt, da die Piloten einen vorgegebenen Pausenzeitraum hatten und teilweise zunächst noch eine Zeitschrift lasen. Der Zeitpunkt des aktiven Einschlafversuchs konnte somit nicht ermittelt werden. Es ergaben sich keine Signifikanzen in Hinsicht der weiteren SL (Abbildung 17).

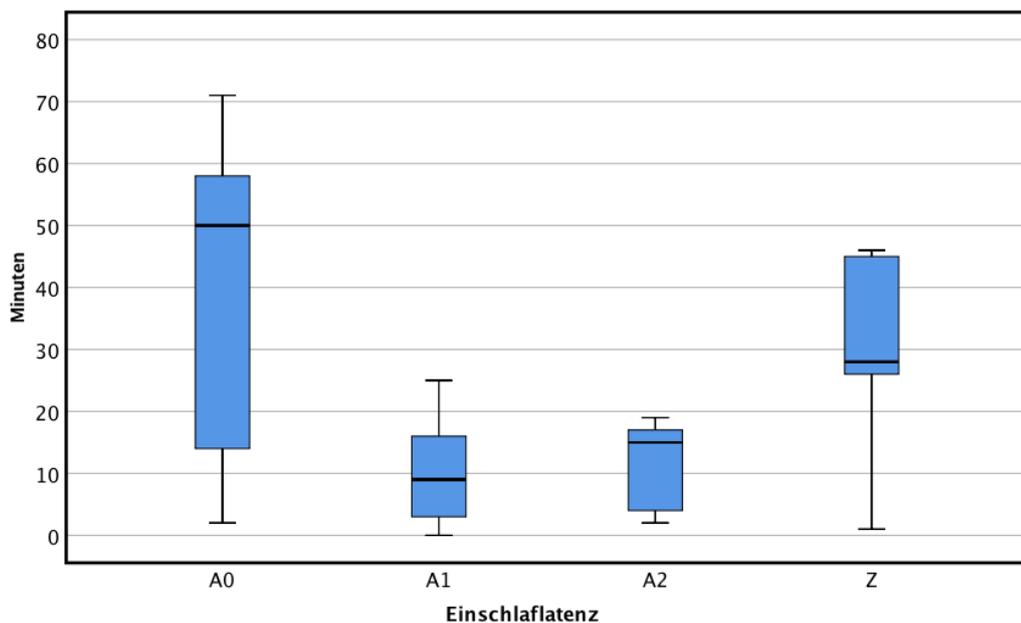


Abbildung 17: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der SL von A0, A1, A2 und Z

Alle Schlafzeiträume zeigten eine SE von >85 % und wiesen keine Unterschiede auf. Die höchste prozentuale SE zeigte sich für F, es gilt jedoch zu beachten, dass bei F die TIB = TST war (Abbildung 18).

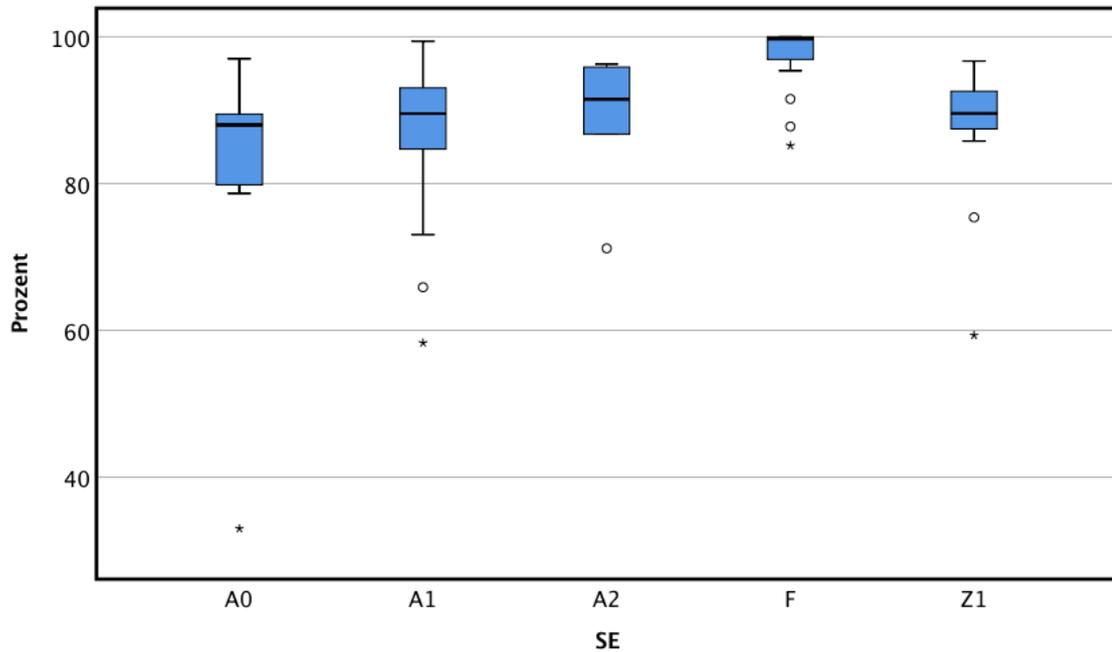


Abbildung 18: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der SE aller Schlafzeiträume

Der höchste Mittelwert der WASO ergab sich während A1 ($M=50,5 \pm 42,6$), der niedrigste während F ($M=3,1 \pm 5,6$). Der Friedman Tests ergab, dass die WASO während F signifikant niedriger ($p<0,05$) als während der anderen Schlafperioden war (Abbildung 19).

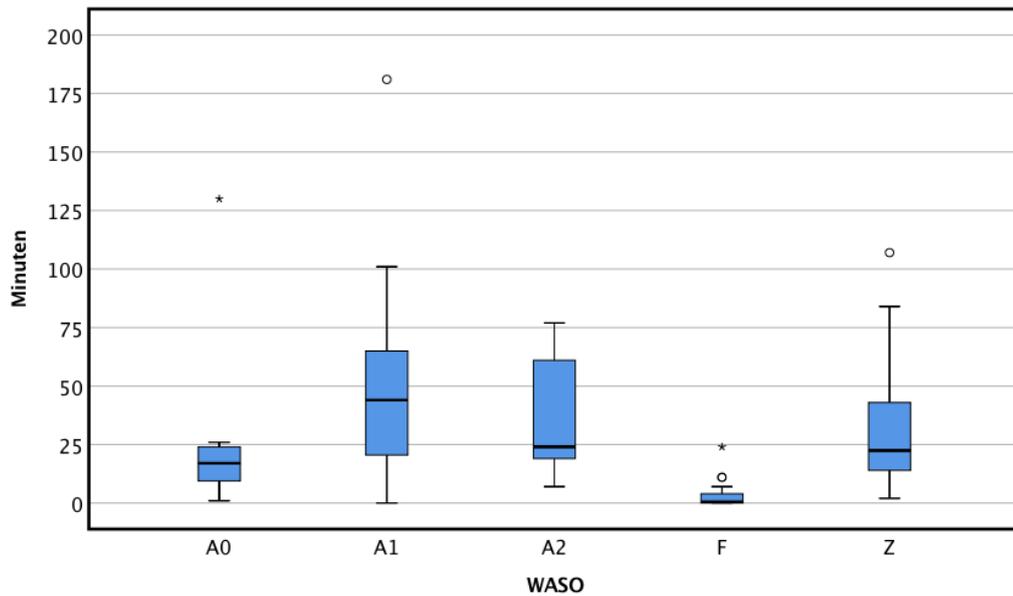


Abbildung 19: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der WASO

Während des Schlafes an Bord (F) kam es im Mittelwert mit $0,1 \pm 0,3$ Aufwachereignissen zu den seltensten Unterbrechungen des Schlafes, eine Signifikanz zeigte sich jedoch im Friedman-Test nicht (Abbildung 20).

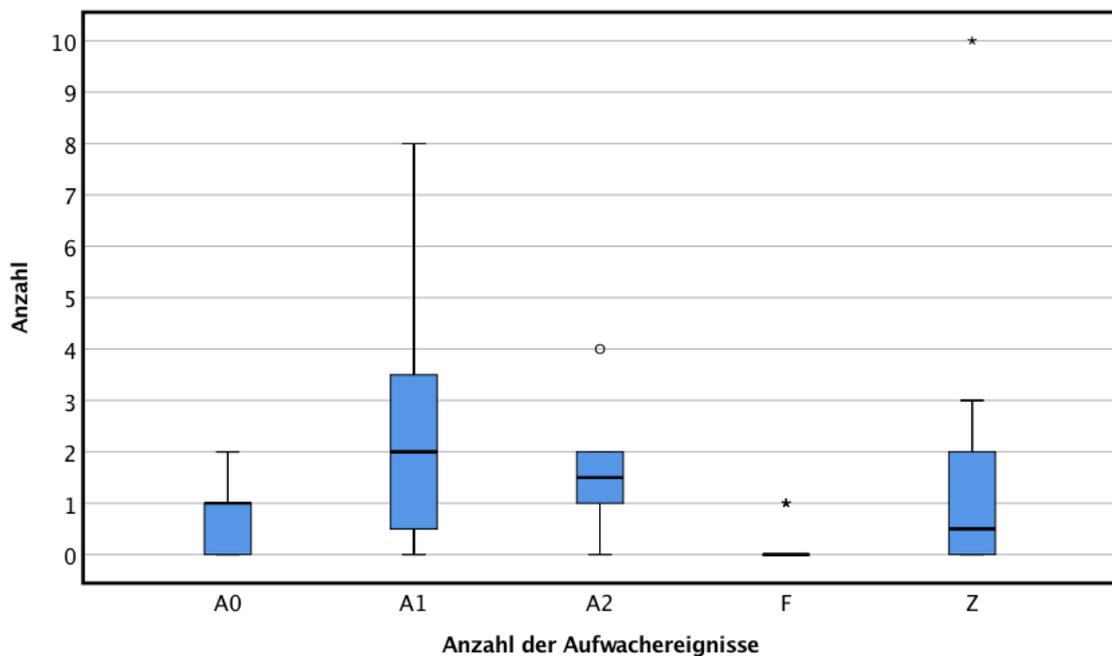


Abbildung 20: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der Anzahl der Aufwachereignisse

Im Hinblick auf die Wachzeiten zeigte der Friedman Test keine Unterschiede für A0, A1, A2 und Z (Abbildung 21).

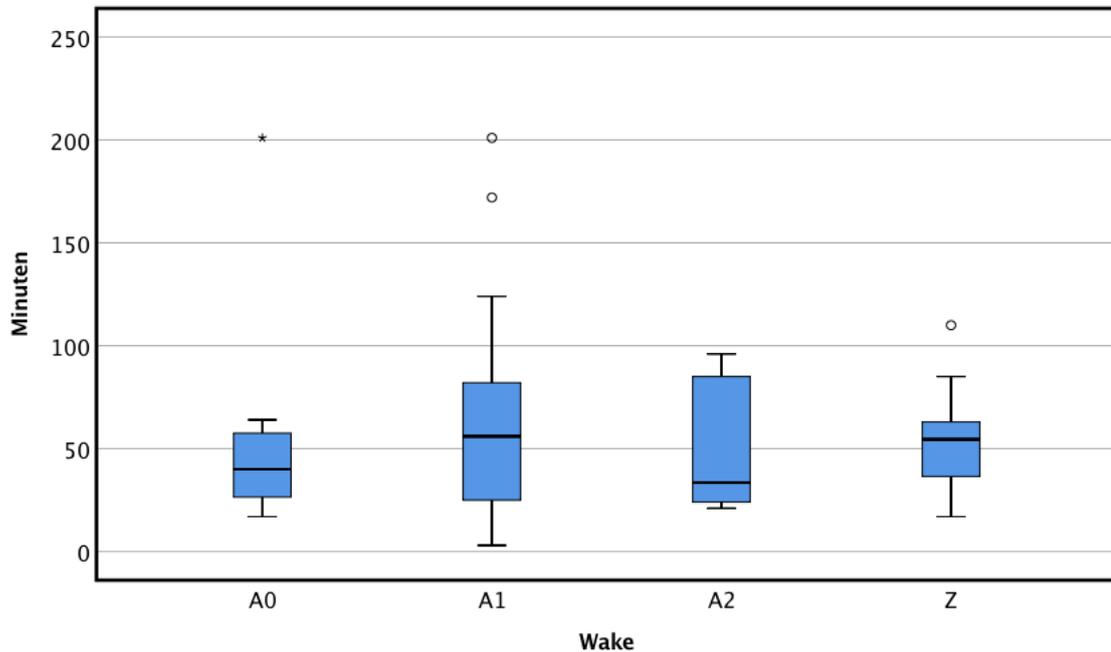


Abbildung 21: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der Wachzeiten

8.5 Vergleiche zwischen verschiedenen Gruppen

8.5.1 Morgen- vs. Abendprotokoll

Sechs Piloten (24 %) empfanden laut des Morgenprotokolls moderaten Jetlag, zwei Piloten (8 %) nahmen keinen Jetlag wahr. Die verbleibenden 17 Piloten (68 %) waren von starkem Jetlag betroffen. Der CJS Summenscore im Morgenprotokoll lag im Mittelwert bei $12,6 \pm 8,8$ Punkten. Am Abend empfanden drei Personen (12 %) keinen, vier Personen (16 %) leichten und 18 Personen (72 %) starken Jetlag, $M=13,4 \pm 9,9$ Punkte. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied in Bezug auf den Summenscore am Morgen und den am Abend (Abbildung 22).

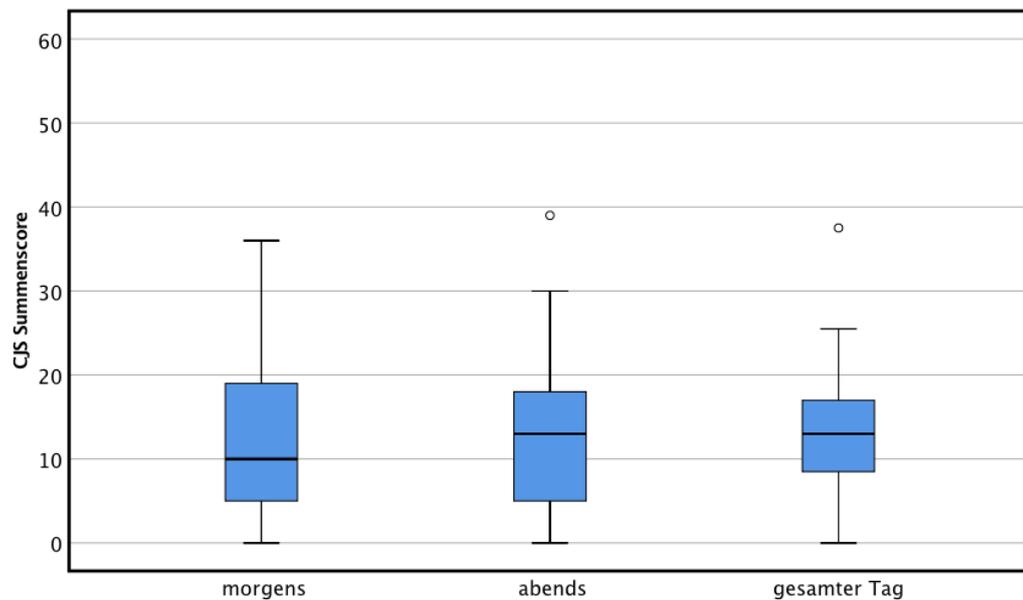


Abbildung 22: Boxplots mit CJS Summenwerten morgens, abends und während des gesamten Tages

Bis auf die Frage nach nächtlichem Harndrang im Morgenprotokoll waren alle Fragen der Kategorien vegetative, physische und psychische Symptome im Morgen- und Abendprotokoll identisch.

Zur Untersuchung der Fragestellung nach Unterschieden zwischen den einzelnen Symptomen am Morgen und denen am Abend fand der Wilcoxon-Test Anwendung, da zwei unterschiedliche Messzeitpunkte der gleichen Teilnehmer miteinander verglichen wurden. Stimmungsschwankungen und Reizbarkeit traten morgens ($M=1,4 \pm 1,18$ Punkte) hochsignifikant verstärkt ($p<0,01$) im Vergleich zum Abend auf [($M=1,12 \pm 1,13$ Punkte) Abbildung 23].

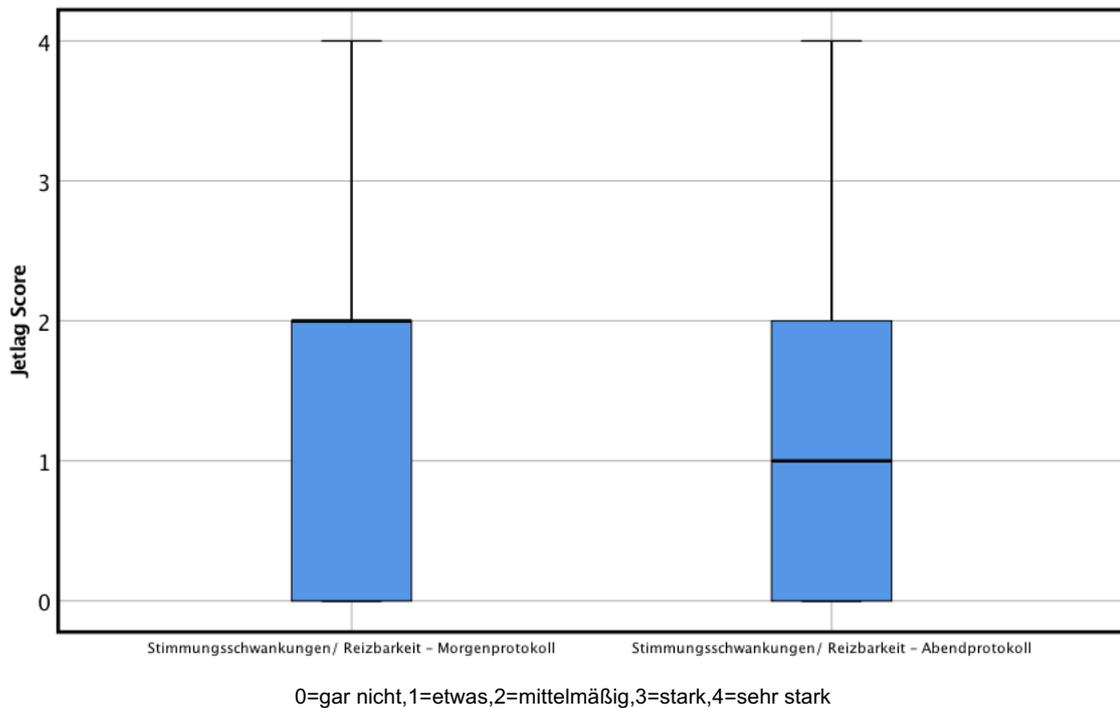


Abbildung 23: Boxplots mit Darstellung der CJS Ergebnisse der Kategorie „psychische Symptome“. Signifikanz für das vermehrte Auftreten von Stimmungsschwankungen und Reizbarkeit am Morgen.

8.5.2 Flugrichtung Osten vs. Westen

Die höchsten Zeitunterschiede zur ME(S)Z betragen minus neun Stunden Richtung Westen und plus sieben Stunden Richtung Osten (Abbildung 24). Der geringste Zeitzonunterschied wurde auf Flügen nach Indien mit einer Differenz von plus dreieinhalb Stunden zur MESZ bzw. plus viereinhalb Stunden zur MEZ aufgezeichnet.

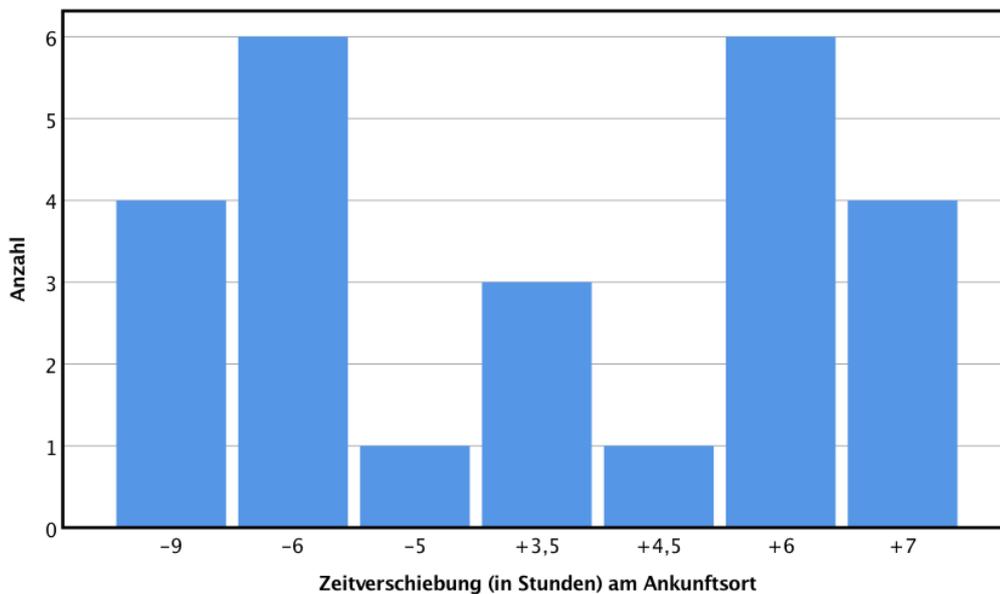


Abbildung 24: Zeitzoneunterschiede zwischen der ME(S)Z und der lokalen Zeit am Ankunftsort

Die Abflugzeiten aus Europa fielen in einen Zeitraum zwischen 10:30 Uhr und 22:46 Uhr. Das Briefing (Dienstbeginn) fand 100 Minuten vor dem geplanten Abflug statt. In den meisten Fällen starteten die Flüge Richtung Westen am Vormittag, wohingegen die Flieger Richtung Osten am Nachmittag oder Abend abhoben. In das Zeitfenster der Nacht nach ME(S)Z fiel mindestens ein Flugsegment (Hin- oder Rückflug), bei einigen Strecken wurden jedoch beide Segmente während der Nacht nach ME(S)Z durchflogen. 56 % der Flüge (n=14) fanden in Richtung Osten statt, 44 % der Flüge (n=11) in Richtung Westen.

8.5.3 CJS – Flugrichtung Osten vs. Westen

Der Summenscore der CJS zeigte beim Vergleich der Flugrichtungen durch den Mann-Whitney-U-Test weder einen Unterschied für den gesamten Tag ($p=0,22$) noch für das Morgenprotokoll ($p=0,15$). Im Abendprotokoll lag der p-Wert bei 0,07 und somit verzeichnete sich zwar auch hier keine Signifikanz jedoch ein Trend. Der Mittelwert des gesamten Tages lag bei $10,5 \pm 8,5$ Punkten im Westen und bei $15,5 \pm 8,3$ Punkten im Osten. Zwei Piloten, beide in Richtung Westen fliegend, gaben das Fehlen von Jetlag an (Abbildung 25).

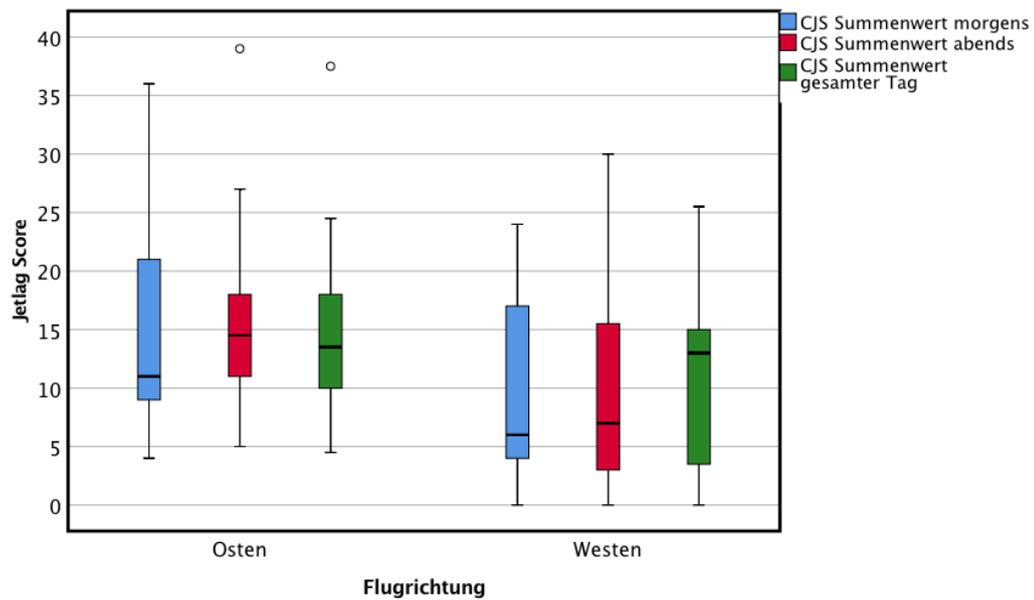


Abbildung 25: Boxplots mit Darstellung des CJS Summenscores (nach der Flugrichtung Osten/Westen) am Morgen, am Abend sowie am gesamten Tag

Die Auswertung der einzelnen Fragen durch den Mann-Whitney-U-Test ergab das Vorhandensein von neun Signifikanzen beim Vergleich der Flugrichtungen. Es zeigte sich für alle signifikanten Ergebnisse eine schwerere Symptomlast im Osten. Bei sieben der neun Fragen handelt es sich um Fragen aus dem Abendprotokoll.

Im Morgenprotokoll zeigten Einschlafprobleme und Appetitlosigkeit Signifikanzen (Abbildung 26).

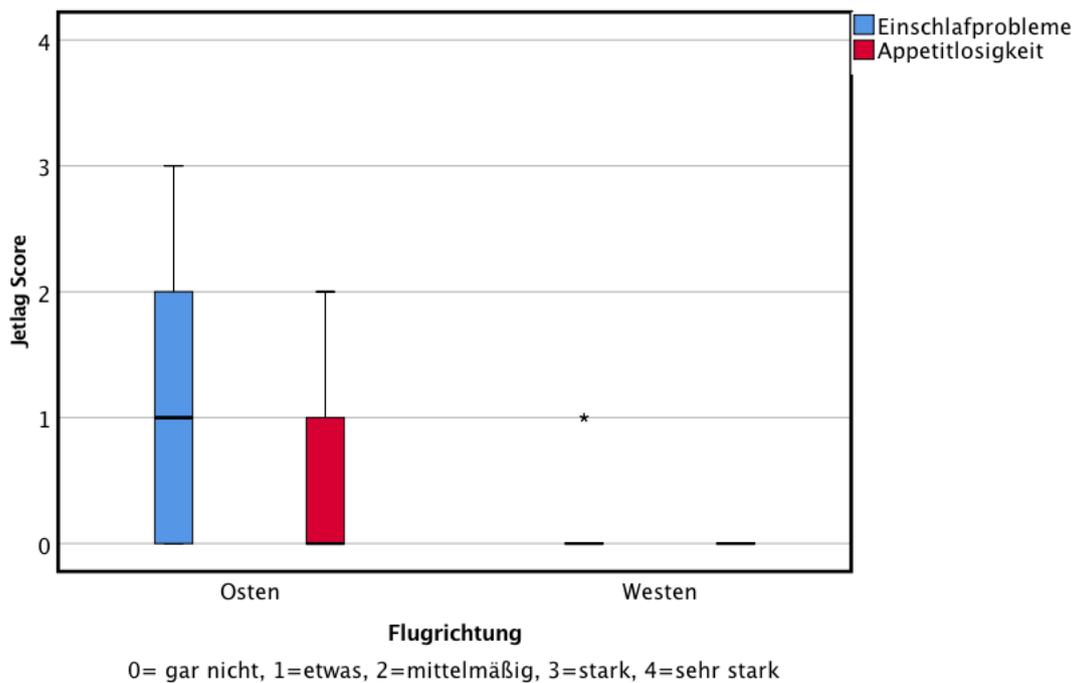


Abbildung 26: Boxplots mit Darstellung der signifikanten CJS Ergebnisse des Morgenprotokolls beim Vergleich der Flugrichtungen ($p=0,03$)

Im Abendprotokoll wurden die folgend aufgeführten Symptome von den Piloten im Osten signifikant stärker empfunden:

- Ungefähre Zeitdauer der Nickerchen am Tag
- Beeinträchtigung der (kognitiven)Symptome im Alltag und/oder Berufsleben
- Benommenheit/Schwindel
- Generelles Schwächegefühl
- Beeinträchtigung der (physischen) Symptome im Alltag und/oder Berufsleben
- Ermattung/ schnelle Ermüdung
- Beeinträchtigung aller Symptome im Alltag und/oder Berufsleben

8.5.4 Aktigraphie Flugrichtung Osten vs. Westen

Es ergaben sich keine Signifikanzen in Bezug auf die Schlafparameter zwischen den Piloten im Westen und denen im Osten. Als Beispiel werden die Zahlen der TST und der SE angeführt. Für die Piloten im Westen ergab sich eine TST von $M=422,9 \pm 151,6$ min,

die SE betrug $M=86,7 \pm 12,4$ %. Vergleichend betrug die TST der Piloten im Osten im Mittelwert $435,1 \pm 80,1$ min und die SE lag bei $M=85,7 \pm 9,8$ %.

8.5.5 Vergleich Männer vs. Frauen

Die Verteilung der Geschlechter lag bei 84 % (n=21) männlichen Piloten und 16 % (n=4) weiblichen Pilotinnen. Statistisch wurde der Mann-Whitney-U-Test zur Untersuchung von Unterschieden innerhalb der beiden Geschlechtergruppen verwendet.

8.5.5.1 CJS

Für die weiblichen Pilotinnen errechnete sich ein Jetlag Summenscore von $M=10,6 \pm 4,9$ Punkten für den gesamten Tag, während sich für die männlichen Piloten ein Score von $M=13,8 \pm 9,1$ Punkten ergab (Abbildung 27). Ein Unterschied wurde nicht verzeichnet.

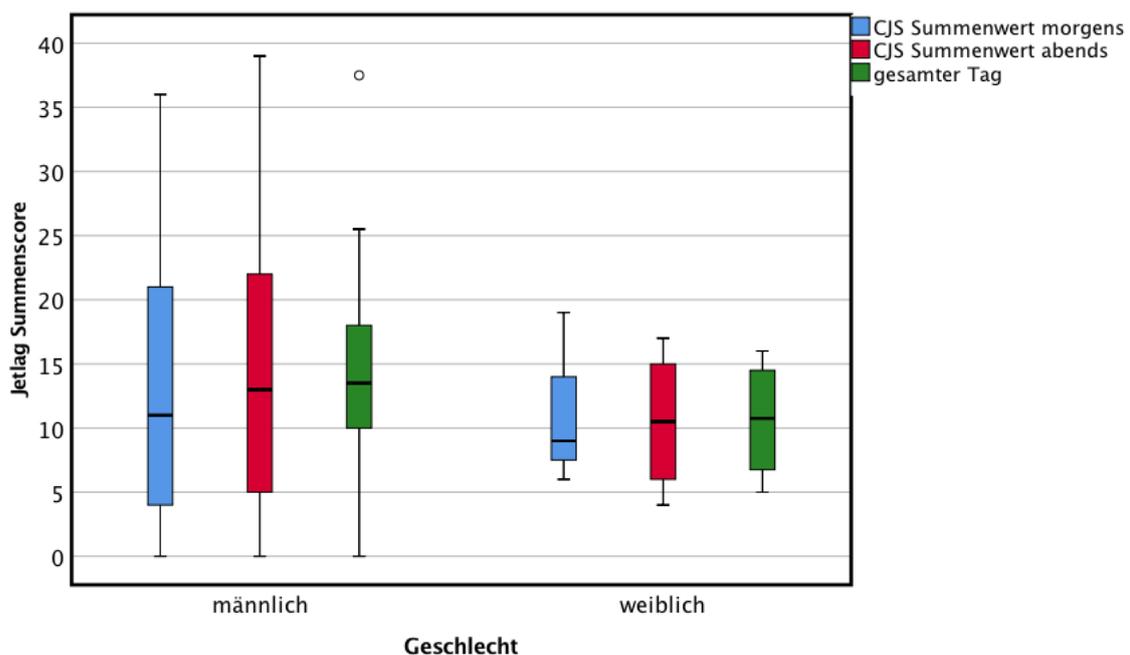
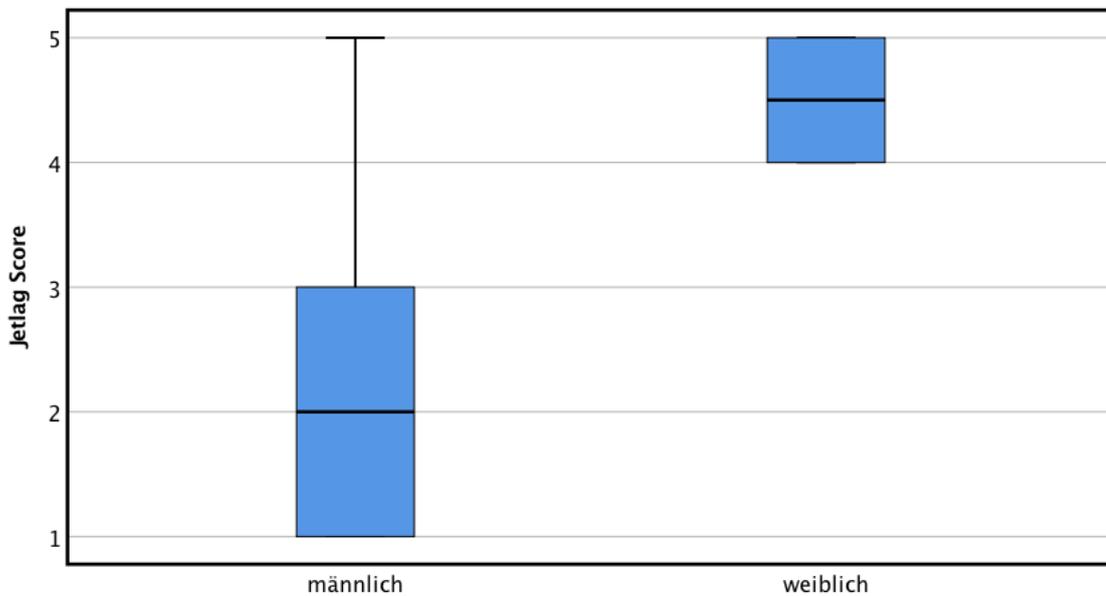


Abbildung 27: Boxplots mit Darstellung des CJS Summenscores (nach Geschlecht) am Morgen, am Abend sowie am gesamten Tag

Der Mann-Whitney-U-Test ergab mit mehr als drei Stunden hochsignifikant ($p < 0,01$) längere Schlafphasen der weiblichen Teilnehmerinnen während des Tages im Ausland ($M=4,8 \pm 0,5$ Punkte). Die männlichen Teilnehmer schliefen während des Tages im Mittelwert ($M=2,2 \pm 1,3$ Punkte) zwischen 30 min und einer Stunde (Abbildung 28).



1=Keine, 2=30 Minuten, 3=1 Stunde, 4=2 Stunden, 5=3oder mehr Stunden

Abbildung 28: Boxplots mit Darstellung des einzigen signifikanten CJS Ergebnisses beim Vergleich der Geschlechter

8.5.5.2 Aktigraphie Vergleich Männer vs. Frauen

In Bezug auf die Ergebnisse der Aktigraphie ergaben sich keine Unterschiede zwischen den biologischen Geschlechtern. Für die Frauen errechnete sich als Mittelwert der TST ein Wert von $386 \pm 103,5$ min, für die Männer von $M=437,4 \pm 119,5$ min. Die SE lag bei $M=87,2 \pm 9,1$ % auf Seiten männlicher und bei $M=80,7 \pm 19,5$ % auf Seiten weiblicher Teilnehmer.

8.5.6 Vergleich von Piloten mit und ohne außerberufliche Verpflichtungen

Die Probanden wurden gebeten, Tätigkeiten anzugeben, die in ihrem Leben abseits der Ausübung des Berufs Zeit einnehmen und subjektiv als Verpflichtung empfunden werden. 60 % ($n=15$) gaben an, Verpflichtungen im Alltag nachzugehen, dazu gehörten in erster Linie die Erziehung von ein bis drei Kindern ($n=14$ Piloten). Ferner wurde ein aktueller Hausbau als Verpflichtung angegeben ($n=1$). Die durchschnittlichen Einschlaf-, Bettgeh- sowie Aufwachzeiten innerhalb der vergangenen vier Wochen waren sowohl unter den Teilnehmern als auch unter den Einzelpersonen sehr inhomogen. Die größten

individuellen Schwankungen zeigten sich in der Gruppe der Piloten ohne zusätzliche Verpflichtungen.

8.5.6.1 CJS – Piloten mit und ohne Verpflichtungen

Piloten ohne Verpflichtungen erreichten einen CJS Summenscore von $M=15,6 \pm 9,3$ Punkten, bei Personen mit Verpflichtungen betrug dieser $M=11,9 \pm 7,7$ Punkte, somit zeigte sich keine Signifikanz. Ebenso ergab sich für den Summenscore des Abendprotokolls kein Unterschied. Im Morgenprotokoll betrug $p=0,09$ und somit konnte ein Trend verzeichnet werden, demzufolge sich vermuten lässt, dass Piloten ohne Verpflichtungen vermehrt Jetlag-Symptome wahrnahmen (Abbildung 29).

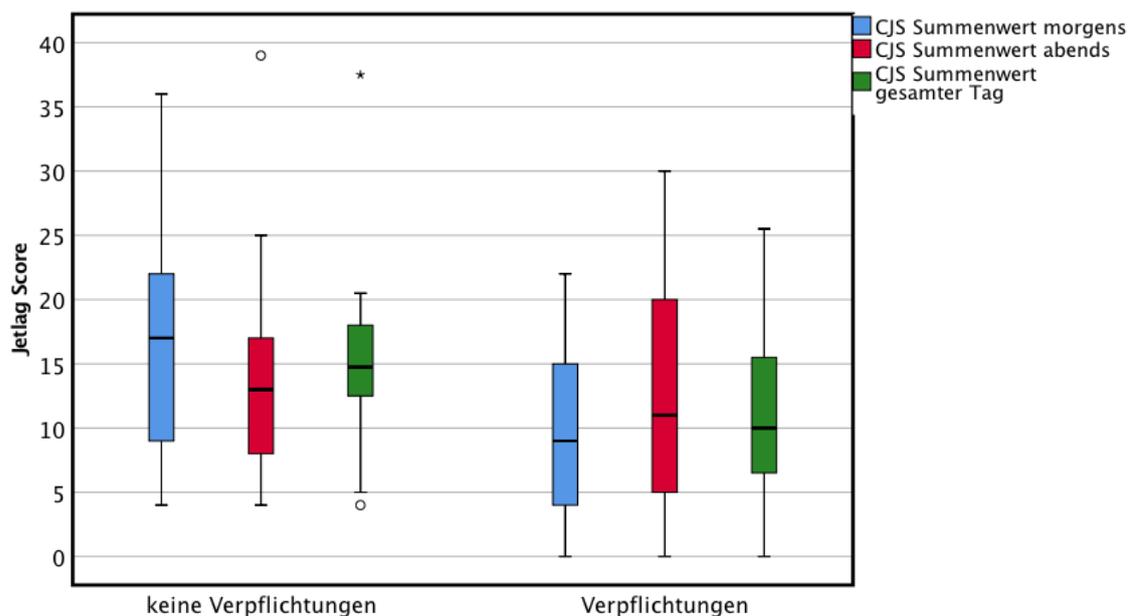


Abbildung 29: Boxplots mit Darstellung des CJS Summenscores (nach Verpflichtungen) am Morgen, am Abend sowie am gesamten Tag

In drei Fragen der CJS konnte im Morgenprotokoll eine Signifikanz im Mann-Whitney-U Test nachgewiesen werden, diese zeigte sich bei Piloten ohne Verpflichtungen bei den Fragen nach (Abbildungen 30 bis 32):

1. **Generellem Schwächegefühl** (Abbildung 30).

Hochsignifikant ($p < 0,01$). Piloten ohne Verpflichtungen empfanden im Mittel ein generelles Schwächegefühl mit $1,9 \pm 0,9$ Punkten, Piloten mit Verpflichtungen mit $0,7 \pm 0,9$ Punkten.

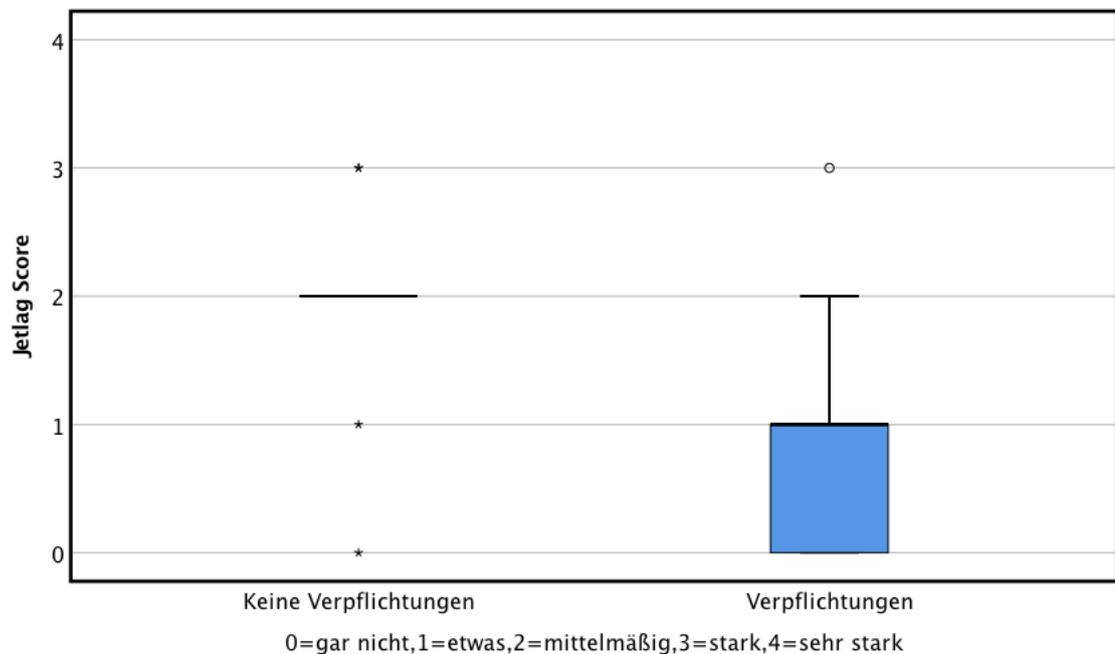


Abbildung 30: Boxplots mit Darstellung eines signifikanten CJS Ergebnisses (generelles Schwächegefühl) im Morgenprotokoll beim Vergleich der Piloten mit und ohne Verpflichtungen

2. Kreislaufbeschwerden (Abbildung 31).

Signifikanzniveau $p = 0,04$. Kreislaufbeschwerden wurden vermehrt von Piloten ohne Verpflichtungen wahrgenommen ($M = 1,1 \pm 0,8$ Punkte, im Vergleich Piloten mit Verpflichtungen = $0,4 \pm 0,6$ Punkte).

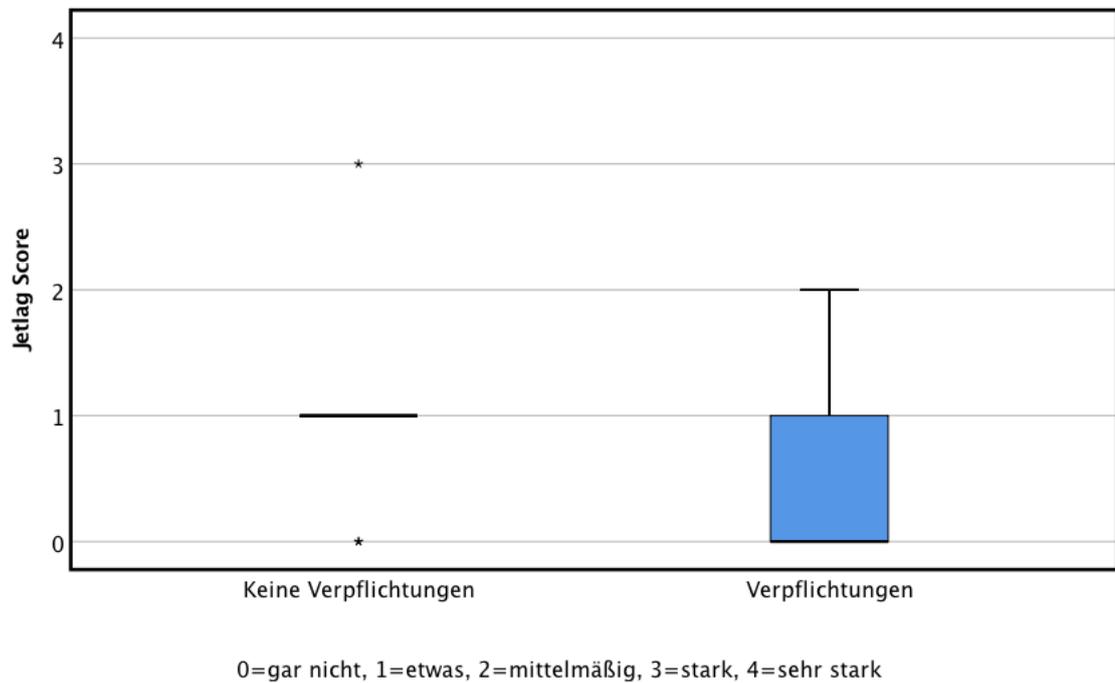


Abbildung 31: Boxplots mit Darstellung eines signifikanten CJS Ergebnisses im Morgenprotokoll (Kreislaufbeschwerden) beim Vergleich der Piloten mit und ohne Verpflichtungen

3. Unbeholfenheit (Abbildung 32)

Unbeholfenheit war ein Symptom, das mit einem hochsignifikanten Wert von $p < 0,01$ bei den Piloten ohne Verpflichtungen häufiger auftrat ($M = 1,1 \pm 0,7$ Punkte, im Vergleich: Piloten mit Verpflichtungen $M = 0,2 \pm 0,6$ Punkte).

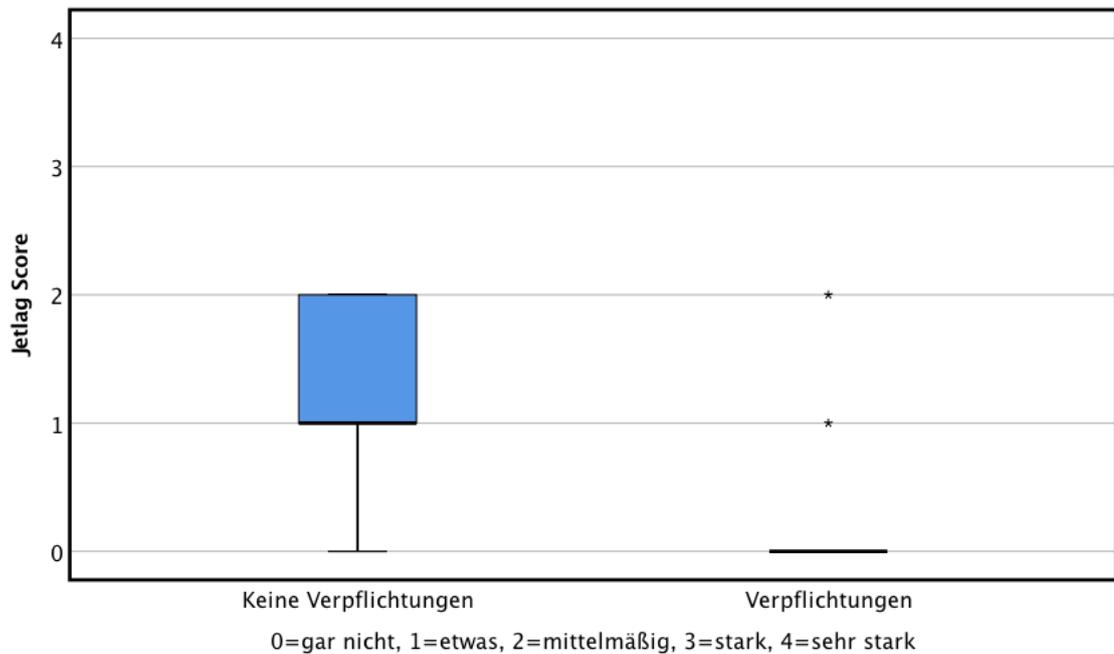


Abbildung 32: Boxplots mit Darstellung eines signifikanten CJS Ergebnisses (Unbeholfenheit) im Morgenprotokoll beim Vergleich der Piloten mit und ohne Verpflichtungen

8.5.6.2 Aktigraphie - Piloten mit und ohne Verpflichtungen

Die Piloten mit Verpflichtungen erreichten im Ausland während A1 eine TST von $M=460,6 \pm 105,3$ min, die SE lag bei $M=91,6 \pm 5,3$ %. Die TST der Probanden ohne Verpflichtungen lag bei $M=386,2 \pm 122,9$ min, die SE betrug $M=79,0 \pm 12,7$ %. Der Mann-Whitney-U Test zeigte das Vorliegen signifikanter Unterschiede bei:

1. Anzahl der Aufwachereignisse während A1 (Abbildung 33)

Bei den Piloten ohne Verpflichtungen kam es während A1 zu $M=4,3 \pm 2,6$ Aufwachereignissen, während die Piloten mit Verpflichtungen lediglich $M=1,2 \pm 1,4$ -mal aufwachten. Das Ergebnis war mit $p<0,01$ hochsignifikant.

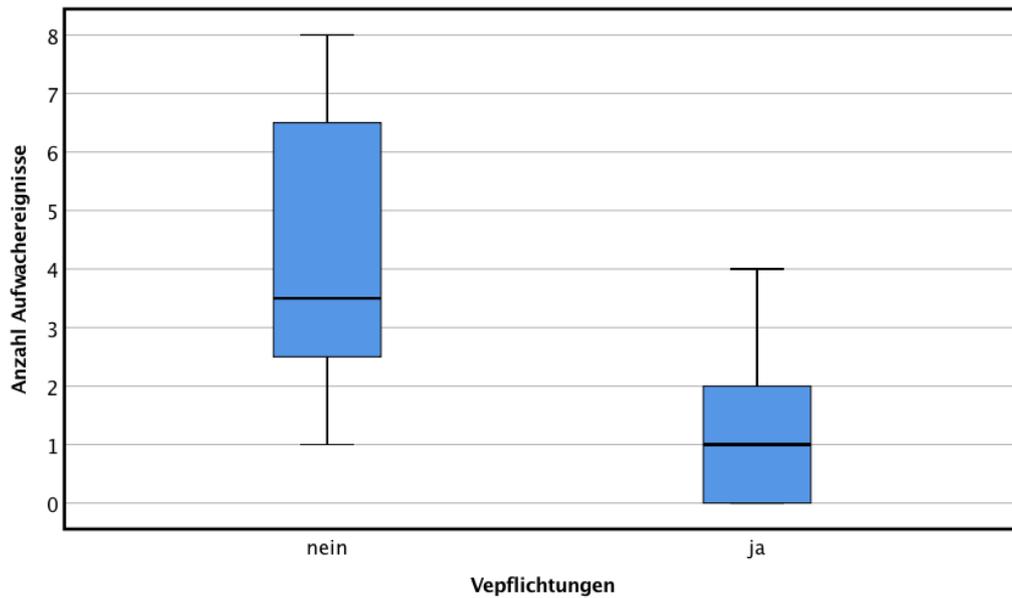


Abbildung 33: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der Anzahl der Aufwachereignisse von Piloten mit und ohne Verpflichtungen während A1

2. Wachzeit während A1 (Abbildung 34)

Die Wachzeit derjenigen Piloten ohne Verpflichtungen lag bei $M=101,4 \pm 61,9$ min während A1 und war somit mit $p=0,03$ signifikant länger als die Wachzeit der Piloten mit Verpflichtungen ($M=42,3 \pm 27,2$ min).

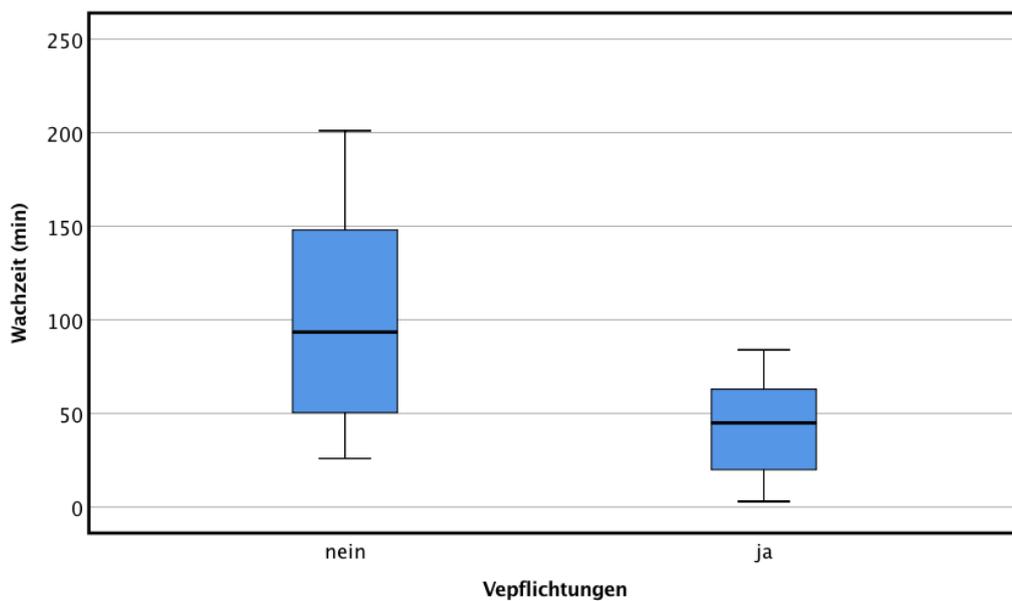


Abbildung 34: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der Anzahl der Wachzeit (in min) von Piloten mit und ohne Verpflichtungen während A1

3. Schlaffeffizienz während A1 (Abbildung 35)

Mit einem Signifikanzniveau von $p=0,04$ lag die SE der Piloten ohne Verpflichtungen ($M=79,0 \pm 12,7 \%$) deutlich unter der SE der Piloten mit Verpflichtungen ($M=91,4 \pm 5,3 \%$).

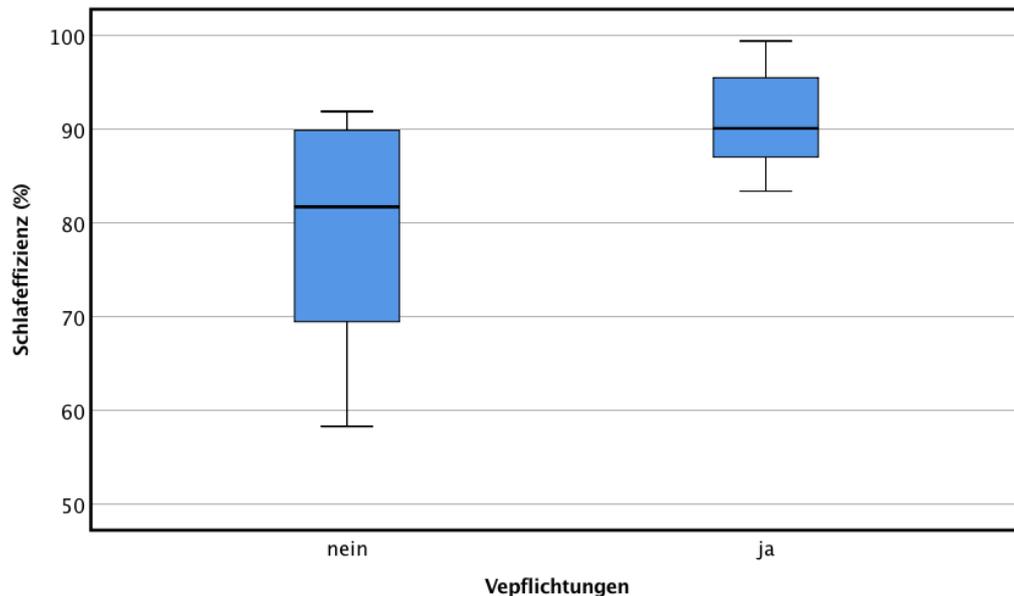


Abbildung 35: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der SE (in Prozent) von Piloten mit und ohne Verpflichtungen während A1

In der heimatischen Zeitzone gab es keinen Unterschied im Schlafverhalten zwischen den beiden Gruppen.

Darüber hinaus wurde mit Hilfe des Wilcoxon-Tests untersucht, ob ein Unterschied der jeweiligen Gruppen zwischen A1 und Z vorlag. Es zeigte sich ein häufigeres Aufwachen der Piloten ohne Verpflichtungen während A1 ($M=4,3 \text{ Mal} \pm 2,6$) im Vergleich zu Z ($M=1,1 \pm 1,2 \text{ Mal}$). Das Ergebnis war mit $p<0,05$ signifikant (Abbildung 36). Die SE und die WASO waren mit $p=0,06$ nicht mehr signifikant.

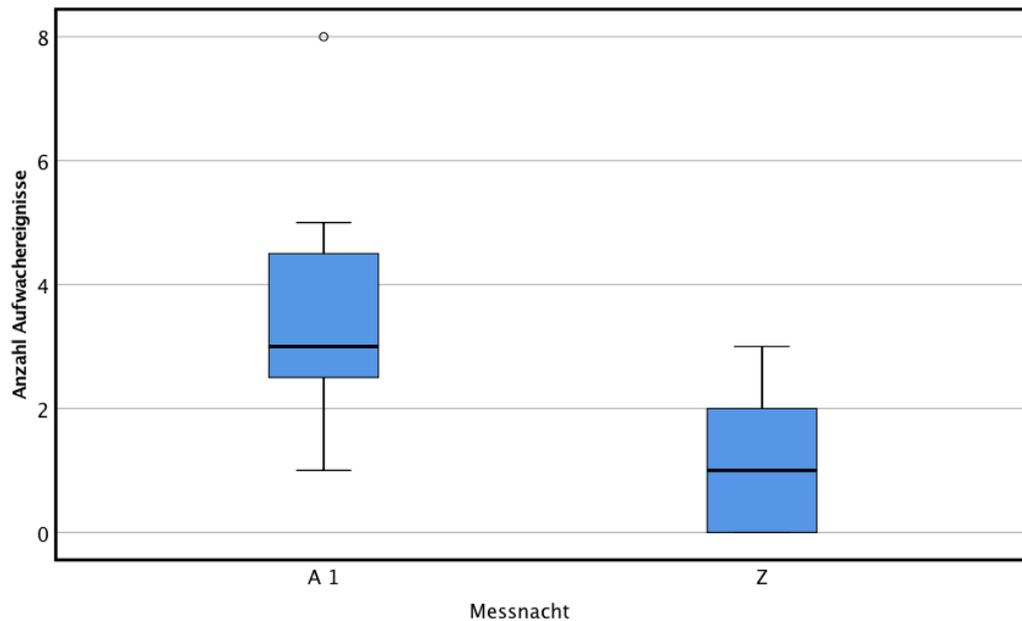


Abbildung 36: Auswertung der Aktigraphie mit Darstellung der Anzahl der Aufwachereignisse der Piloten ohne Verpflichtungen während A1 und Z

Beim Vergleich der Piloten mit Verpflichtungen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Schlafparametern während A1 und Z. Die SL zeigte mit einem p-Wert von 0,07 annähernd eine Signifikanz.

9 Diskussion

9.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Insgesamt 25 (m=21, w=4) Piloten mit einem Altersdurchschnitt von 38,0 Jahren nahmen an der Studie teil. Einer Erhebung im Jahre 2018 nach (154) lag der Anteil weiblicher Pilotinnen bei den europäischen Fluggesellschaften zwischen fünf und zehn Prozent. In der vorliegenden Studie betrug die Anzahl der weiblichen Pilotinnen n=4 (16 %) und lag somit etwas über den Durchschnittswerten. Der CJS Summenscore des gesamten Tages ergab das Vorhandensein von Jetlag bei 92 % der Piloten, 76 % aller Piloten empfanden den Jetlag als schwer. Kein Jetlag wurde von zwei Piloten empfunden, beide absolvierten einen Flug in westliche Flugrichtung und somit in eine tagesverlängernde Zeitzone. Das Symptom der CJS mit der stärksten Ausprägung war die Tagesmüdigkeit. Vegetative Symptome wurden mit den geringsten Beeinträchtigungen wahrgenommen. Beim

Vergleich der Nächte A1, A2 und Z zeigten sich innerhalb der Gesamtgruppe keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der untersuchten Schlafparameter. Zwischen allen Schlafzeiträumen (A0, A1, A2, F, Z) konnten die SE, die WASO sowie die Anzahl der Aufwachereignisse in der Gesamtgruppe verglichen werden. Dabei war der Zeitraum WASO während F signifikant niedriger als während A0, A1, A2 und Z, es gilt jedoch zu beachten, dass während F die kürzeste TIB vorlag.

Beim Vergleich der Jetlag-Symptome am Morgen mit denen am Abend zeigte sich eine Tendenz zur verstärkten Wahrnehmung der Jetlag Symptomatik am Morgen.

Der Vergleich zwischen den Flugrichtungen Osten und Westen ergab neun signifikante Items in der CJS, die allesamt darauf hindeuteten, dass die Piloten in Ost-Flugrichtung stärkere Symptome eines Jetlags wahrnahmen als diejenigen in West-Flugrichtung. Die Schlafparameter der Aktigraphie waren zwischen den Flugrichtungen nicht unterschiedlich.

Bei dem Vergleich der Geschlechter zeigte die Analyse der CJS, dass Frauen längere Ruhephasen am ersten Tag im Ausland einlegten als ihre männlichen Kollegen. Weitere signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern gab es nicht. 60 % der Probanden hatten außerhalb der Fliegerei Verpflichtungen, in den meisten Fällen war dies die Erziehung eines Kindes oder mehrerer Kinder. Piloten ohne heimatliche Verpflichtungen (40 % der Teilnehmer) litten stärker an Jetlag-Symptomatik und fragmentiertem Schlaf im Ausland (Nacht A1).

9.2 Beantwortung und Diskussion der Forschungsfragen

9.2.1 Forschungsfrage 1

Welchen Einfluss hat ein Transkontinentalflug mit Zeitverschiebung auf aktimetrisch bestimmte Parameter des Schlaf-Wach-Rhythmus?

Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass Piloten ohne Verpflichtungen sowohl vermehrt Symptome eines Jetlags wahrnahmen als auch einen schlechteren Schlaf während A1 hatten. Die Piloten mit Verpflichtungen lebten in der heimatlichen Zeitzone einen geregelten zeitlichen Rhythmus als diejenigen ohne Verpflichtungen. Die Ursache dafür lässt sich in der Kindserziehung vermuten, die eine stärkere Regelmäßigkeit und Disziplin erfordert und sich in täglich ähnlichen Schlafenszeiten der Piloten widerspiegelt. Die Piloten ohne Verpflichtungen tendierten zu sehr heterogenen Schlafenszeiten, die

teilweise keiner Routine folgten. Studien belegten, dass es Menschen mit einem unregelmäßigen Rhythmus in der heimatlichen Zeitzone leichter fällt, sich neuen Zeitzonen anzupassen (93), demzufolge wirken die Ergebnisse zunächst überraschend. Eine Erklärung könnte jedoch darin liegen, dass sich die Studien eher auf die Anpassung bei längeren Aufenthalten beziehen. Außerdem wissen Piloten mit heimatlichen Verpflichtungen, dass sie nach einer Rückkehr umgehend wieder den familiären Rhythmus leben und somit zu Hause nicht immer frei über die Aufstehzeiten und den Tagesablauf entscheiden können. Da viele der Teilnehmer mit Verpflichtungen Kleinkinder hatten, könnte ein weiterer Grund sein, dass die Zeit im Ausland bewusst als Erholungsphase genutzt wurde, da der Schlafdruck generell größer war und die TIB nicht durch Kinder und das Klingeln eines Weckers unterbrochen wurde. Piloten ohne Verpflichtungen dagegen konnten die Zeit in der Heimat intensiver zur Erholung nutzen und einen Rhythmus leben, der sich vor oder nach den Flügen langsamer an örtliche Zeitzonen anpasste. So konnte ein Pilot ohne Verpflichtungen beispielsweise am Tag vor einem Nachtflug versuchen, spät ins Bett zu gehen, um möglichst lange zu schlafen, während der Pilot mit einem Kleinkind zu seiner gewohnten Zeit am Morgen aufstehen musste und bei seinem Dienstantritt bereits eine länger Wachzeit vorwies. Da Langstrecken mit einer großen Crew geflogen werden, kommt es häufig auch zu gemeinsamen Aktivitäten während des Aufenthaltes am Zielort, die vermutlich vermehrt von Piloten ohne Verpflichtungen wahrgenommen werden. Als weiterer schlafstörender Faktor könnte auch der Konsum von Alkohol eine Rolle spielen. Alkohol ist in der Luftfahrt ein sehr sensibles Thema, seit 2017 finden unerwartete Kontrollen des LBA statt (158), sodass die strenge Einhaltung einer ausreichenden Abstinenzphase vor dem Rückflug zu vermuten ist.

Geschlecht und Flugrichtung hatten keinen Einfluss auf die objektive Schlafqualität. Subjektiv lagen innerhalb dieser Vergleichsgruppen jedoch starke Unterschiede vor, sodass vermutet werden kann, dass bei größeren Fallzahlen der jeweiligen Gruppen Unterschiede in objektiven Messverfahren auffindbar wären.

In den Nächten A1, A2 und Z schliefen die Piloten gleich lang, $M=7,1$ Stunden. Zwar nahmen nahezu alle Piloten subjektiv Jetlag und Beeinträchtigungen des Schlafes wahr, jedoch ließ sich dies mittels Aktigraphie nicht darstellen. Gründe dafür könnten sein:

- Ein hoher Schlafdruck im Ausland (durch eine lange vorangegangene Wachphase) und damit einhergehende Reboundeffekte während des Schlafes dort, weil

Piloten im Gegensatz zu den Passagieren an Bord den Zeitraum des Fluges nur in einer zeitlich begrenzten und vorgegebenen Pause zum Schlafen nutzen konnten. Die langen Wachphasen bei Piloten in West-Flugrichtung lassen sich durch die tagesverlängernde Zeitzone begründen und bei Piloten in Ost-Flugrichtung durch die Hinflüge im Zeitraum der heimatlichen Schlafenszeit/Nacht.

- Eine lange Arbeitszeit, die sowohl physisch als auch psychisch Schlafdruck generierte.
- Ein psychisches Bewusstsein für die Wichtigkeit der Erholung aufgrund des anstehenden Heimfluges, verbunden mit einem inneren Zwang zur Erholung - zumindest in Form der TIB.
- Routine, da Langstreckenpiloten mehrere Jahre Berufserfahrung haben und bereits einen geeigneten individuellen Umgang mit der Bewältigung der Zeitzonen gefunden haben.

Die genannten Hintergründe erklären einen hohen Schlafdruck während der ersten Nacht, der gegebenenfalls die Jetlag Symptomatik „überschattete“. Diese Vermutung bestätigt sich auch in der Studie von Roach et al., in der die Piloten im Ausland sogar länger schliefen als zu Hause (159). Bei Aufhalten von nur einer Nacht zeigte sich in der Arbeit von Roach et al. eine höhere TST in dieser ersten Nacht im Vergleich zur ersten Nacht bei einem zweitägigen Aufenthalt (mit zwei Nächten). Die Autoren führten dies auf den zeitlichen Druck der Erholung zurück (159).

Darüber hinaus kann zur „Überschattung“ der Jetlag-Symptomatik das Vorhandensein von externen Zeitgebern genannt werden: Piloten werden grundsätzlich in Hotelzimmern mit der Möglichkeit vollkommener Abdunkelung sowie einer vorhandenen Klimaanlage untergebracht. Ferner werden Gehörschutzstöpsel ausgehändigt, die neben dem Vorfeld (auf dem Flugplatz) auch nachts getragen werden können. Die Komponenten Licht, Temperatur und Lärm tragen entscheidend zur guten Schlafqualität bei (111).

Diejenigen Piloten, die sich zwei Nächte im Ausland aufhielten, waren den stärksten Zeitzonendifferenzen ausgesetzt. In Richtung Westen waren dies mit minus neun Stunden Zeitverschiebung zur MESZ die Ziele San Francisco und Los Angeles, in Richtung Osten mit plus sieben Stunden zur MEZ die Ziele Hongkong, Bangkok und Singapur. In den Aufzeichnungen der Aktigraphie zeigten sich jedoch keine signifikanten Unterschiede durch eine Zunahme der Zeitverschiebung, was dadurch begründet sein könnte, dass

sich die meisten Teilnehmer gegen eine komplette Anpassung an die Ortszeit entschieden. An der Westküste in den USA blieben einige Piloten z.B. bis 20 Uhr nach lokaler Zeit wach, was fünf Uhr nach MEZ entsprach, im Osten bis drei Uhr nachts, was einer MEZ von 20 Uhr entsprach.

Aufgrund tarifvertraglicher Vereinbarungen blieben die Piloten in China trotz siebenstündiger Zeitverschiebung nur eine Nacht im Ausland und legten meistens direkt nach der Ankunft eine Schlafphase ein (A0) und passten sich daher selten der Ortszeit an. Da die Rückflüge in den Zeitraum der frühen Morgenstunden nach ME(S)Z fielen und die Abreise aus dem Hotel demzufolge noch zur üblichen heimatlichen Schlafenszeit erfolgte, konnte ein Verbleib in der ME(S)Z nicht realisiert werden.

Bei nur sehr kurzen Aufenthalten am Zielort gibt es Empfehlungen, in der heimatlichen Zeitzone zu bleiben (93,160). Einige Piloten gaben an, sich gelegentlich an diesen Ratsschlag zu halten (sollte dies logistisch mit den Flugzeiten vereinbar sein). Die Umsetzung dieser Empfehlung sei laut den Piloten aufgrund folgender Faktoren jedoch häufig schwer realisierbar:

- Sozialer Ausschluss aus der Crew
- Adäquate Nahrungsaufnahme kann aufgrund lokaler Begebenheiten nicht immer gewährleistet werden
- Durch die Beibehaltung der heimatlichen Zeitzonen würden teilweise lange Wachzeiten vor dem Rückflug entstehen, zumal dieser häufig ohnehin in die Nacht nach ME(S)Z fällt
- Abschirmung von natürlichem Tageslicht, was als psychische Beeinträchtigung empfunden wird.

9.2.2 Forschungsfrage 2

Wie hoch ist die Prävalenz der Jetlag Symptomatik nach Transkontinentalflügen?

Die Auswertung der CJS ergab, dass 92 % der Piloten (N=23) über den gesamten Tag verteilt Jetlag wahrnahmen. 76 % empfanden einen schweren und 16 % einen leichten Jetlag. Lediglich 8 % der Teilnehmer nahmen keinen Jetlag wahr. Becker et al. beschrieben eine Jetlag Prävalenz von 60 % bei Reisenden (161). Eine Erklärung für die höheren Prävalenzen in dieser Studie könnte sein, dass Piloten weniger Ruhephasen an Bord

hatten als Reisende und somit keine Möglichkeit bestand, sich bereits im Flugzeug der Ortszeit des Ziellandes anzupassen. Eventuell sind auch Piloten besser sensibilisiert und geschult auf die Symptome eines Jetlags und erzielten daher eine höhere Prävalenz in der CJS als Reisende, die manche Symptome eventuell nicht zwingend als Jetlag-Symptome identifizierten. Ein weiterer Grund für die hohe Prävalenz könnte die Frequenz der Flüge über mehrere Zeitzonen sein, die eine Akklimation an einem Ort nahezu unmöglich macht und die Wahrscheinlichkeit für eine Chronifizierung von Jetlag erhöht.

Das stärkste Symptom der CJS war die Tagesmüdigkeit. Dies ist auch ein Ergebnis anderer Studien (146). Als Ursachen für die Müdigkeit bei Langstreckenpiloten gilt der Schlafentzug und Jetlag (159), darüber hinaus das Fliegen während der Nacht, das Aufwachen zu ungewohnten Zeiten und zu kurze Erholungspausen (148).

Vegetative Symptome waren am wenigsten vorhanden, dies mag in der kurzen Dauer des Aufenthalts begründet sein, da Darmträgheit oder Durchfall Symptome sind, die verzögert auftreten können (laut Jetlag Definition ICSD-3: Generalisierte Müdigkeit oder Vorhandensein somatischer Symptome, die innerhalb von zwei Tagen nach Reisebeginn auftreten – zu diesem Zeitpunkt befanden sich viele Teilnehmer bereits wieder in der heimatischen Zeitzone).

Es zeigte sich in den tagesverkürzenden Zeitzonen eine Tendenz zur Appetitlosigkeit am Morgen, was sich gut erklären lässt, wenn man beachtet, dass es nach ME(S)Z mitten in der Nacht war und zu diesem Zeitpunkt der Körper sich üblicherweise im Schlafmodus befindet.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigten im Weiteren, dass Jetlag im Osten stärker vorhanden ist. Den meisten Menschen fällt es leichter, länger wachzubleiben als deutlich früher ins Bett zu gehen und einzuschlafen. Ferner lässt sich die vermehrte Wahrnehmung von Jetlag im Osten durch den Zeitgeber Licht begründen. Die Schlafräume in der durchgeführten Studie konnten abgedunkelt werden, sodass der Schlaf nicht von Tageslicht unterbrochen wurde.

Eine Umgehung der lokalen Zeit geht jedoch mit einer verkürzten Zeit an Tageslicht einher, wodurch eine Verschlimmerung der Jetlag-Symptomatik entstehen kann.

Studien deuten darauf hin, dass unter den Chronotypen die Abendtypen den Umgang mit Schichtarbeit (92) und Jetlag (93) als leichter wahrnehmen. Für Menschen jungen Alters ist es einfacher, sich der Schichtarbeit anzupassen (93). Zu berücksichtigen ist aber, dass diese Studien bei einem längeren Aufenthalt am Zielort durchgeführt worden sind und nicht bei kurzen Aufenthalten von 24-48 Stunden Dauer.

Frauen legten in der vorliegenden Studie längere Ruhephasen am Tag ein. Akerstedt et al. zeigten in einer epidemiologischen Untersuchung, dass Frauen im Allgemeinen häufiger als Männer von Müdigkeit betroffen sind (162).

Es stellte sich die Frage, ob die signifikante Differenz der Ruhephasen zwischen den Geschlechtern auf Jetlag, auf das genetische Geschlecht oder auf eine Kombination beider Faktoren zurückzuführen ist. Die weiblichen Teilnehmer verneinten lange Ruhephasen im heimatlichen Alltag, sodass davon auszugehen ist, dass die Faktoren Jetlag plus weibliches Geschlecht Ursache der längeren Schlafphasen waren. Allerdings muss an dieser Stelle auf eine geringe Fallzahl der weiblichen Teilnehmer verwiesen werden und auf die Tatsache, dass im Ausland - eventuell im Gegensatz zur Heimat- die Möglichkeit des Schlafes am Tage bestand.

9.2.3 Forschungsfrage 3

Gibt es einen Zusammenhang zwischen der subjektiven und der objektiven Schlafqualität bei vorausgehenden Transkontinentalflügen?

Subjektiv erfolgte die Einschätzung der Schlafqualität durch die CJS in Form von vier Fragen zum Schlaf der vorangegangenen Nacht. Die Piloten empfanden das Durchschlafen am schwierigsten, Einschlafprobleme dagegen lagen am wenigsten vor. Schlaflosigkeit und die Auswirkungen von den Symptomen auf den Alltag und/oder das Berufsleben lagen im Median „etwas“ vor.

Die objektiven Messungen mittels Aktigraphie zeigten eine SL von $M=16,7 \pm 21,6$ min für A1, $M=13,5 \pm 8,7$ min für A2 und $M=22,5 \pm 14,5$ min für Z. Die Tendenz der Zahlen könnte vermuten lassen, dass die Piloten einen starken Schlafdruck im Ausland verspürten und demzufolge schnell einschliefen. Die Ergebnisse (Vergleich der Schlafparameter von A1, A2 und Z) waren nicht signifikant, was jedoch zur Beantwortung dieser Frage nicht relevant ist, da es um eine Korrelation der objektiven und subjektiven Schlafqualität und nicht um den Vergleich der objektiven Parameter geht. Festhalten lässt sich, dass während A1 das Einschlafen subjektiv schnell gelang und sich dies ebenso objektiv mit $M=16,7 \pm 21,6$ min für A1 und $M=13,5 \pm 8,7$ min für A2 bestätigte. Das Durchschlafen fiel den Piloten subjektiv am schwierigsten. Mittels Aktigraphie konnte während A1 ein fragmentierter Schlaf aufgezeichnet werden. Während A1 zeigten sich die meisten Aufwachereignisse ($M=2,5 \pm 2$) und die längste WASO ($M=50,5 \pm 42,9$ min). Demzufolge kann eine Tendenz

festgehalten werden, die die subjektive Wahrnehmung von Durchschlafproblemen ebenso objektiv andeutet.

Die starke Jetlag-Symptomatik - ermittelt durch die CJS - lässt vermuten, dass der Schlaf bei vorausgegangenem Transkontinentalflug nicht erholsam war.

Zur detaillierten Beurteilung der objektiven Schlafqualität, ins Besondere in Hinblick auf die prozentuale Verteilung der Schlafphasen, wäre eine Ermittlung mittels PSG erforderlich. Diese Form der Untersuchung lässt sich jedoch in einem Hotelzimmer nicht realisieren, zu empfehlen wäre daher die Durchführung einer kontinuierlichen Aufzeichnung durch Aktigraphie über einen längeren Zeitraum.

9.2.4 Forschungsfrage 4

Haben Piloten einen besseren oder schlechteren Gesundheitsstatus (bezogen auf die Risikofaktoren Nikotinkonsum, Adipositas und Hypertonus) als der Durchschnitt der Bevölkerung?

Der Frage nach dem Gesundheitsstatus sollte nachgegangen werden, da eine enge Korrelation zwischen Schlaf und Gesundheit besteht. Ein gestörter Schlaf kann Auswirkungen auf das gesundheitliche Wohlbefinden haben, umgekehrt kann eine eingeschränkte Gesundheit jedoch ebenso Auswirkungen auf einen erholsamen Schlaf haben. Piloten sind sich bewusst, dass ein guter Gesundheitsstatus als Voraussetzung für das Erlangen des medizinischen Tauglichkeitszeugnisses gilt und nur damit die Lizenz erhalten werden kann. Die Regelmäßigkeit der medizinischen Tauglichkeitsuntersuchung trägt zu einem frühzeitigen Erkennen einer Erkrankung bei. Dadurch können „beeinflussbare“ Risikofaktoren wie Gewicht oder Rauchen gesteuert werden. Hinzu kommt, dass es wohl kaum einen anderen Beruf gibt, in dem schon vor Beginn der Berufsausbildung so intensiv der Gesundheitsstatus überprüft wird. Piloten zählen in besonderer Weise zu der Gruppe mit dem sog. „healthy worker effect“ (13).

Die vorliegende Studie untersuchte Nikotinkonsum, Hypertonus und Adipositas als Prävalenzfaktoren kardiovaskulärer Erkrankungen. Es zeigte sich, wie auch in der Studie von Houston et al (21), dass sich unter Piloten weniger Raucher befinden als in der Normalbevölkerung (24). Eine Ursache hierfür wurde nicht untersucht. Es könnte einerseits an einer guten Aufklärung über die Folgen langjährigen Nikotinkonsums und der damit verbundenen Angst eines Lizenzverlustes liegen. Andererseits könnte die Ursache rein

pragmatischer Natur sein, da an Bord ein striktes Rauchverbot herrscht, ebenso an vielen internationalen Flughäfen - somit würden Abstinenzphasen von teilweise bis zu 20 Stunden entstehen.

Ferner ergab diese Studie, wie auch die von Houston et al. (21), dass Piloten durchschnittlich normalgewichtig sind und im Gegensatz zu vielen Schichtarbeitern nicht unter Adipositas leiden (113–115). Bereits in den 1960-er Jahren wurden Studien veröffentlicht, die darauf aufmerksam machten, dass Schlafstörungen verstärkt bei Schichtarbeitern vorherrschen und langfristig negative Konsequenzen auf die Gesundheit haben (163). Inwiefern Piloten in dieser Hinsicht zu klassischen Schichtarbeitern gezählt werden können, ist schwierig zu beantworten, zumindest wenn es um die langfristigen Auswirkungen geht, da es keine Regelmäßigkeit der Arbeitszeiten gibt, auf die sich die meisten Studien berufen. Kurzfristig jedoch kann man annehmen, dass es zu den gleichen Auswirkungen kommt, ins Besondere in Bezug auf den Schlaf nach durchflogenen Nächten sowie auf die physischen und psychischen Symptome.

Auffällig war, dass nahezu alle Piloten eine Einschränkung des Wohlbefindens im Alltag - bezogen auf alle Kategorien der CJS - angaben. Dies mag vermuten lassen, dass durch den Druck der medizinischen Untersuchungen zwar die physische Fitness und der „beeinflussbare“ Gesundheitsstatus im Vergleich zu herkömmlicher Schichtarbeit weniger Einschränkungen erfährt, das Wohlbefinden auf der Ebene guter Schlafqualität, physischer, psychischer, vegetativer und kognitiver Fitness jedoch beeinträchtigt ist. Kurz- und langfristig liegt somit eine erhebliche Gefährdung mit negativen Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Piloten vor.

9.3 Limitationen der Studie

Die Studie beinhaltet die Ergebnisse von einem Langstreckenflug und einer Nacht im akklimatisierten Zustand in der Heimat. Auch wenn die Daten dieser Studie einige Ergebnisse anderer Studien bestätigen, wie beispielsweise der stärkeren Wahrnehmung von Jetlag-Symptomen im Osten, so muss festgehalten werden, dass es bei einmaligen Messungen auch zu einem zufälligen Ergebnis kommen kann. Bei einmaligen Messungen können immer auch Ereignisse aus dem privaten Umfeld zu einer Verzerrung der Ergebnisse in beide Richtungen führen. Für weitere Studien wird daher empfohlen, die Messungen für einen längeren Zeitraum (beispielsweise für einen Monat) durchzuführen, wofür jedoch eine hohe Compliance erforderlich ist, die vermutlich nur durch eine

Aufwandsentschädigung der Teilnehmer zu erreichen wäre.

Ein weiterer Kritikpunkt der Arbeit ist, dass der Chronotyp nur anhand der CJS identifiziert wurde, in welcher lediglich zwischen dem Morgen- und dem Abendtypen unterschieden wird. Hier wäre der D-MEQ als zusätzlicher Fragebogen als Ergänzung von Vorteil gewesen.

Auch die Blutdruckmessungen lassen sich als Kritikpunkt anführen: sie fanden nur einmal statt. Es muss davon ausgegangen werden, dass daher einige zu hohe Werte gemessen wurden, da es bei Messungen des Blutdrucks häufig zu innerlicher Anspannung kommt, insbesondere in einer Berufsgruppe, in der ein guter Gesundheitsstatus oberste Priorität hat. Auch in anderen Studien mit Piloten fanden nur einmalige Blutdruckmessungen statt (21), was auch durch eine fehlende Erlaubnis für längere Messungen seitens der Fluggesellschaften bedingt sein kann. Um ein wirklich valides Ergebnis zu erhalten, müssten 24-Stunden Blutdruckmessungen durchgeführt werden. Eine Limitation dieser Messungen wäre jedoch, dass nicht an allen Flughäfen der Welt die Sicherheitskontrollen das Tragen der Geräte erlauben.

Ebenso die Erhebung des Körpergewichts in Form von einer Selbstangabe stellt einen Kritikpunkt dar: beim Erfassen war man auf die Erinnerungen bzw. die ehrlichen Aussagen der Piloten angewiesen. Diese Form der Datenerfassung ist äußerst anfällig für Fehler (Recall-Bias). Festhalten kann man jedoch, dass diese wohlmögliche Verzerrung nicht in großem Maße stattgefunden haben kann, da alle Teilnehmer mindestens einmalig gesehen wurden und eine orientierende Schätzung des Körpergewichts erfolgen konnte.

In Zukunft wäre es von großem Vorteil, wenn jeder Pilot einen eigenen Aktigraphen zur Verfügung gestellt bekommt, da dies die Auswertung und den logistischen Aufwand erheblich vereinfachen würde. Die Akkuleistung der in der Studie verwendeten Aktigraphen stellte sich als unzureichend dar, so konnten einige Messungen nicht ausgewertet werden, da mitten in der Nacht der Akku leer war, obwohl er vor dem Schlafengehen auf 100 % geladen worden war.

Ein wesentlicher Punkt findet in keiner Studie Beachtung und sollte in Zukunft berücksichtigt werden: Spielt bei Aufenthalt von nur einer Nacht wirklich die Flugrichtung die ausschlaggebende Rolle auf Jetlag-Symptome oder sind es die Flugzeiten, die ausschlaggebend sind? In dieser Studie fanden alle Hinflüge in Richtung Osten während der Nacht nach ME(S)Z statt und beinhalteten somit das WOCL, wohingegen die meisten Flüge Richtung Westen am Tag stattfanden. Daher konnte dieser Frage nicht nachgegangen werden.

Aufgrund des niedrigen Frauenanteils unter Piloten lassen sich an dieser Stelle ebenso die Fallzahlen diskutieren. Auch wenn in dieser Studie prozentual mehr Frauen repräsentiert wurden als im Durchschnitt bei den Fluggesellschaften (154), wäre eine höhere Fallzahl an Frauen sinnvoll, um weitere Unterschiede zwischen den Geschlechtern zu untersuchen. Ebenso wäre in weiteren Studien eine größere Fallzahl mit der Möglichkeit zur weiteren Unterteilung nach verschiedenen Aspekten wünschenswert (z.B. nach den Faktoren Sport und Ernährung).

9.4 Ausblick

9.4.1 Zukünftige individuelle Dienstplangestaltung

Alle Piloten, die an der Studie teilnahmen, fliegen beruflich in alle geographischen Richtungen. Da es unterschiedliche Präferenzen bezüglich der Flugrichtungen und Abflugzeiten gibt, wäre eine Herangehensweise, die Piloten vermehrt Dienstpläne nach individueller Präferenz gestalten zu lassen. Bei einigen Fluggesellschaften können Piloten bereits Einfluss auf ihre Dienstplangestaltung nehmen, indem sie ein bis zwei Wünsche pro Monat angeben. Eine Überlegung bei der individuellen Gestaltung wäre jedoch, Gruppen zu bilden, sodass einige Piloten – von der Heimatbasis aus betrachtet - nur Richtung Westen und die anderen nur Richtung Osten fliegen.

Viele Piloten wohnen nicht an ihrer Heimatbasis und reisen vor dem Dienstantritt teilweise viele Kilometer mit dem Flugzeug oder mit dem Auto an, wodurch die Zeit des Wachseins zusätzlich verlängert wird und sich bei kurzen Ruhephasen nach den Flügen eine Heimreise kaum lohnt. Langfristig führt dies zu Unzufriedenheit und chronischer Ermüdung. Für diese Gruppe der Piloten ist es von besonderer Bedeutung die Risiken einer kumulierten Ermüdung zu kennen. Eine individuelle Dienstplangestaltung wäre daher auch für diese Gruppe von Vorteil, da durch die langen Anreisen ein Dienstbeginn zu einer späteren Tageszeit mit weniger Ermüdung einhergehen würde. Einige Piloten verbringen zwar die Nacht vor einem Flug in einem Hotel (bei einem Wohnsitz, der mit einer Anreise verbunden ist), jedoch führt dies langfristig bei häufigen Wiederholungen zu Unzufriedenheit, da die ohnehin geringe Zeit in der Häuslichkeit gekürzt wird und ferner die Kosten selbst getragen werden müssen.

Die durch den Dienstplan (Tabelle 4) dargestellte Desynchronisation der inneren Uhr trägt entscheidend zur Erhöhung eines Unfallrisikos bei (164). Es konnten

unterschiedliche Risikofaktoren identifiziert werden, die die Wahrscheinlichkeit von Unfällen am Arbeitsplatz erhöhen (111,165). Für Piloten von Bedeutung sind v.a. folgende Punkte:

- Arbeitszeiten von mehr als neun Stunden
- Schichtarbeit in unregelmäßigen Rhythmen

Diese Ergebnisse bekräftigen die Notwendigkeit des Überdenkens einer individuellen Dienstplangestaltung und dem Einsatz eines zusätzlichen Piloten mit der Generierung von mehreren Pausen.

9.4.2 Weitere Maßnahmen zur Prävention von Jetlag und Fatigue

In den vergangenen Jahren fand das Thema FRMS in den Fluggesellschaften immer mehr Beachtung, da Themen wie Jetlag und zirkadiane Rhythmik und deren Auswirkungen zunehmend besser verstanden werden. Die Fluggesellschaften sind zu wiederkehrenden Schulungen verpflichtet, die die Thematik Fatigue und deren Umgang beinhalten (12). Die Ergebnisse der Umfrage der VC zeigten hohe Prävalenzen von Fatigue, jedoch geringe Meldungen der Piloten darüber (64). Vermutlich fällt es vielen Piloten zwischen dem Hin- und Rückflug schwer, sich „unfit to fly“ zu melden, da im Ausland keine Piloten stationiert sind und somit der Rückflug nicht stattfinden könnte. Eine Überlegung wäre, Langstrecken immer mit verstärkter Besatzung zu fliegen, sodass alle Flüge mit mindestens drei Piloten und einige sogar mit vier Piloten besetzt wären. Folge wären längere oder häufiger kurze Pausen an Bord zur Umgehung starker Müdigkeitsphasen. Durch solch eine Maßnahme könnte ferner trotz einer „unfit to fly“ Meldung eines Piloten ein Flug sicher durchgeführt werden. Darüber hinaus muss an der Unternehmenskultur gearbeitet werden, um moralische Hürden zu verringern, sich als nicht-fit zu outen.

Zur Neuausrichtung der inneren Uhr kann der Einsatz von Melatonin unterstützend wirken. Allerdings ist die Einnahme dieses pharmakologischen Wirkstoffs der Berufsgruppe der Piloten untersagt, da es Nebenwirkungen hat und somit die Fähigkeit des Fliegens beeinflussen könnte (166). Bei einem zeitlichen Abstand zu dem bevorstehenden Rückflug könnte eine Lockerung dieser Regelung angedacht werden. Der wichtigste Stimulus der zirkadianen Rhythmik ist Licht und kann somit therapeutisch ebenso verstärkt im Cockpit genutzt werden, um die vorübergehende Fehlausrichtung des zirkadianen

Rhythmus mit der Umwelt in Einklang zu bringen (167). Dieses Phänomen zeigte sich auch bei Studien in der Schichtarbeit: eine Beleuchtung des nächtlichen Arbeitsplatzes von mehr als 7000 Lux und einer Dunkelheit während der Schlafphase am Tag tragen zu einer schnelleren Annäherung des zirkadianen Rhythmus an die Nachtarbeit bei (168). Die trockene Luft in einer Flugzeugkabine, der enge Raum mit wenig Möglichkeit zu Bewegung sowie das Essen an Bord können zu einem Unwohlsein nach einem Langstreckenflug beitragen (169). Gesunde Ernährung und Sport tragen zu einer schnelleren Anpassung an neue Zeitzonen bei, wobei insbesondere eiweißreiche Mahlzeiten zu empfehlen sind (170). Eine zukünftige Studie könnte untersuchen, ob gesundes Essen an Bord und kurze, vorgegebene Fitnessübungen während des Fluges mit geringerer Tagesmüdigkeit einhergehen. Kurzfristig gilt ebenso Koffein als wirksam zur Bekämpfung der Tagesmüdigkeit (108).

9.5 Weitere Forschungsfragestellungen

In dieser Studie wurden ausschließlich Piloten untersucht. Weiterer Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der Auswirkungen von Schichtarbeit und Flügen über Zeitzonen bei Flugbegleitern. Obwohl es eine Reihe von Gemeinsamkeiten mit Piloten gibt (z.B. die Flugdienstzeit, die Anzahl der überquerten Zeitzonen), unterscheiden sich die Aufgabengebiete und Ruhe-Arbeitsrhythmen in vielerlei Hinsicht voneinander. Flugbegleiter sind während eines Langstreckenfluges mit Ausnahme einer Pause sowie der Start- und Landephase die komplette Zeit in körperlicher Bewegung, wodurch ein Flug für das Kabinenpersonal physisch häufig als anstrengend empfunden wird. Für Piloten spielt dagegen vor allem die psychische Anstrengung eine große Rolle, die bedingt wird durch das lange Sitzen im Cockpit während monotoner Flugphasen. Nach einem Langstreckenflug haben Piloten häufig ein Bedürfnis nach körperlicher Bewegung und gehen sportlichen Betätigungen nach, während Flugbegleiter eher körperliche Schonung bevorzugen. Ein weiterer Grund, die Studie nur mit einer Berufsgruppe durchzuführen, war die unterschiedliche Gestaltung firmeninterner Manteltarifverträge für Flugbegleiter und Piloten, die u.a. andere Ruhezeiten generieren und einen direkten Vergleich nicht möglich gemacht hätten. Ebenso körperliche Voraussetzungen unterscheiden sich zwischen den Berufsgruppen, wie beispielsweise die Körpergröße: um sicherzustellen, dass alle Bedienungselemente erreicht werden können, gibt es strenge Vorgaben für die Mindestgrößen bei Piloten, die beispielsweise bei der größten deutschen Fluggesellschaft mit 1,65 m als Mindestgröße

und 1,98 m als Maximalgröße vorgeschrieben ist (171). In größer angelegten Studien wäre der Vergleich der beiden Berufsgruppen von großem Interesse.

Ebenso der Vergleich zwischen Kurz- und Langstreckenpiloten wäre für weitere Erkenntnisse von Wichtigkeit: Kurzstreckenpiloten sind zwar weniger von Zeitverschiebungen betroffen, jedoch fallen die Dienstzeiten häufig in das WOCL und könnten daher zu ähnlicher Symptomatik führen. Eine größere Fallzahl wäre erforderlich.

Ferner sollten zukünftige Studien weitere Einflussfaktoren auf den Schweregrad eines Jetlags untersuchen, so z.B. die physische Aktivität, Ernährung, Alkoholkonsum, Medikamenteneinnahme, Anreise zum Dienst, unterschiedliche Altersklassen, soziales Umfeld und Vorerkrankungen. Von Interesse wäre auch die Messung der individuellen Zufriedenheit mit dem Beruf und dem Berufsumfeld, da die soziale Desynchronisation viele Piloten beeinträchtigt.

Weitere Studien mit einer klaren Abgrenzung zu herkömmlicher Schichtarbeit sind zukünftig essenziell. Für die Sicherheit. Für die Piloten selbst. Und für teilweise über 500 Passagiere an Bord einer einzigen Maschine. Und das bis zu 100.000 Mal pro Tag

10 Literaturverzeichnis

1. ICAO Headquarters, Montreal C. About ICAO [Internet]. [zitiert 14. Juni 2019]. Verfügbar unter: <http://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>
2. Luftfahrt-Bundesamt - Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Beim LBA geführte Lizenzen Piloten nach Lizenzart [Internet]. [zitiert 10. September 2019]. Verfügbar unter: https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/SBI/SBI3/Statistiken/Luftfahrtpersonal/Lizenbestand_einzeln.html?nn=2092166
3. Deutsche Lufthansa AG, L/OT_R FL& B, LH CT, Basis L, Frankfurt-a.M. Ihr Lufthansa Cockpit Karriereflugplan [Internet]. [zitiert 10. September 2019]. Verfügbar unter: <https://www.lufthansa-pilot.de/lufthansa-karriere/karriereflugplan>
4. SKYbrary. Pilot Flying (PF) and Pilot Monitoring (PM) [Internet]. [zitiert 29. April 2020]. Verfügbar unter: [https://www.skybrary.aero/index.php/Pilot_Flying_\(PF\)_and_Pilot_Monitoring_\(PM\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Pilot_Flying_(PF)_and_Pilot_Monitoring_(PM))
5. WELT. Wie übersteht man den längsten Nonstop-Flug der Welt? [Internet]. 2018 [zitiert 31. Oktober 2019]. Verfügbar unter: <https://www.welt.de/reise/Fern/article185308910/Singapur-New-York-Wie-uebersteht-man-so-einen-Nonstop-Flug.html>
6. Amtsblatt der Europäischen Union. Richtlinie 2003/88/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. November 2003 über bestimmte Aspekte der Arbeitszeitgestaltung. Bd. 4. 2003.
7. Frette V, Hemmer PC. Time needed to board an airplane: a power law and the structure behind it. *Physical review E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics*. Januar 2012;85(1 Pt 1):11130.
8. International Telecommunication Union. A: Universal Time Coordinate (UTC) [Internet]. 2015 [zitiert 13. September 2019]. S. 1–5. Verfügbar unter: <https://www.itu.int/en/ITU-R/Documents/ITU-R-FAQ-UTC.pdf>
9. Ariznavarreta C, Cardinali DP, Villanua MA, Granados B, Martin M, Chiesa JJ, Golombek D A, Tresguerres A F, Circadian rhythms in airline pilots submitted to long-haul transmeridian flights. *Aviation, space, and environmental medicine*. Mai 2002;73(5):445–55.

10. EASA. The Agency [Internet]. [zitiert 10. September 2019]. Verfügbar unter: <https://www.easa.europa.eu/the-agency/the-agency>
11. LBA. Aufgaben und Ziele des Luftfahrt-Bundesamtes [Internet]. [zitiert 10. September 2019]. Verfügbar unter: https://www.lba.de/DE/LBA/Aufgabe/Aufgaben_node.html
12. Verordnung (EU) Nr. 83/2014 , Anhang III der EU-OPS-Verordnung (EU) Nr. 965/2012, Teilabschnitt ORO.FTL (Flight Time Limits)e.
13. Li CY, Sung FC. A review of the healthy worker effect in occupational epidemiology. *Occupational medicine (Oxford, England)*. Mai 1999;49(4):225–9.
14. Amtsblatt der Europäischen Union. Verordnung (EU) Nr. 1178/2011 der Kommission vom 3. November 2011, ANHANG IV. 2011. S. L311/177.
15. Tunstall-Pedoe H. Cardiovascular risk and risk factors in the context of aircrew certification. *European heart journal*. Dezember 1992;13 Suppl H:16–20.
16. Mackenbach JP, Stirbu I, Roskam A-JR, Schaap MM, Menvielle G, Leinsalu M, Kunst AE, European Union Working Group on Socioeconomic inequalities in Health. Socioeconomic inequalities in health in 22 European countries. *The New England journal of medicine*. Juni 2008;358(23):2468–81.
17. Angerer P. PR. Schichtarbeit in der modernen Industriegesellschaft und gesundheitliche Folgen. *Somnologie*. 2010;
18. Statistisches Bundesamt Wiesbaden. Verdienste 2018: durchschnittlich 3 880 Euro brutto im Monat [Internet]. 2018 [zitiert 4. November 2019]. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Verdienste/Verdienste-Verdienstunterschiede/verdienste-branchen.html>
19. Statistisches Bundesamt (Destatis). Verdienste und Arbeitskosten, Arbeitnehmerverdienste - Lange Reihen -2. Vierteljahr 2019. 2019.
20. Palomo L, Felix-Redondo F-J, Lozano-Mera L, Perez-Castan J-F, Fernandez-Berges D, Buitrago F. Cardiovascular risk factors, lifestyle, and social determinants: a cross-sectional population study. *The British journal of general practice: the journal of the Royal College of General Practitioners*. Oktober 2014;64(627):e627-33.
21. Houston S, Mitchell S, Evans S. Prevalence of cardiovascular disease risk factors among UK commercial pilots. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation: official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise*

- Physiology. Juni 2011;18(3):510–7.
22. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. Bd. 894, World Health Organization technical report series. Switzerland; 2000.
 23. Astrup A. Healthy lifestyles in Europe: prevention of obesity and type II diabetes by diet and physical activity. *Public health nutrition*. April 2001;4(2B):499–515.
 24. Saß A, Lange C, Born S, Hoebel J. „Gesundheit in Deutschland aktuell“ – Neue Daten für Deutschland und Europa Hintergrund und Studienmethodik von GEDA 2014 / 2015-EHIS. 2017.
 25. Siegel JM. Clues to the functions of mammalian sleep. *Nature*. Oktober 2005;437(7063):1264–71.
 26. Ferrie JE, Shipley MJ, Cappuccio FP, Brunner E, Miller MA, Kumari M, Marmot MG. A prospective study of change in sleep duration: associations with mortality in the Whitehall II cohort. *Sleep*. Dezember 2007;30(12):1659–66.
 27. Tamakoshi A, Ohno Y. Self-reported sleep duration as a predictor of all-cause mortality: results from the JACC study, Japan. Heft27_und_Wertetabellen.pdf. *Sleep*. Februar 2004;27(1):51–4.
 28. Thomas Penzel, Helga Peter JHP u. M v., Heinrich F. Becker, Ingo Fietze, Jürgen Fischer, Geert Mayer, Thomas Podszus, Friedhart Raschke, Dieter Riemann, Thorsten Schäfer HS. Gesundheitsberichterstattung des Bundes Heft 27 Schlafstörungen. Robert Koch-Institut,. 2015;1–47.
 29. Cappuccio FP, D’Elia L, Strazzullo P, Miller MA. Sleep duration and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Sleep*. Mai 2010;33(5):585–92.
 30. Cizza G, Requena M, Galli G, de Jonge L. Chronic sleep deprivation and seasonality: implications for the obesity epidemic. *Journal of endocrinological investigation*. November 2011;34(10):793–800.
 31. Knutsson A, Westerholm P, Theorell T, Alfredsson L, Kecklund G. Sleep disturbances, work stress and work hours A cross-sectional study. 2002;53:741–8.
 32. AASM. International Classification of Sleep Disorders. 3 Auflage; American Academy of Sleep Medicine: Westchester, USA, Illinois, 2014.
 33. Jones BE. Paradoxical REM sleep promoting and permitting neuronal networks. *Archives italiennes de biologie*. Juli 2004;142(4):379–96.

34. Moszczynski A, Murray BJ. Neurobiological aspects of sleep physiology. *Neurologic clinics*. November 2012;30(4):963–85.
35. Behrends JC, Bischofberger J, Deutzmann R, Ehmke H. *Duale Reihe Physiologie*. 2.Auflage. Thieme; 2012. 769–772 S.
36. Siclari F, Baird B, Perogamvros L, Bernardi G, LaRocque JJ, Riedner B, u. a. The neural correlates of dreaming. *Nature neuroscience*. Juni 2017;20(6):872–8.
37. Nir Y, Tononi G. Dreaming and the brain: from phenomenology to neurophysiology. *Trends in cognitive sciences*. Februar 2010;14(2):88–100.
38. Ohayon MM, Carskadon MA, Guilleminault C, Vitiello M V. Meta-analysis of quantitative sleep parameters from childhood to old age in healthy individuals: developing normative sleep values across the human lifespan. *Sleep*. November 2004;27(7):1255–73.
39. Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM). S3 Leitlinie Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen - Kapitel „Schlafbezogene Atmungsstörungen“. 2017. (2.0). Report No.: AWMF-Register Nr. 063/001.
40. Borbely AA. A two process model of sleep regulation. *Human neurobiology*. 1982;1(3):195–204.
41. Eban-Rothschild A, Giardino WJ, de Lecea L. To sleep or not to sleep: neuronal and ecological insights. *Current opinion in neurobiology*. Juni 2017;44:132–8.
42. Burke TM, Markwald RR, McHill AW, Chinoy ED, Snider JA, Bessman SC, Jung CM, O’Neill JS, Wright Jr KP, Effects of caffeine on the human circadian clock in vivo and in vitro. *Science translational medicine*. September 2015;7(305):305ra146.
43. Wittmann M, Dinich J, Merrow M, Roenneberg T. Social jetlag: misalignment of biological and social time. *Chronobiology international*. 2006;23(1–2):497–509.
44. Borbely AA, Achermann P. Sleep homeostasis and models of sleep regulation. *Journal of biological rhythms*. Dezember 1999;14(6):557–68.
45. Pollmächer T; Lauer C. *Handbuch des normalen und gestörten Schlafs*. Springer, Herausgeber. 1992. 1–44 S.
46. Rasch B, Born J. About sleep’s role in memory. *Physiological reviews*. April 2013;93(2):681–766.
47. Diekelmann S, Born J. The memory function of sleep. *Nature reviews Neuroscience*. Februar 2010;11(2):114–26.
48. Feld GB, Born J. Sculpting memory during sleep: concurrent consolidation and

- forgetting. *Current opinion in neurobiology*. Juni 2017;44:20–7.
49. Boyce R, Glasgow SD, Williams S, Adamantidis A. Causal evidence for the role of REM sleep theta rhythm in contextual memory consolidation. *Science (New York, NY)*. Mai 2016;352(6287).
 50. Krueger JM, Takahashi S, Kapas L, Bredow S, Roky R, Fang J, Floyd R, Renegar K B, Ghua-Thakurta N, Novitsky S, Cytokines in sleep regulation. *Advances in neuroimmunology*. 1995;5(2):171–88.
 51. Pollmacher T, Mullington J, Korth C, Hinze-Selch D. Influence of host defense activation on sleep in humans. *Advances in neuroimmunology*. 1995;5(2):155–69.
 52. Guilleminault C, Mondini S. Mononucleosis and chronic daytime sleepiness. A long-term follow-up study. *Archives of internal medicine*. Juli 1986;146(7):1333–5.
 53. Dworak M, Mccarley RW, Kim T, Kalinchuk A V, Basheer R. Sleep and Brain Energy Levels : ATP Changes during Sleep. 2010;30(26):9007–16.
 54. Tan D-X, Hardeland R, Manchester LC, Paredes SD, Korkmaz A, Sainz RM, Mayo JC, Fuentes-Broto L, Reiter RJ, The changing biological roles of melatonin during evolution: from an antioxidant to signals of darkness, sexual selection and fitness. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. August 2010;85(3):607–23.
 55. Root AW, Diamond FBJ. Regulation and clinical assessment of growth hormone secretion. *Endocrine*. April 2000;12(2):137–45.
 56. Costa G, Accattoli MP, Garbarino S, Magnavita N, Roscelli F. [Sleep disorders and work: guidelines for health surveillance, risk management and prevention]. *La Medicina del lavoro*. 2013;104(4):251–66.
 57. Silbernagl S, Klinke R, Pape H-C, Kurt A. *Physiologie*. 6.Auflage. 855–863 S.
 58. Boyce P, Barriball E. Circadian rhythms and depression. *Australian family physician*. Mai 2010;39(5):307–10.
 59. Purnell MT, Feyer A-M, Herbison GP. The impact of a nap opportunity during the night shift on the performance and alertness of 12-h shift workers. *Journal of sleep research*. September 2002;11(3):219–27.
 60. Horne JA, Reyner LA. Counteracting driver sleepiness: effects of napping, caffeine, and placebo. *Psychophysiology*. Mai 1996;33(3):306–9.
 61. Brooks A, Lack L. A brief afternoon nap following nocturnal sleep restriction: which nap duration is most recuperative? *Sleep*. Juni 2006;29(6):831–40.
 62. Hartzler BM. Fatigue on the flight deck: the consequences of sleep loss and the

- benefits of napping. *Accident; analysis and prevention*. Januar 2014;62:309–18.
63. Rosekind MR, Graeber RC. Crew Factors in Flight Operations IX: Effects of Planned Cockpit Rest on Crew Performance and Alertness in Long-Haul Operations. 2019;(September 1994).
 64. Vereinigung Cockpit. Ergebnisse der Fatigue-Umfrage der Vereinigung Cockpit.
 65. Halberg F, Cornelissen G, Katinas G, Syutkina E V, Sothorn RB, Zaslavskaya R, Halberg F, Watanabe Y, Schwartzkopff O, Otsuka K, Tarquini R, Fredericp P, Siggelova J, Transdisciplinary unifying implications of circadian findings in the 1950s. *Journal of circadian rhythms*. Oktober 2003;1(1):2.
 66. Young MW, Kay SA. Time zones: a comparative genetics of circadian clocks. *Nature reviews Genetics*. September 2001;2(9):702–15.
 67. Reppert SM, Weaver DR. Molecular analysis of mammalian circadian rhythms. *Annual review of physiology*. 2001;63:647–76.
 68. Cermakian N, Sassone-Corsi P. Multilevel regulation of the circadian clock. *Nature reviews Molecular cell biology*. Oktober 2000;1(1):59–67.
 69. Minors DS, Waterhouse JM. Circadian rhythms in general. *Occupational medicine (Philadelphia, Pa)*. 1990;5(2):165–82.
 70. Grandin LD, Alloy LB, Abramson LY. The social zeitgeber theory, circadian rhythms, and mood disorders: review and evaluation. *Clinical psychology review*. Oktober 2006;26(6):679–94.
 71. Shanahan TL, Czeisler CA. Physiological effects of light on the human circadian pacemaker. *Seminars in perinatology*. August 2000;24(4):299–320.
 72. Bellivier F, Geoffroy P-A, Etain B, Scott J. Sleep- and circadian rhythm-associated pathways as therapeutic targets in bipolar disorder. *Expert opinion on therapeutic targets*. Juni 2015;19(6):747–63.
 73. Ralph MR, Foster RG, Davis FC, Menaker M. Transplanted suprachiasmatic nucleus determines circadian period. *Science (New York, NY)*. Februar 1990;247(4945):975–8.
 74. Gu CG, Wang P, Weng TF, Yang HJ, Rohling J. Heterogeneity of neuronal properties determines the collective behavior of the neurons in the suprachiasmatic nucleus. *Mathematical biosciences and engineering: MBE*. März 2019;16(4):1893–913.
 75. Hattar S, Lucas RJ, Mrosovsky N, Thompson S, Douglas RH, Hankins MW, Lem J, Biel M, Hofmann F, Foster RG, Yau K-W, Melanopsin and rod-cone

- photoreceptive systems account for all major accessory visual functions in mice. *Nature*. Juli 2003;424(6944):76–81.
76. Provencio I, Rodriguez IR, Jiang G, Hayes WP, Moreira EF, Rollag MD. A novel human opsin in the inner retina. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*. Januar 2000;20(2):600–5.
 77. Bellingham J, Foster RG. Opsins and mammalian photoentrainment. *Cell and tissue research*. Juli 2002;309(1):57–71.
 78. Prayag AS, Najjar RP, Gronfier C. Melatonin suppression is exquisitely sensitive to light and primarily driven by melanopsin in humans. *Journal of pineal research*. Mai 2019;66(4):e12562.
 79. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus, Lernatlas der Anatomie- Kopf, Hals und Neuroanatomie. 3. Auflage. Thieme; 342 S.
 80. Arendt J, Bojkowski C, Folkard S, Franey C, Marks V, Minors D, Waterhouse J, Wever RA, Wildgruber C, Wright J. Some effects of melatonin and the control of its secretion in humans. *Ciba Foundation symposium*. 1985;117:266–83.
 81. Lüllmann-Rauch R. Taschenlehrbuch Histologie. 4.Auflage. Thieme; 463 S.
 82. Yildiz M, Batmaz S, Songur E, Oral ET. citations-77.nbib. *Psychiatria Danubina*. März 2016;28(1):25–9.
 83. Engelmann W. Lithiumionen gegen Depressionen: Ist die Tagesuhr an endogenen Depressionen beteiligt? Experimente auf Spitzbergen. 2010.
 84. Takahashi JS, Hong H-K, Ko CH, McDearmon EL. The genetics of mammalian circadian order and disorder: implications for physiology and disease. *Nature reviews Genetics*. Oktober 2008;9(10):764–75.
 85. Bass J, Lazar MA. Circadian time signatures of fitness and disease. *Science (New York, NY)*. November 2016;354(6315):994–9.
 86. Nakamura K, Shimai S, Kikuchi S, Tominaga K, Takahashi H, Tanaka M, Nakano S, Motohashi Y, Nakadaira H, Yamamoto M. Shift work and risk factors for coronary heart disease in Japanese blue-collar workers: serum lipids and anthropometric characteristics. *Occupational medicine (Oxford, England)*. April 1997;47(3):142–6.
 87. Roenneberg T, Kuehnle T, Juda M, Kantermann T, Allebrandt K, Gordijn M, Meroow M. Epidemiology of the human circadian clock. *Sleep medicine reviews*. Dezember 2007;11(6):429–38.
 88. Horne JA, Ostberg O. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International journal of chronobiology*.

- 1976;4(2):97–110.
89. Adan A, Archer SN, Hidalgo MP, Di Milia L, Natale V, Randler C. Circadian typology: a comprehensive review. *Chronobiology international*. November 2012;29(9):1153–75.
 90. Zimmermann LK. The influence of chronotype in the daily lives of young children. *Chronobiology international*. 2016;33(3):268–79.
 91. Roenneberg T, Allebrandt K V, Meroz M, Vetter C. Social jetlag and obesity. *Current biology : CB*. Mai 2012;22(10):939–43.
 92. Hildebrandt G, Stratmann I. Circadian System Response to Night Work in Relation to the Individual Circadian Phase Position. 1979;83:73–83.
 93. Institut für Luft-und Raumfahrtmedizin. Jet-Lag und seine Auswirkungen auf den Menschen [Internet]. [zitiert 1. November 2019]. Verfügbar unter: https://www.dlr.de/me/desktopdefault.aspx/tabid-2023/2958_read-4535/
 94. Haimov I, Arendt J. The prevention and treatment of jet lag. *Sleep medicine reviews*. September 1999;3(3):229–40.
 95. Herxheimer A. Jet lag. *BMJ clinical evidence*. 2014;(January):1–16.
 96. Ambesh P, Shetty V, Ambesh S, Gupta SS, Kamholz S, Wolf L. Jet lag: Heuristics and therapeutics. *Journal of family medicine and primary care*. 2018;7(3):507–10.
 97. Waterhouse J. Jet-lag and shift work: (1). Circadian rhythms. *Journal of the Royal Society of Medicine*. August 1999;92(8):398–401.
 98. Aschoff J, Hoffmann K, Pohl H, Wever R. Re-entrainment of circadian rhythms after phase-shifts of the Zeitgeber. *Chronobiologia*. 1975;2(1):23–78.
 99. Zisapel N. Circadian rhythm sleep disorders: pathophysiology and potential approaches to management. *CNS drugs*. 2001;15(4):311–28.
 100. Lowden A, Akerstedt T. Retaining home-base sleep hours to prevent jet lag in connection with a westward flight across nine time zones. *Chronobiology international*. Juli 1998;15(4):365–76.
 101. Cingi C, Emre IE, Muluk NB. Jetlag related sleep problems and their management: A review. *Travel medicine and infectious disease*. Juli 2018;24:59–64.
 102. Herxheimer A, Petrie KJ. Melatonin for the prevention and treatment of jet lag. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2002;(2):CD001520.
 103. Petrie K, Conaglen J V, Thompson L, Chamberlain K. Effect of melatonin on jet lag after long haul flights. *BMJ (Clinical research ed)*. März 1989;298(6675):705–7.
 104. Arendt J, Aldous M, Marks V. Alleviation of jet lag by melatonin: preliminary results

- of controlled double blind trial. *British medical journal (Clinical research ed)*. Mai 1986;292(6529):1170.
105. Claustrat B, Brun J, David M, Sassolas G, Chazot G. Melatonin and jet lag: confirmatory result using a simplified protocol. *Biological psychiatry*. Oktober 1992;32(8):705–11.
 106. Tortorolo F, Farren F, Rada G. Is melatonin useful for jet lag? *Medwave*. Dezember 2015;15 Suppl 3:e6343.
 107. Luftfahrt-Bundesamt - Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Flugmedizinische Tauglichkeitsentscheidungen [Internet]. [zitiert 12. September 2019]. Verfügbar unter:
https://www.lba.de/DE/Luftfahrtpersonal/Flugmed_Tauglichkeitsentscheidung/FAQ/FAQ_Piloten/FAQ_node.html
 108. Beaumont M, Batejat D, Pierard C, Van Beers P, Denis JB, Coste O, Doireau P, Chauffard F, French J, Lagarde D. Caffeine or melatonin effects on sleep and sleepiness after rapid eastward transmeridian travel. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md : 1985)*. Januar 2004;96(1):50–8.
 109. Waterhouse J, Reilly T, Atkinson G, Edwards B. Jet lag: trends and coping strategies. *Lancet (London, England)*. März 2007;369(9567):1117–29.
 110. Williamson AM, Feyer AM. Moderate sleep deprivation produces impairments in cognitive and motor performance equivalent to legally prescribed levels of alcohol intoxication. *Occupational and environmental medicine*. Oktober 2000;57(10):649–55.
 111. Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. Arbeitsmedizinische Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. - Nacht-und Schichtarbeit. 1995. S. 1–13.
 112. Sun M, Feng W, Wang F, Li P, Li Z, Li M, Tse G, Vlaanderen R, Tse LA. Meta-analysis on shift work and risks of specific obesity types. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*. Januar 2018;19(1):28–40.
 113. Schlafer O, Wenzel V, Hogl B. [Sleep disorders among physicians on shift work]. *Der Anaesthesist*. November 2014;63(11):844–51.
 114. Marquie J-C, Tucker P, Folkard S, Gentil C, Ansiau D. Chronic effects of shift work on cognition: findings from the VISAT longitudinal study. *Occupational and*

- environmental medicine. April 2015;72(4):258–64.
115. Suwazono Y, Nogawa K. [Effect of shift work on blood pressure]. *Nihon rinsho Japanese journal of clinical medicine*. August 2014;72(8):1497–502.
 116. Kivimaki M, Jokela M, Nyberg ST, Singh-Manoux A, Fransson EI, Alfredsson L, Bjorner JB, Borritz M, Burr H, Casini A, Clays E, De Bacquer D, Dragano N, Erbel R, Geuskens GA, Hamer M, Hoofman WE, Houtman IL, Jöckel K-H, Kittel F, Knutsson A, Koskenvuo M, Lunau T, Madsen IEH, Nielsen ML, Nordin M, Oksanen T, Pejtersen JH, Pentti J, Rugulies R, Salo P, Shipley MJ, Siegrist J, Steptoe A, Suominen SB, Theorell T, Vahtera J, Westerholm PJM, Westerlund H, O'Reilly D, Kumari M, Batty GD, Ferrie JE, Virtanen M, IPD-Work-Consrtium. Long working hours and risk of coronary heart disease and stroke: a systematic review and meta-analysis of published and unpublished data for 603,838 individuals. *Lancet (London, England)*. Oktober 2015;386(10005):1739–46.
 117. Virtanen M, Heikkila K, Jokela M, Ferrie JE, Batty GD, Vahtera J, Kivimäki M. Long working hours and coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis. *American journal of epidemiology*. Oktober 2012;176(7):586–96.
 118. Bannai A, Tamakoshi A. The association between long working hours and health: a systematic review of epidemiological evidence. *Scandinavian journal of work, environment & health*. Januar 2014;40(1):5–18.
 119. Knauth P, Emde E, Rutenfranz J, Kiesswetter E, Smith P. Re-entrainment of Body Temperature in Field Studies of Shiftwork *. 1981;149:137–49.
 120. Knauth P. [Shiftwork]. *Zeitschrift fur Gastroenterologie*. April 2002;40 Suppl 1:S106–10.
 121. Winwood PC, Winefield AH, Lushington K. Work-related fatigue and recovery: the contribution of age, domestic responsibilities and shiftwork. *Journal of advanced nursing*. November 2006;56(4):438–49.
 122. Costa G, Sartori S, Akerstedt T. Influence of flexibility and variability of working hours on health and well-being. *Chronobiology international*. 2006;23(6):1125–37.
 123. Burch JB, Tom J, Zhai Y, Criswell L, Leo E, Ogoussan K. Shiftwork impacts and adaptation among health care workers. *Occupational medicine (Oxford, England)*. Mai 2009;59(3):159–66.
 124. International Civil Organization. *Fatigue Risk Management Systems - Manual for Regulators* [Internet]. ICAO Doc 9966, Montreal. 2012 [zitiert 22. November 2019]. Verfügbar unter: https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/frms_tools/doc

9966 - frms manual for regulators.pdf

125. Caldwell JA, Mallis MM, Caldwell JL, Paul MA, Miller JC, Neri DF. Fatigue countermeasures in aviation. *Aviation, space, and environmental medicine*. Januar 2009;80(1):29–59.
126. Brown ID. Driver fatigue. *Human factors*. Juni 1994;36(2):298–314.
127. Berger H. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten* [Internet]. 1929;87(1):527–70. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/BF01797193>
128. Tudor M, Tudor L, Tudor KI. [Hans Berger (1873-1941)--the history of electroencephalography]. *Acta medica Croatica : casopis Hravatske akademije medicinskih znanosti*. 2005;59(4):307–13.
129. Borck C. Writing brains: tracing the psyche with the graphical method. *History of psychology*. Februar 2005;8(1):79–94.
130. Aserinsky E, Kleitman N. Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep. *Science (New York, NY)*. September 1953;118(3062):273–4.
131. Mazza S, Pavone A, Niedermeyer E. Mario Gozzano: the work of an EEG pioneer. *Clinical EEG (electroencephalography)*. Oktober 2002;33(4):155–9.
132. Lindsley DB, Bowden JW, Magoun HW. Effect upon the EEG of acute injury to the brain stem activating system. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*. November 1949;1(4):475–86.
133. Ganji SS, Ferriss GS, Rao J, Furlow J. Hypersomnia associated with a focal pontine lesion. *Clinical EEG (electroencephalography)*. Januar 1996;27(1):52–6.
134. Wallner F, Backhaus J, Hohagen F, Riemann D. [Approximation of sleep duration and sleep efficiency using actography]. *Wiener medizinische Wochenschrift (1946)*. 1995;145(17–18):497–8.
135. Morgenthaler T, Alessi C, Friedman L, Owens J, Kapur V, Boehlecke B, Brown T, Chesson Jr A, Coleman J, Lee-Chiong T, Pancer J, Swick TJ, Standards of Practice Committee; American Academy of Sleep Medicine. Practice parameters for the use of actigraphy in the assessment of sleep and sleep disorders: an update for 2007. *Sleep*. April 2007;30(4):519–29.
136. Ancoli-Israel S, Cole R, Alessi C, Chambers M, Moorcroft W, Pollak CP. The role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms. *Sleep*. Mai 2003;26(3):342–92.

137. Fung MM, Peters K, Ancoli-Israel S, Redline S, Stone KL, Barrett-Connor E. Total sleep time and other sleep characteristics measured by actigraphy do not predict incident hypertension in a cohort of community-dwelling older men. *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine*. Juni 2013;9(6):585–91.
138. Shrivastava D, Jung S, Saadat M, Sirohi R, Crewson K. How to interpret the results of a sleep study. *Journal of community hospital internal medicine perspectives*. 2014;4(5):24983.
139. Reed DL, Sacco WP. Measuring Sleep Efficiency: What Should the Denominator Be? *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine*. Februar 2016;12(2):263–6.
140. Bliwise DL. Normal Aging [Internet]. Fourth Edi. *Principles and Practice of Sleep Medicine*. Elsevier Inc.; 24–38 S. Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1016/B0-7216-0797-7/50010-0>
141. Kushida CA, Chang A, Gadkary C, Guilleminault C, Carrillo O, Dement WC. Comparison of actigraphic, polysomnographic, and subjective assessment of sleep parameters in sleep-disordered patients. *Sleep medicine*. September 2001;2(5):389–96.
142. Becker T, Penzel T, Fietze I. A new German Charite Jet Lag Scale for jet lag symptoms and application. *Ergonomics*. 2015;58(5):811–21.
143. Reis C, Mestre C, Canhao H, Gradwell D, Paiva T. Sleep complaints and fatigue of airline pilots. *Sleep science (Sao Paulo, Brazil)*. 2016;9(2):73–7.
144. Signal TL, Gale J, Gander PH. Sleep measurement in flight crew: comparing actigraphic and subjective estimates to polysomnography. *Aviation, space, and environmental medicine*. November 2005;76(11):1058–63.
145. Roach GD, Darwent D, Dawson D. How well do pilots sleep during long-haul flights? *Ergonomics*. September 2010;53(9):1072–5.
146. Petrilli RM, Roach GD, Dawson D, Lamond N. The sleep, subjective fatigue, and sustained attention of commercial airline pilots during an international pattern. *Chronobiology international*. 2006;23(6):1357–62.
147. Sanlorenzo M, Wehner MR, Linos E, Kornak J, Kainz W, Posch C, Vujic I, Johnston K, Gho D, Monico G, McGrath JT, Osella-Abate S, Quaglino P, Cleaver JE, Ortiz-Urda S. The risk of melanoma in airline pilots and cabin crew: a meta-analysis. *JAMA dermatology*. Januar 2015;151(1):51–8.

148. Caldwell JA. Fatigue in aviation. *Travel medicine and infectious disease*. Mai 2005;3(2):85–96.
149. Spitzer RL, Terman M, Williams JB, Terman JS, Malt UF, Singer F, Lewy AJ. Jet lag: clinical features, validation of a new syndrome-specific scale, and lack of response to melatonin in a randomized, double-blind trial. *The American journal of psychiatry*. September 1999;156(9):1392–6.
150. Haescher M, Matthies D, Trimpop J, Urban B. A Study on Measuring Heart- and Respiration-Rate via Wrist-Worn Accelerometer-based Seismocardiography (SCG) in Comparison to Commonly Applied Technologies. 2015.
151. Haescher M. SeismoTracker : Upgrade any Smart Wearable to enable a Sensing of Heart Rate , Respiration Rate , and Microvibrations. 2016;
152. Bieber G, Haescher M, Vahl M. Sensor Requirements for Activity Recognition on Smart Watches. 2013;(June 2015).
153. Phan D, Siong Y, Pathirana PN, Member S, Seneviratne A. Smartwatch : Performance Evaluation for Long-Term Heart Rate Monitoring. 2015;(June 2018).
154. Hernandez J, Picard RW. BioWatch : Estimation of Heart and Breathing Rates from Wrist Motions. 2015;(November).
155. Weiss G, Timko J, Gallagher C, Yoneda K, Schreiber A. Smartwatch-based activity recognition: A machine learning approach. 2016. 426–429 S.
156. Chernbumroong S, Atkins AS, Yu H. Activity classification using a single wrist-worn accelerometer. 2011;(March 2014).
157. Slater JA, Botsis T, Walsh J, King S, Straker LM, Eastwood PR. Assessing sleep using hip and wrist actigraphy. 2015;172–80.
158. Luftfahrt-Bundesamt - Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). LBA-B2-Rundschreiben 14/2016 Handbuchergänzungen bzgl. verdachtsunabhängigen Kontrollen gem. § 4a LuftVG. Braunschweig; 2016.
159. Roach GD, Petrilli RMA, Dawson D, Lamond N. Impact of layover length on sleep, subjective fatigue levels, and sustained attention of long-haul airline pilots. *Chronobiology international*. Juni 2012;29(5):580–6.
160. Swiss International Air Lines. Jetlag [Internet]. [zitiert 11. November 2019]. Verfügbar unter:
<https://www.swiss.com/corporate/medicalservices/de/aviation/after-the-flight/jet-lag>

161. Becker T, Penzel T, Fietze I. Evaluation of the Charite Jet Lag Scale: Further Assessment of Jet Lag Using a Method-Comparison Approach. *Journal of biological rhythms*. Februar 2016;31(1):94–107.
162. Akerstedt T, Knutsson A, Westerholm P, Theorell T, Alfredsson L, Kecklund G. Mental fatigue, work and sleep. *Journal of psychosomatic research*. November 2004;57(5):427–33.
163. Tune GS. A note on the sleep of shift workers. *Ergonomics*. März 1968;11(2):183–4.
164. Halvani GH, Zare M, Mirmohammadi SJ. The relation between shift work, sleepiness, fatigue and accidents in Iranian Industrial Mining Group workers. *Industrial health*. April 2009;47(2):134–8.
165. Swaen GMH, van Amelsvoort LPGM, Bultmann U, Slangen JJM, Kant IJ. Psychosocial work characteristics as risk factors for being injured in an occupational accident. *Journal of occupational and environmental medicine*. Juni 2004;46(6):521–7.
166. Spiegel Online. Anti-Jetlag-Pille Vielfliegers Helferlein [Internet]. 2012 [zitiert 22. November 2019]. Verfügbar unter: <https://www.spiegel.de/reise/aktuell/anti-jetlag-pille-vielfliegers-helferlein-a-810922.html>
167. Samel A, Wegmann H, Samel A, Wegmann H. Bright Light : a Countermeasure for Jet Lag ? A COUNTERMEASURE FOR JET LAG ? 2009;0528.
168. Czeisler CA, Johnson MP, Duffy JF, Brown EN, Ronda JM, Kronauer RE. Exposure to bright light and darkness to treat physiologic maladaptation to night work. *The New England journal of medicine*. Mai 1990;322(18):1253–9.
169. Brown TP, Shuker LK, Rushton L, Warren F, Stevens J. citations-146.nbib. *The journal of the Royal Society for the Promotion of Health*. September 2001;121(3):177–84.
170. Schrörs H-J. Syndrom der Zeitverschiebung. *Deutsches Ärzteblatt Heft 10/2003(Supplement: Reisemagazin)*. 2003;30.
171. Welt. Darf Lufthansa kleinen Frauen das Fliegen verbieten? [Internet]. 2016 [zitiert 2. Oktober 2019]. Verfügbar unter: <https://www.welt.de/wirtschaft/karriere/article152330862/Darf-Lufthansa-kleinen-Frauen-das-Fliegen-verbieten.html>

11 Anhang



Universitätsmedizin Berlin
Interdisziplinäres Schlafmedizinisches Zentrum

Charité Jetlag Scale

Version 3.0

Allgemeine Fragen

Bitte beantworten Sie jede Frage mit einem Kreuz oder einem Eintrag.

1.1 Alter: _____ Jahre

1.2 Körpergröße: _____ m

1.3 Gewicht: _____ kg

1.4 Geschlecht: weiblich
 männlich

1.5 Haben Sie zusätzliche familiäre Verpflichtungen z.B. Kinder? Ja Nein Welche? _____

1.6 Zeitunterschied am Ankunftsort : _____ Stunden Ostrichtung Westrichtung

1.7 Abflugszeit am Startort: _____ Uhr

1.8 Wie lange hat es während der letzten vier Wochen gewöhnlich gedauert, bis Sie nachts eingeschlafen sind?
_____ Minuten

1.9 Wann sind Sie während der letzten vier Wochen gewöhnlich zu Bett gegangen? _____ Uhr

1.10 Wann sind Sie während der letzten vier Wochen gewöhnlich morgens aufgestanden? _____ Uhr

1.11 Wie viele Stunden haben Sie während der letzten vier Wochen pro Nacht tatsächlich geschlafen?

_____ Stunden

1.12 Würden Sie sich, wenn Sie frei über Ihre Zeit verfügen können, eher als einen Früh- oder Spätaufsteher sehen?

Frühaufsteher Spätaufsteher

1.13 Liegen bei Ihnen bereits bekannte Schlafstörungen vor? Ja Nein

Wenn ja, welche? _____

Jetlag spezifische Fragen - Morgenprotokoll

Die folgenden Fragen sind bei jeder Beantwortung des Fragebogens auszufüllen. Bitte beantworten Sie jede Frage mit einem Kreuz oder einem Eintrag.

1.1 Der wievielte Tag Ihrer Reise ist heute? : Ankunftstag 1 Tag 2 2 Tag 3 3 Tag 4 4
 Tag 5 5 Tag 6 6 Abreisetag ist der ____ Tag

1.2 Wann sind Sie heute Nacht zu Bett gegangen? _____ Uhr

1.3 Wie lange hat es in der heutigen Nacht gedauert bis Sie eingeschlafen sind? _____ Minuten

1.4 Wann sind Sie nach der heutigen Nachtruhe endgültig erwacht bzw. aufgestanden? _____ Uhr (lokale Zeit)

1.5 Wurden Sie selbstständig wach 1 oder sind Sie geweckt worden 2 ?

1.6 Wie viele Stunden haben Sie tatsächlich geschlafen? _____ Stunden

Nach ihrer Reise über mehrere Zeitzonen hinweg, welche Symptome können Sie an sich wahrnehmen?

Schlafstörungen während der Nacht

	gar nicht	etwas	mittel-mäßig	stark	sehr stark
2.1 Durchschlafprobleme:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
2.2 Einschlafprobleme:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
2.3 Schlaflosigkeit:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

2.4 Wie stark fühlen Sie sich durch die genannten Symptome im Alltag und/oder Berufsleben beeinträchtigt?

	gar nicht	etwas	mittel-mäßig	stark	sehr stark	nicht zutreffend
	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Physische Symptome

	gar nicht	etwas	mittel-mäßig	stark	sehr stark
3.1 Unbeholfenheit/ physische Koordinationsschwierigkeiten:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
3.2 Benommenheit/Schwindel:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
3.3 generelles Schwächegefühl:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

3.4 Wie stark fühlen Sie sich durch die genannten Symptome im Alltag und/oder Berufsleben beeinträchtigt?

	gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark	nicht zutreffend
	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Psychische Symptome

	gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark
4.1 Lethargie/ Teilnahmslosigkeit Gleichgültigkeit:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
4.2 Stimmungsschwankungen/ Reizbarkeit	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
4.3 Ermattung/ schnelle Ermüdung:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

4.4 Wie stark fühlen Sie sich durch die genannten Symptome im Alltag und/oder Berufsleben beeinträchtigt?

	gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark	nicht zutreffend
	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Vegetative Symptome

	gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark
5.1 nächtlicher Harndrang:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
5.2 Darmträgheit / Verstopfung:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
5.3 Durchfall	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
5.4 Appetitlosigkeit	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
5.5 verstärktes Hungergefühl	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
5.6 Kreislaufbeschwerden	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

5.7 Wie stark fühlen Sie sich durch die genannten Symptome im Alltag und/oder Berufsleben beeinträchtigt?

	gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark	nicht zutreffend
	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

6.1 Wie stark wurden Sie im Allgemeinen von Jet Lag Symptomen beeinträchtigt?

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
gar nicht	etwas	mittelmäßig	stark	sehr stark

7.1 Welche an Ihnen auftretenden Symptome des Jetlags halten Sie für zusätzlich erwähnenswert?

Jetlag spezifische Fragen - Abendprotokoll

Die folgenden Fragen sind bei jeder Beantwortung des Fragebogens auszufüllen. Bitte beantworten Sie jede Frage mit einem Kreuz oder einem Eintrag.

1.1 Der wievielte Tag Ihrer Reise ist heute? : Ankunftstag 1 Tag 2 2 Tag 3 3 Tag 4 4
 Tag 5 5 Tag 6 6 Abreisetag ist der ____ Tag

1.2 Ungefähre Zeitdauer der Nickerchen/Kurzen Schläfe am Tag:

Keine 1 30 Minuten 2 1 Stunde 3 2 Stunden 4 3 oder mehr Std. 5

Nach ihrer Reise über mehrere Zeitzonen hinweg, welche Symptome können Sie an sich wahrnehmen?

2.1 Müdigkeit am Tage

gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark	nicht zutreffend
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	

2.2 Wie stark fühlen Sie sich durch die genannten Symptome im Alltag und/oder Berufsleben beeinträchtigt?

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Kognitive Symptome

gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark
--------------	-------	------------------	-------	---------------

3.1 Konzentrationsschwierigkeiten: 0 1 2 3 4

3.2 Gesenkte Aufmerksamkeit am Tage: 0 1 2 3 4

3.3 Gedächtnisschwierigkeiten: 0 1 2 3 4

3.4 Wie stark fühlen Sie sich durch die genannten Symptome im Alltag und/oder Berufsleben beeinträchtigt?

gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark	nicht zutreffend
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Physische Symptome

gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark
--------------	-------	------------------	-------	---------------

4.1 Unbeholfenheit/
physische Koordinationsschwierigkeiten: 0 1 2 3 4

4.2 Benommenheit/Schwindel: 0 1 2 3 4

4.3 generelles Schwächegefühl: 0 1 2 3 4

4.4 Wie stark fühlen Sie sich durch die genannten Symptome im Alltag und/oder Berufsleben beeinträchtigt?

	gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark	nicht zutreffend
	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Psychische Symptome

	gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark
5.1 Lethargie/ Teilnahmslosigkeit Gleichgültigkeit:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

5.2 Stimmungsschwankungen/ Reizbarkeit	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
--	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

5.3 Ermattung/ schnelle Ermüdung:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
-----------------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

5.4 Wie stark fühlen Sie sich durch die genannten Symptome im Alltag und/oder Berufsleben beeinträchtigt?

	gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark	nicht zutreffend
	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Vegetative Symptome

	gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark
6.1 Darmträgheit / Verstopfung:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

6.2 Durchfall	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
---------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

6.3 Appetitlosigkeit	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
----------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

6.4 verstärktes Hungergefühl	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
------------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

6.5 Kreislaufbeschwerden	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
--------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

6.6 Wie stark fühlen Sie sich durch die genannten Symptome im Alltag und/oder Berufsleben beeinträchtigt?

	gar nicht	etwas	mittel- mäßig	stark	sehr stark	nicht zutreffend
	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

7.1 Wie stark wurden Sie im Allgemeinen von Jet Lag Symptomen beeinträchtigt?

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
gar nicht	etwas	mittelmäßig	stark	sehr stark

8.1 Welche an Ihnen auftretenden Symptome des Jetlags halten Sie für zusätzlich erwähnenswert?

9.1 Betrachten Sie den gesamten Tag rückwirkend: Wie stark wurden Sie im Allgemeinen den gesamten Tag von Jet Lag Symptomen beeinträchtigt?

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
gar nicht	etwas	mittelmäßig	stark	sehr stark

12 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Nora Victoria Kubach versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Untersuchung des Zusammenhanges von Jetlag-Symptomen und des Schlaf-Wach-Rhythmus bei Langstreckenpiloten“ – „Investigation of the relation between jet lag symptoms and the sleep-wake-rhythm of long-range pilots“ 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/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

[Für den Fall, dass Sie die Forschung für Ihre Promotion ganz oder teilweise in Gruppenarbeit durchgeführt haben:] Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

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

Datum

Unterschrift

13 Lebenslauf

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

14 Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Thomas Penzel - dem wissenschaftlichen Leiter des Schlafmedizinischen Zentrums der Charité - für die Überlassung des Themas und der außergewöhnlich kompetenten Beratung und Unterstützung.

Ich danke zudem Herrn Prof. Dr. Ingo Fietze, dem medizinischen Leiter des Schlafmedizinischen Zentrums der Charité.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Martin Glos, der mich zu jedem Zeitpunkt bei dieser Arbeit mit unermüdlicher Motivation unterstützte und sich immer Zeit für mich nahm. Ihm gilt auch ein herzlicher Dank bei der Unterstützung von technischen Problemen und bei der statistischen Beratung.

Außerdem möchte ich mich ganz herzlich bei der erfahrenen Dipl. Psych. Sandra Zimmermann bedanken, die mich bei der Planung der Studie und dem Ethikantrag unterstützte.

Ebenso gedankt werden soll Herrn Carsten Pilz, der mir half, die Kooperation mit der mHealth Pioneers GmbH herzustellen.

Dank gilt auch Friedrich Lämmel und seinem Team (mHealth Pioneers GmbH, Berlin) für die Bereitstellung der Aktigraphen und die Beratung bei der technischen Einführung und Auswertung der Geräte.

Selbstverständlich möchte ich mich herzlich bei den Teilnehmern bedanken, den Piloten und Pilotinnen, die geduldig die Aktigraphen trugen und Fragebögen ausfüllten.

An dieser Stelle möchte ich auch meiner Familie und meinen Freunden danken, die mir immer Mut zugesprochen haben, diese Studie zu vollenden und die vorliegende Arbeit zu schreiben. Danke für euren Zuspruch und die positive Energie, im Besonderen meiner Mama Heidi Wetz-Kubach, meinem Papa Dieter Kubach, meinem Bruder Nico und meiner lieben Anke.

Aus gegebenem Anlass, inmitten der Coronazeit, möchte ich all den Piloten und Flugbegleitern, die ihren Beruf lieben und mit Leidenschaft ausüben, die Daumen drücken, dass ganz bald wieder viele Flugzeuge am Himmel schweben – *denn über den Wolken muss die Freiheit wohl grenzenlos sein!*

15 Bescheinigung des akkreditierten Statistikers



CharitéCentrum für Human- und Gesundheitswissenschaften

Charité | Campus Charité Mitte | 10117 Berlin

Institut für Biometrie und Klinische Epidemiologie (iBiKE)

Direktor: Prof. Dr. Geraldine Rauch

Name, Vorname: Kubach, Nora

Emailadresse: nora.kubach@charite.de

Matrikelnummer: 217910

PromotionsbetreuerIn: Penzel, Thomas

Promotionsinstitution/ Klinik: CC11 Medizinische Klinik m.S.

Kardiologie und Angiologie CCM

Postanschrift:
Charitéplatz 1 | 10117 Berlin
Besucheranschrift:
Reinhardtstr. 58 | 10117 Berlin

Tel. +49 (0)30 450 562171
geraldine.rauch@charite.de
<https://biometrie.charite.de/>



Bescheinigung

Hiermit bescheinige ich, dass Frau *Nora Kubach* innerhalb der Service Unit Biometrie des Instituts für Biometrie und Klinische Epidemiologie (iBiKE) bei mir eine statistische Beratung zu einem Promotionsvorhaben wahrgenommen hat. Folgende Beratungstermine wurden wahrgenommen:

- Termin 1: *02.05.2019*

Folgende wesentliche Ratschläge hinsichtlich einer sinnvollen Auswertung und Interpretation der Daten wurden während der Beratung erteilt:

- Anwendung *nichtparametrischer Tests für verbundene und unverbundene Stichproben*
- p-Werte haben nur explorativen, keinen hypothesenkonfirmatorischen Charakter
- Zusammenfassung von Fragebogen-Scores

Diese Bescheinigung garantiert weder die richtige Umsetzung der in der Beratung gemachten Vorschläge, die korrekte Durchführung der empfohlenen statistischen Verfahren noch die richtige Darstellung und Interpretation der Ergebnisse. Die Verantwortung hierfür obliegt allein dem Promovierenden. Das Institut für Biometrie und Klinische Epidemiologie übernimmt hierfür keine Haftung.

Datum: *5.2.2020*

Name des Beraters: Claus Nowak



Unterschrift BeraterIn, Institutsstempel

CHARITÉ
UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN
Institut für Biometrie und
Klinische Epidemiologie
Campus Charité Mitte
Charitéplatz 1 | D-10117 Berlin
Stiz: Reinhardtstr. 58